

Szerkesztette: Dr. Mojzes Imre

A MAGYAR ELEKTRONIKAI IPAR MŰLT ÉS JELEN



Műegyetemi Kiadó

*„Egy új tudományt és egy új technológiát kell megalapozni,
amely csak annyit vesz ki a természetből,
amennyi visszanő, visszavezethető,
vagy amit helyettesíteni lehet.”*

Gábor Dénes
(1900–1979)

MAGYAR ELEKTRONIKAI IPAR – MÚLT ÉS JELEN

Szerkesztette: Dr. Mojzes Imre

*Itt az új korszak
kezdődik
Imre*



Műegyetemi Kiadó, 2004

Szerkesztette:
Dr. Mojzes Imre

Nyelvi lektor:
Soós Mária

Szöveggondozás:
Villy Éva

Tördelés:
Ficzek Mária

Borítókép:
Salvador Dalí: A talányos út (2. változat), Le chemin de l'énigme, 1981.
© 2004 Figueras, Fundación, Gala-Salvador Dalí

ISBN 963 420 827 4

Kiadja a **Műegyetemi Kiadó**
www.kiado.bme.hu
Felelős vezető: *Wintermantel Zsolt*
Terjedelem: 28,1 (A/5) ív
Nyomdai munkák:
Pauker Nyomda

A KÖTET SZERZŐI

Ádám János	okleveles fizikus
Dr. Balogh Béla	okleveles villamosmérnök, műszaki egyetemi doktor
Dr. Barna Árpád	okleveles villamosmérnök, MTA doktora
Dr. Barna B. Péter	okleveles tanár, fizikus, MTA doktora
Dr. Bársony István	okleveles villamosmérnök, MTA doktora
Dr. Bor Zsolt	okleveles fizikus, az MTA r. tagja
Dr. Erdélyi Miklós	okleveles fizikus, PhD.
Dr. Gergely György	okleveles gépészmérnök, a fizikai tudomány doktora
Dr. Giber János	okleveles vegyészmérnök, a kémia tudomány doktora
Göblös János	okleveles villamosmérnök
Dr. Gyulai József	okleveles fizika-matematika szakos tanár, az MTA r. tagja
Dr. Harsányi Gábor	okleveles villamosmérnök, MTA doktora
Dr. Hopp Béla	okleveles fizikus, a fizika tudomány kandidátusa
Dr. Illyefalvi-Vitéz Zsolt	okleveles villamosmérnök, PhD.
Dr. Kazi Károly	okleveles villamosmérnök, műszaki egyetemi doktor
Klatsmányi Árpád	okleveles gépészmérnök, címzetes egyetemi tanár
Dr. Kovács Magda	okleveles villamosmérnök, közgazdász
Dr. Lábár János	okleveles fizikus, PhD.
Dr. Mojzes Imre	okleveles villamosmérnök, a műszaki tudomány doktora
Dr. Molnár Sándor	okleveles gépészmérnök, a műszaki tudomány doktora
Dr. Pécz Béla	okleveles fizikus, MTA doktora
Dr. Radnóczy György	okleveles fizikus, MTA doktora
Dr. Sáfrán György	okleveles villamosmérnök, a műszaki tudomány kandidátusa, PhD.
Sipos Mihály	okleveles villamosmérnök, közgazdász
Dr. Szabó Gábor	okleveles fizikus, az MTA levelező tagja

Szendrő István	műszaki egyetemi doktor
Dr. Szörényi Tamás	okleveles fizikus, fizika tudomány kandidátusa
Dr. Tóth Lajos	okleveles fizikus, a fizika tudomány kandidátusa

A könyvben közölt vélemények, álláspontok a szerzők egyéni véleményét tükrözik.

Jelen kötet a 2001-ben megjelent „Fejezetek a magyar mikroelektronika történetéből” című kiadvány (Szerk. Dr. Mojzes Imre, ISBN 963 00 8434 1) folytatásának, második kötetének is tekinthető.

TARTALOMJEGYZÉK

<i>A kötet szerzői</i>	3
<i>Tartalomjegyzék</i>	5
Gyulai József <i>Előszó</i>	7
Molnár Sándor <i>A magyar elektronikai ipar</i>	9
Gergely György <i>A hazai félvezető fizikai kutatások első tíz éve (1954–1963)</i>	15
Gergely György – Ádám János <i>Szilícium alapanyag és egykristály kifejlesztése hazánkban.</i>	23
Barna B. Péter, Barna Árpád, Radnóczy György, Lábár János, Pécz Béla, Sáfrán György, Tóth Lajos <i>A Pócza Jenő által alapított vékonyrétegfizikai és elektronmikroszkópiai iskola</i>	35
Klatsmányi Árpád <i>Az Elektronikus Mérőkészülékek Gyára számítástechnikai fejlesztési és gyártási tevékenysége.</i>	75
Giber János <i>A hazai félvezető-korszak hagyatéka: a gyökerek megmaradtak, újra és újra kihajtanak és termést hoznak</i>	83
Kovács Magda <i>A nemzetközi helyzet, a tudomány, a technika és a tanulás kapcsolata a XX. században</i>	85
Sipos Mihály <i>Elektronikai iparunk a gazdaságirányítás szemével, avagy 14 év – 13 miniszter</i>	133
Erdélyi Miklós – Szörényi Tamás – Hopp Béla – Szabó Gábor – Bor Zsolt <i>Lézerek a félvezető-gyártásban és a mikroelektronikai technológiákban</i>	151

Mojzes Imre

*A mikrohullámú félvezető eszközök kutatása és alkalmazása
az MTA Műszaki Fizikai Kutatóintézetben és a Budapesti Műszaki
és Gazdaságtudományi Egyetemen* 169

Harsányi Gábor

A vastagréteg technológia helyzete Magyarországon az ezredfordulón 195

Kazi Károly

Egy sikeres mikrohullámú műhely: Bonn Magyarország Elektronikai Kft. 217

Szendrő István

Mikrovákuum történet (szubjektív elbeszélésben) 231

Balogh Béla

*(MEV)-Intermos-Melcom-Vishay Hungary:
a magyar mikroelektronikai ipar színeváltozásai* 243

Bársony István

Merre tovább hazai mikrotechnológia? 257

Illyefalvi-Vitéz Zsolt

Alapok és fejlődési trendek 265

Göblös János

A Temic Hungary története 281

Mojzes Imre

Utószó 301

Rövidítések jegyzéke 303

Színes melléklet 305

ELŐSZÓ

Gyulai József

MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet
gyulai@mfa.kfki.hu

Ez a kötet – szándéka szerint és a korábban ugyancsak Mojzes Imre, D.Sc., szerkesztésében megjelent kötettel együtt – lehetőleg teljes összefoglalót kíván adni a hazai félvezető kutatás és ipar múltjáról, jelenéről és kilátásairól. Azok számára, akik e témáról csak rekviumban tudnak gondolkodni, bizonyára sok meglepetést tartogat a kötet. Érdekes olvasni arról a sok és ambiciózus munkáról, amelyek az egyetemektől kezdve, a kutatóintézeteken át az iparig terjedően igyekezett az elzártság idején lépést tartani a világgal és e – szerintem – megkerülhetetlen témában dolgozva igyekezett megakadályozni, hogy hazánk a harmadik világba süllyedjen.

A dolgok természetéből eredően ez a könyv szinte kizárólag azoknak a kezébe fog kerülni, akiknek a hazai mikroelektronika sorsa szívügye és a lényegi kérdésekben – feltehetőleg – egyetértenek ezen Előszó írójával.

Az világos, hogy az ötvenes – hetvenes években a hazai félvezető ipar követő jellegű volt és hozzájárult a tudományos-műszaki-ipari potenciál fenntartásához. A megalapított kutatóintézetek jelentős eredményeket mutattak fel, amelyek egy része eljutott a termelésbe is, bár az EIVRt-HIKI versenye, koncepcionális eltérése nem volt jelentéktelen. Az EIVRt kutatórészelei, Zanati Tibor, majd Giber János vezette csoportjaiban, ill. a HIKI-ben Szép Iván, Kovács Ferenc, Pásztor Gyula, Valkó Ágnes körül kiemelkedő tudás koncentrációval. A BME Villamosmérnöki Kar – előbb Valkó Iván Péter, majd Tarnay Kálmán révén –, valamint a Szigeti György alapította MFKI, Bodó Zalán, Gergely György, Pataki György, Lendvai Ödön, Mojzes Imre vezette csoportjaival magas szintű tudással rendelkező csoportoknak adott lehetőséget. De nem maradt észrevétlen az a tudás sem, amely a Szegedi Egyetemen Gombay Lajos és Gyulai József körül alakult ki, majd Hevesi Imre vezetésével folyt tovább. Az én az első Caltech-beli tanulmányutamat követő váltásom (1970) a KFKI-nak a félvezető témába való belépéséhez vezetett, amely akkor nem kis ellenérzést váltott ki. Ezekben az időkben lett Nagy Elemér az MFKI vezetője és Szép Iván váltott a HIKI-ből az MFKI-ba. Az élet azonban lecsiszolta a párhuzamokból eredő gondokat és a hazai szakma zömében baráti-kollegiális csoportokban sikeresen működött. Ennek sok jele volt, számomra az a tény, hogy az EIVRt delegálta Mohácsi Tibort, Gyimesi Jenőt, Schiller Róbertné és később Andrási Andornét és Vázsonyi Évát a KFKI-ba, kiváló bizonyítéka volt mindennek. A KFKI válasza abban jelentkezett, hogy elindította a buborékmemória programot, amely a saját félvezető programjának okozott jelentős konkurenciát – és egy ideig jelentős sikernek is látszott. A terepmegosztásban az MFKI a III-V félvezetőeszközök – világító, ill. nagyfrekvenciás eszközök – kutatását fejlesztését és kis darabszámú előállítását tűzte célul és oldotta meg, nagy sikert aratva és nagy hiányt pótolva ezzel.

A KFKI-ban létrejöttek az első, katalógus-ekvivalens implantált eszközök. Ezzel párhuzamosan, az NSF finanszírozásával, amerikai részről J. W. Mayer, magyar részről Gyulai József vezetésével végzett kutatások hozták meg a hetvenes évek olyan szakmai sikereit [az (100)-orientációjú szeletek előnyét az implantációs adalékolásnál is, a többszörös hőkezelés alkalmazását, valamint az implantáció sikerét hozó preamorfizáció technikáját], amelyet az integrált áramköri ipar mindmáig használ. E kutatásokat Gyulai Józsefnek az akkor hagyományos hőkezelés terén felvetett kétségei indították el, amelyek tisztázására itthon Hegedűs András doktorandus, ill. a Caltech-en akkor ott lévő vendégkutató csoport indult el, majd a tanulmányútra kiválasztott, de mára tragikus életet élő doktorandusom, Csepregi László végezte el a döntő kísérleteket. A már említett, katalógus-ekvivalens tranzisztorok közül én a BF-sorozathoz tartozó, npn-nagyfrekvenciás tranzisztorra vagyok legbüszkébb, mert annak technológiájába beépítettük valamennyi fent említett eljárást, a preamorfizálást és a kettős hőkezelést... Más okból azonban büszkébb vagyok arra, hogy Gyimesi Jenő elkészítette az első varicapot, Schiller Róbertné az első fémkapus MOS tranzisztort, Mohácsy Tibor pedig kidolgozta a kiürítéses tranzisztor elméletét és csak a publikációval maradt le az IBM mögött. Az LSI Kft. témáiban pedig Keresztes Péter és Mohácsi Tibor tökéletes n-csatornás tranzisztor technológiát javasolt...

Az a tény, hogy hazánk a világnak az embargóval sújtott részére sodródott, mindnyájunk előtt világossá tette, hogy valóban korszerű ipar nem jöhet létre hazánkban. Ezt megerősítette a Strategic Defense Initiative, amelynek a célja az volt, hogy a 'Lajtától keletre' ne jöhessen létre nyugati értelemben gazdaságos technológia, ill. ami létrejön, abba a lakosság bele-rokkanjon. Ennek ellenére 1975–81. lett a hazai félvezető-kutatás csúcspontja, amikor az OMFB és a KGM finanszírozásával, „LSI Kft” becenévvel létrejött a HIKI vezetésével a TKI, KFKI, MFKI konzorciuma – az EIVRt megfigyelő státuszával – és a feladat ezer darab I 8080 mikroprocesszor elkészítése volt. Ez alatt az idő alatt rengeteget tanult a hazai gárda. Mind technológiában, mind a számítógépes szimulációk rejtelseiben. Olyannyira, hogy az akkor megszerzett áramköri tervezői tudás gyümölcsözik ma Roska Tamás CNN chipjében és Csurgay Árpád kvantumkomputeres kutatásaiban.

A rendszerváltozáshoz hazánk ebben a témában kevésbé szerencsésen érkezett el, mint pl. az NDK, ahol a Frankfurt O., vagy a drezdai kutatóintézet magjává válhatott a valódi iparnak. Szégyenkezni azonban hiba lenne: a hazai kutatógárda – nagyipari lehetőségek híján – sok-sok „spin-off” céget alapított, amelyek nemzetközi piacon is kiválóan megállják a helyüket. Erről szólnak ezek a kiadványok.

Meleg szeretettel, a régi időket idézve ajánlom én is az olvasó, de különös tekintettel a fiatal, tájékozódni kívánó szakmai generáció figyelmébe ezt a könyvet, hogy érezze meg benne azt az ambíciót, teremtő tudást, amely kitört a korábban rákényszerített Prokrusztesz-ágyból és megtalálta a helyét. Jó lenne, ha a „nagyok” is alkalmasnak ítélnék a terepet – nem az olcsó munkaerő, hanem a szellemi értékeket kereső, használni szándékozó letelepedéseikkel.

Budapest, 2003. május

Molnár Sándor

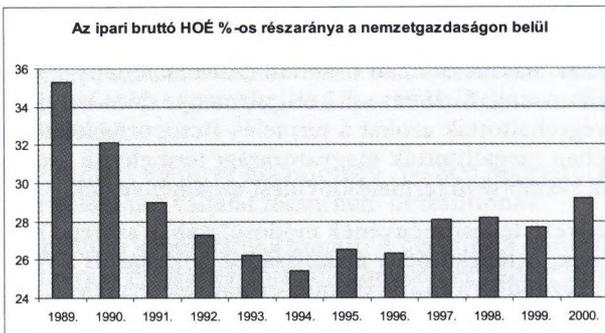
főosztályvezető
Gazdasági és Közlekedési Minisztérium, Ipari Főosztály
sador.molnar@gmv.gov.hu

A magyar nemzetgazdaság a társadalmi és gazdasági rendszerváltás után – a korszerűtlen tulajdonosi és termékszerkezet következtében – jelentős mértékű piacvesztést szenvedett el.

Az ipari termelés átlagosan 40%-kal csökkent, s több hazai nagyvállalat került csőd közeli helyzetbe. Kormányzati intézkedések hatására a termelés csökkenés megállt, és a termékszerkezet folyamatos átalakulásával egyre nagyobb szerepet játszott a fejlett országok piacára irányuló export. Az ipari termelés és értékesítés volumenindexeinek változását mutatja az 1. ábra (ld. színes mellékletben).

A kedvező változásokban egyre nagyobb szerepet játszottak a „zöldmezős”, magas technikai, technológiai színvonalat megvalósító külföldi beruházások. (Az országba érkező működő tőke 50%-a az iparba áramlott, ebben az elektronikai- és járműipar volt a meghatározó). Az ipari beruházások alakulását a 2. ábrán láthatjuk (ld. színes mellékletben).

A 90-es évek elején megkezdődött beruházások gazdaságélénkítő hatása az évtized közepéig nem tudta kompenzálni a hagyományos ipari termelés visszaesését, így az ipari bruttó hozzáadott érték részaránya csak 1994-től kezdett ismét növekedni. A változás mértékét a 3. ábra mutatja.



3. ábra

A fentiekben említett ipari teljesítményvisszaesés, privatizáció és szerkezetátalakítás következtében elsősorban a könnyűiparban és a kohászatban a foglalkoztatás is jelentősen mérőklődött, mint ez a 4. ábrán látható (ld. színes mellékletben).

Az évtized második felében az – új beruházások eredményeként – jelentős számú munkahely keletkezett az elektronikai és járműiparban.

2001-ben az ipari termelés volumene 4,1%-kal bővült. A növekedés üteme kisebb a korábbi években elérteknél. A növekedés dinamikájának csökkenése a piaci kereslet jelentős visszaesésével, illetve stagnálásával magyarázható, hiszen a hazai ipar termelőképesége nem csökkent, sőt korszerűsödött, fejlődött.

A növekedés hajtóereje az export 2001-évből a külpiacon értékesítés 8,9%-kal magasabb az előző évinél. Az export közel 53%-át az ipari vámszabadterületek adták. A belföldi értékesítés a bázishoz képest mindössze 0,1% kal bővült.

2001-ben a feldolgozóipar adta az ipar bruttó termelésének 90,9%-át, exportjának 99,5%-át és belföldi értékesítésének 80,6% át.

A legalább öt főt foglalkoztató ipari gazdálkodó szervezetek adatai alapján az elmúlt évben a feldolgozóipar bruttó termelése 4,9% kal, exportja 8,8%-kal, belföldi értékesítése 0,4%-kal növekedett.

A feldolgozóiparon belül – több év távlatában – a gépipari ágazatok fejlődtek kiemelkedő mértékben. Ez elsősorban a multinacionális társaságok jelentős magyarországi befektetéseire, termelési célú kapacitásfejlesztéseire vezethető vissza. Az ipari átlagot meghaladó növekedési ütem eredményeként 2001-ben a gépipari ágazatok adták az ipari termelés 42,4%-át, az export 68,0%-át és a belföldi értékesítés 12,3%-át. A feldolgozóipar ágazati szerkezetét és teljesítményét az 5. ábrán láthatjuk (1d. színes mellékletben).

A gépipar és a feldolgozóipar legnagyobb szakterülete a villamos gép, műszer gyártás ágazat. 2001-ben az ágazat bruttó termelése 9,9%-kal, exportja 15,6%-kal növekedett, ugyanakkor belföldi értékesítése 16,2%-kal csökkent a bázisidőszakhoz képest. Az ágazat termékeinek 89%-a külpiacon talált vevőre. Az ipar teljes termelésének 25%-a, exportjának 41%-a és belföldi eladásainak 6%-a ebből az ágazatból származott.

A világgazdaságban 2001-ben bekövetkezett megtorpanás, visszaesés különösen a számítástechnikai-, informatikai- és , mobiltelefon-piacokat érintette. A recesszió az e területekhez kapcsolódó magyarországi gyárakban is, a 2000. év kiugróan magas dinamikájú fejlődéséhez képest, az első félévben jelentős mértékű visszaesést okozott. 2001 júliusától folyamatos, szerényebb ütemű fejlődés következett be. Ez a fejlődés a következő tényezőkre vezethető vissza:

Az ágazat termelésének alakulását az itt működő multinacionális cégek (IBM, Flextronics, Philips, Sony, SCI, Samsung, Siemens stb.) teljesítménye döntően befolyásolja. E cégek az év második felére végrehajtották azokat a termelés-átcsoportosításokat, termékváltásokat, amelyek következtében megállították magyarországi termelésük csökkenését, sőt a végrehajtott változtatások számottevő termelésbővülést eredményeztek.

Az ágazat év végi kedvező teljesítményének módosulásában szerepe volt továbbá a mobiltelefon piac bővülésének. A teljesítmény alakulásához hozzájárult a veresegyházi GE Power Systems is, ahol megkezdődött a mini villamos-erőművek termelése, és már leszállították az első darabokat (20 millió USD/darab).

A világméretű recesszió hatásának mérséklésében, és a második félévben bekövetkezett szerény mértékű fejlődésben egyre figyelemreméltóbb szerepet tölt be a gazdaságilag folyamatosan erősödő, és számukban jelentősen bővülő kis- és középvállalati kör. E folyamat kiteljesedését ebben az ágazatban, de az ipar egészében is rendkívüli mértékben felgyorsították a még hiányzó tőkét pótló, katalizátor szerepet betöltő Széchenyi Terv folyamatosan bővülő pályázati lehetőségei. Számos kis- és középvállalat rendelkezik ma már korszerű technológi-

ával, és a mai igényeknek megfelelő menedzsmenttel. Az általuk előállított termelési- és exportértékek egyre nagyobb szerepet töltenek be az ágazat, az ipar teljesítményében. (6. ábra – ld. színes mellékletben)

A Magyarországon működő multinacionális vállalatokhoz irányuló beszállítás volumene elérte a 400 milliárd Ft-os értéket, és ez a korábbi évekhez képest folyamatosan növekvő tendenciát mutat. Ezzel a nemzetközi vállalatok termelésében a hazai részarány meghaladja a 20%-ot.

A villamos gép-, műszergyártás ágazatra jellemző beszállítások aránya a multinacionális anyavállalatoknál: 51%, amelyből 28% az adott országból, 7% más EU-tagországból, 16% nem EU-tagországból származik.

A beszállítások aránya a multinacionális vállalatok egységeinél és a független nemzeti vállalatoknál 30%-os. Ebből: 26% adott országból, 2% más EU-tagországból, 2% nem EU-tagországból ered.

A beszállítók 77%-ban hazai megrendelőhöz szállítanak, 18%-ban más EU-országba, 5% nem EU-tagországba.

A pozitív tendencia ellenére elmondható, hogy a magyarországi beszállítói ipar ma még nem dinamizáló faktora a gazdasági fejlődésnek, de hosszabb távon hordozója és ösztönzője lehet a magyar gazdaság korszerűsítésének, dinamikus bővítésének. A magas műszaki színvonalon dolgozó és nagy potenciális felvevőképességgel rendelkező külföldi tulajdonú vállalkozások többsége hazánkban egyelőre szigetszerűen működik.

Néhány elismerést kiváltó eredmény ellenére is lehetőségeinkhez képest:

- csupán szűk körűnek tekinthető a beszállítói vállalati csoport,
- a fejlődő országokhoz képest magasnak, a fejlett országokban megfigyelhető értékhez képest viszont relatív alacsonynak tekinthető az általuk megvalósított beszállítói arány.

Optimizmusra ad okot, hogy megfigyelhetően szélesedik az olyan multinacionális vállalatok köre, amelyek:

- további magyarországi beruházásokat kívánnak megvalósítani (pl. Phillips),
- növelik a magyar beszállítói arányukat,
- pénzügyi és tanácsadói konstrukciókkal, valamint szakmai rendezvényekkel segítik magyar beszállítóik műszaki, minőségi képzettségét, a menedzsment és a humán erőforrás felkészültségét.

Arra is van már példa, hogy multinacionális cégek kutatás-fejlesztési részlegeket létesítenek magyarországi telephelyeik mellett (Nokia, Phillips, IBM, Ericsson, Siemens, GE Tungsram – ld. színes mellékletben).

A beszállítások kínálati oldalát tekintve ma mintegy 700-800 Magyarországon működő, de nem feltétlenül magyar tulajdonú vállalat tekinthető beszállítóknak.

A beszállítói kapcsolat bizalmi kapcsolatnak számít. A beszállítói körbe bekapcsolódó vállalat általában hosszabb távra is megtartja pozícióját például egy adott sorozat kifutásáig, és a megrendelő cégek sem szívesen cserélnék gyakran beszállítói partnert.

A magyar beszállítók előtti piaci lehetőségek összességükben és egy megrendelésre vetítve is korlátozottak. A vizsgált megrendelők által meghatározott összes beszerzési keret egy nyolcadát szerzik be Magyarországon bejegyzett beszállítóktól. Az átlagos beszerzési érték beszállítónként olyan alacsony, hogy még az árfolyamváltozásokat és a termelési költségeket figyelembe véve is arra utal, hogy magyarországi beszállítóktól viszonylag alacsony hozzáadott értékű terméket vásárolnak.

A magyarországi helyzetre jellemző a regionális megosztottság is. Megfigyelhető, hogy az ország keleti felében igen kevés multinacionális vállalat telepedett le a megtérülési és eredményességi bizonytalanság miatt.

A nyugati országrészben megtelepült multinacionális vállalatoknál az autó-, az elektronikai és a vegyiparban jellemzően magas fokú a technológia automatizáltsága, aminek következményeként kevesebb, ám jobban képzett munkaerőt alkalmaznak.

A beszállításokat ösztönző beruházások támogatásai a következők:

- A Versenyképes beruházások (SZT-VE-12) támogatása pályázat keretében a beruházás összegének 25%-áig, de maximum 100 millió forint támogatás nyújtható. Ha a beruházás meghaladja a 3 milliárd forintot, akkor a támogatás felső határa 200 millió forint. Ha a beruházás magas munkanélküliséggel sújtott megyében vagy ipari parkban valósul meg, akkor a támogatás 25%-kal, ha pedig egy hátrányos helyzetű megyében lévő ipari parkban valósul meg, akkor 30%-kal magasabb. A minimum 100 millió forint értékű beruházásnak 2 éven belül, 3 milliárd forintot meghaladó beruházásnál 3 éven belül kell megvalósulnia.
- Amennyiben a beruházó Magyarországra telepíti, vagy itt hozza létre valamely európai regionális vállalati központját, további 100 millió forintos támogatást nyerhet az SZT-VE-13 pályázat keretében.
- A pályázatokhoz kapcsolódóan, ha új munkahelyeket létesítenek személyenként 1 millió, munkanélküli alkalmazása esetén 1,2 millió forint, összesen legfeljebb 60 millió, a társadalmilag és gazdaságilag hátrányos helyzetű megyékben 100 millió forint kiegészítő támogatás vehető igénybe.

Beruházási támogatások:

- Az Oktatási Minisztérium és a Gazdasági és Közlekedési Minisztérium által közösen, a csúcstechnológiákhoz kapcsolódó, alkalmazott kutatás-fejlesztési tevékenységet szolgáló beruházások támogatására kiírt pályázat keretében a beruházás 25%-áig terjedő, de legfeljebb 200 millió forintos támogatás kapható.
- Közvetett módon ugyan, de a beruházás megvalósítását segíti az ipari parkok fejlesztését célzó azon pályázat, melynek célja az innovációs intézményrendszer, az ipari parkok és közvetlen földrajzi környezetük közötti termelési és információs kapcsolatok fejlesztése. A támogatás összege maximálisan 200 millió forint, melyet az ipari parkot működtető önkormányzat/vállalkozás kaphat.
- Az ipari park területén létesülő logisztikai centrumok kialakításához további 100 millió forint támogatás vehető igénybe.
- A Megyei Munkaügyi Központok a rendelkezésükre bocsátott decentralizált kereteikből, megadott normatívák figyelembevételével támogatást nyújtanak a képzéshez.
- A Területfejlesztési Célelőirányzat központi és decentralizált kereteiből munkahelyteremtő beruházásokhoz max. 200 millió forint támogatás kapható.

Adókedvezmények:

A társasági adóról és az osztalékadóról szóló 1996. évi LXXXI. törvény 2001. évben hatályos előírásai alapján magyarországi beruházáshoz a következő kedvezmény vehető igénybe:

Az adózó az adó teljes összegét beruházási adókedvezményként veheti igénybe az 1996. december 31-ét követően megkezdett, legalább 10 milliárd forint értékű, termék-előállítás szolgáló beruházás üzembe helyezését követő 10 adóévben.

Termék-előállítást szolgáló beruházás: az az épület és gépberuházás, amelyet az üzembe helyezést követően az adózó ipari vagy mezőgazdasági termék előállításához használ, s ennek alapján az üzemeltetés költsége a termék közvetlen költsége között jelenik meg. *A beruházás értéke:* az üzembe helyezett tárgyi eszköz bekerülési értéke, amelyet a beruházás megkezdé-

sének napjától az adókedvezményre jogosító üzembe helyezés napjáig elszámolt beszerzési, előállítási érték alapján kell megállapítani. *A beruházás megkezdésének napja:* az építkezés kezdetének napja vagy a beruházás célját szolgáló első tárgyi eszköz átvételének napja.

Az adókedvezmény a beruházás üzembe helyezését követő második adóévben és azt követően csak abban az adóévben vehető igénybe, amelyben az adózó által foglalkoztatottak éves átlagos állományi létszáma legalább 500 fővel meghaladja a beruházás megkezdését megelőző adóévben foglalkoztatottak átlagos állományi létszámát. Az adókedvezmény utoljára a 2011. évi adóalap utáni adóból vehető igénybe.

Önkormányzatok a helyi adókban – a 2001. évi L. törvény szerint a csatlakozás időpontjáig – továbbra is gyakorlatilag korlátlanul nyújthatnak kedvezményeket, mentességeket. Az önkormányzatoknak legkésőbb a csatlakozás időpontjában kifejezetten csak a határozatlan időre szóló kedvezményeket, mentességeket kell hatályon kívül helyezni. Ellenben a határozott időre szóló, a csatlakozás előtt biztosított kedvezmények, a mentességek lejáratáig, legfeljebb azonban a csatlakozást követő ötödik év végéig hatályban maradhatnak.

A HAZAI FÉLVEZETŐ FIZIKAI KUTATÁSOK ELSŐ TÍZ ÉVE (1954–1963)

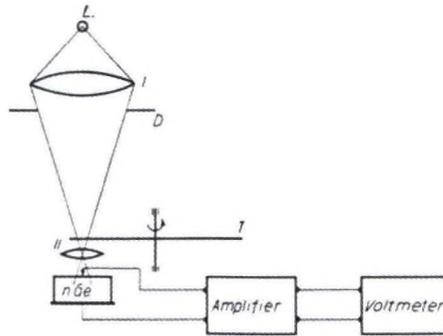
Gergely György

gergely@mfa.kfki.hu
MTA, Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet
1525 Budapest, Pf. 49.

Ezen fejezet az Egyesült Izzó Kutatólaboratóriumának Bródy Imre épületében végzett SiC, Ge, Si és II–VI félvezetők fizikai kutatásaival foglalkozik, a HIKI és a TKI 2 eredményeit ismerteti. Ezek mellett a JATE Szeged Kísérleti Fizikai Tanszéke végzett még tudományos kutatásokat a téma területén. Fejezetünk nem foglalkozik félvezető technológiai kutatásokkal. A Si alapanyag és egykristály kifejlesztését könyvünkben egy külön fejezet tárgyalja (Gergely Gy. Ádám János dolgozata). Mindhárom kutatóhely félvezető fizikai kutatási eredményeit a technológia alkalmazta. A kutatási eredmények nemzetközi hatása a közlemények hivatkozásából mérhető le (Science Citation Index). Erre külön kitérek egyes munkák kapcsán.

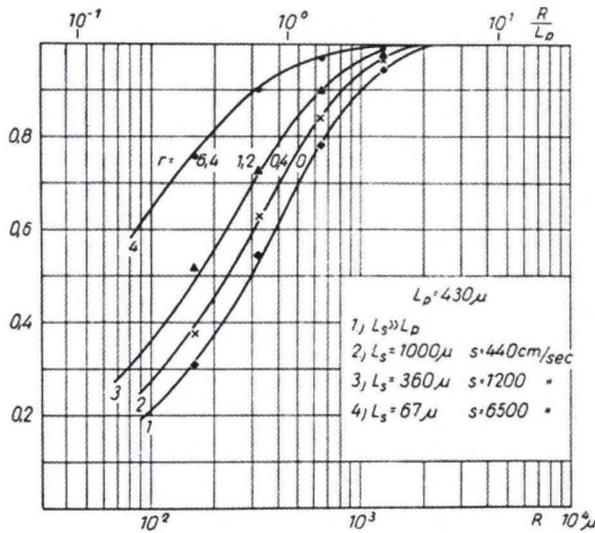
Itt említem, a hazai „történelem előtti” időben Selényi Pál Se-nel kapcsolatos (egyenirányító, fényelem, elektrográfia, a xerox előfutára) ipari alkalmazási kutatási eredményeit (1). A hazai félvezető fizikai kutatásokat megelőzte Bodó Zalán két ismertető közleménye 1951–52-ben (2). Az első új, tudományos eredményeket Szigeti György és mtsi elektrolumineszcens (EL) SiC kristályokkal kapcsolatban közölték 1954-ben (3,4). A SiC átfolyó áram hatására világít. Szigeti György és Bay Zoltán 1939-ben magyar és USA szabadalmat kaptak EL fényforrásra, mely világszinten első volt (5). Ezen fejezetben 1954-et tartom a hazai félvezető fizikai kutatások kezdetének és az ezt követő 10 esztendő eredményeit foglalom össze. A hazai félvezető fizikai kutatások bibliája volt Shockley: Félvezetők elektronfizikája c. könyve (Műszaki Könyvkiadó, 1958).

A Ge-kutatások területén Bodó Zalán 1960-ban közölte első, jelentős munkáit (6): töltéshordozók eloszlását számította és mérte változtatható átmérőjű fényfolttal történő megvilágítás esetén. Az 1. ábra mutatja mérési elrendezését, mellyel a fotofeszültség radiális eloszlását mérte. A 2. ábra mutatja a kiértékeléshez számított görbéket: a töltéshordozók radiális eloszlását a diffúziós hossz (L_p) és a felületi rekombinációs sebesség (S) paraméterek függvényében. Ezek segítségével meghatározta a kisebbségi töltéshordozók diffúziós hosszát (460 μm) és felületi rekombinációs sebességét. Az utóbbi a felület állapotával és minőségével változott. Ezen munkájával az MTA fizikai tudomány doktora fokozatot nyerte el. Itt említem, hogy a TMB megalakulása után a tudományos fokozatokat munkásság alapján ítélte oda. Bodó Zalán évtizedekig legtöbbet idézett munkája diffúz porok UV abszorpciójának meghatározása volt 1951-ben (7), ez nem bizonyult elegendőnek a TMB számára. Bodó Zalán ezen munkáját később a II–VI félvezetőknél alkalmaztuk. 1957-ig Bodó Zalán fő kutatási területe a fénycsövekben alkalmazott fényporok és világító diffúz rétegek voltak.



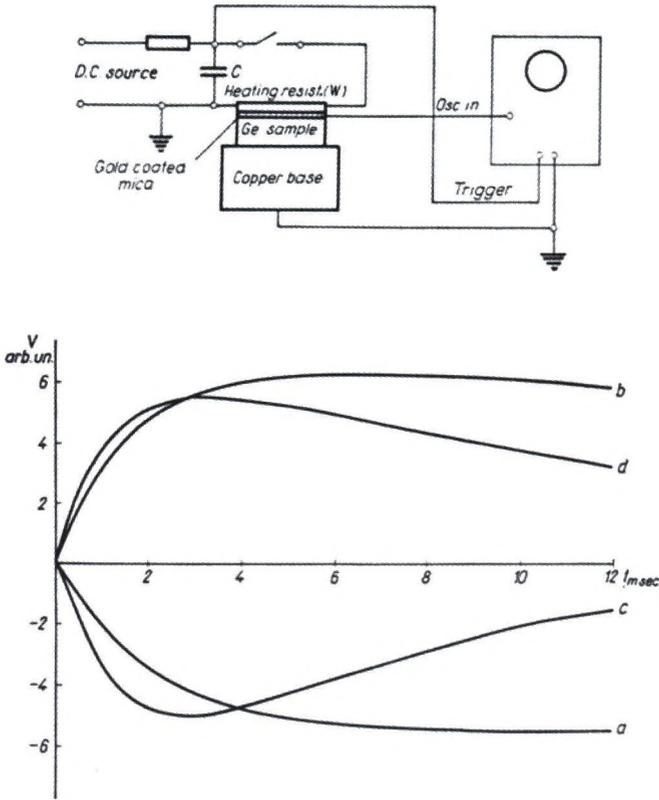
1. ábra. Elrendezés fotofeszültség eloszlásának mérésére

1960-ban Gyulai József (JATE) kidolgozta kisebbségi töltéshordozók élettartamának, diffúziós hosszának és felületi rekombinációs sebességének mérési eljárását forgótükrös, impulzus fényforrás módszerrel (8). Ismeretes, hogy a Si félvezetőnél az élettartam és diffúziós hossz lényegesen kisebb, mint a Ge esetében. A Si vizsgálatoknál ezért a TKI 2-ben Gyulai József módszerét alkalmaztuk (Gergely György, Ádám János).



2. ábra. Mestergörbék a mérések kiértékeléséhez

A Ge kapcsán még néhány további érdekes munkáról szölok. Ilyen Bodó Zsolt és munkatársai termikus impulzus hatására fellépő termofeszültség elméleti elemzése és kísérleti vizsgálata (9). Mérési elrendezését és a kiértékelésnél alkalmazott mestergörbét a 3. ábra mutatja. A Ge-kristályt csillámra párologtatott Au-réteg borítja. A hőimpulzust kondenzátor kisütési árama adja, a termofeszültség időbeli lefolyását mérték.



3. ábra. Elrendezés termofeszültség mérésre és a hozzá tartozó tartozó mestergörbék

A germánium fizikája és technológiája területén még Szép Iván és mtsi munkáját említem (10), akik germánium kristályban az adalékok és szennyezők eloszlását Schottky-dióda kapacitásával határozták meg. Bodó Zalán, Szigeti György és Szép Iván félvezető kutatásaikkal Kossuth-díj kitüntetésben részesültek. Szép Iván főként a félvezető technológia területén publikált.

A hazai Ge és Si technológia számára érdekes eredményeket nyújtottak Lőrinczy és mtsi. Ezek: Ge mágneses ellenállás vizsgálatai (11), Ge és Si p-n átmenetek záró irányú jelleggörbéinek értelmezése (12) és főként Ge egykristályok mikroinhomogénitásainak mérése. Vizszintes zónaolvasztásos tisztítás periódikus ellenállásváltozásokat eredményezett (13).

Fejezetünk idején a TMB és a hazai fizikus közvélemény elsősorban a látványos matematikai megoldásokat értékelte, a hivatkozásokat a TMB még 1975-ben nem mindig vette tekintetbe. Pataki György számos elméleti munkát közölt, melyek nem kapcsolódtak kísérleti eredményekhez (14).

Jelentős nemzetközi elismerést vívtak ki a hazai II-VI félvezetők, ZnS és ZnCdS fizikai vizsgálatai, mind a katódolumineszcencia (CL) a TKI 2-ben, mind az EL területén. A II-VI (ZnS, ZnCdS) aktivált fényporok fő alkalmazási területei a katódsugárcsővek (radar, TV) világító rétegei voltak. A TKI 2 vezetője, Dallos András (Kossuth-díjas) nagy súlyt helyezett a technológia műszaki tudományos megalapozására és támogatta az alapkutatást. A II-VI fényporokat Hangos István irányításával fejlesztete ki a TKI 2 Kémiai Osztálya, Tóth

Istvánné és Hernádiné Pozsgai Györgyi közreműködésével. Érdekes, ma is követendő példa lehetne: az MTA Műszaki Tudományok Osztálya pályázatot írt ki a TV képcső hazai kifejlesztésére. A pályázatot a TKI 2 és EIVRT ME Fejlesztési Osztálya közös munkájával megnyerte. Ennél azonban sokkal jelentősebb, hogy a sikeres fejlesztés alapján az EIVRT Vácott Képcsőgyárat létesített, mely a hazai TV-készülékeket képcsővekkal látta el.

A ZnS és ZnCdS fényporok kifejlesztését azok kvantumhatásfokának meghatározása tette lehetővé. A TKI 2-ben továbbfejlesztettük Bodó Zalán (15) fénycső fényporok számára kidolgozott mikrokaloriméterét a TKI 1-ben kifejlesztett, hazai termisztor beépítésével (16). Az alkalmazások „lumineszcens” tisztaságú ZnS-t igényeltek (ppm). Ismeretes, hogy a vas csoport elemei (Fe, Co, Ni) a lumineszcencia hatásfokát lényegesen csökkentik (17), új emissziós csúcsokat hoznak létre a vörös (18) és az infravörös tartományban (17). A ZnS-Ag közel 100% kvantumhatásfokának elérése megnyitotta az utat a radar és TV képcsővek hazai gyártása számára. Kifejlesztettük a CL hatásfokának mérési eljárását (19). Radiométerünket Almássy Györggyel (TKI 1, Kossuth-díjas) együtt dolgoztuk ki, a TKI 1 termisztorát alkalmazva (20). Meghatároztuk a világító rétegek hatásfokát (21), az 1 fotont kiváltó eV egységekben is. Vizsgálataink arra a meglepő eredményre vezettek, hogy ez ZnS esetében egyezett annak karakterisztikus energia veszteségével, a plazmon energiával (21). Ezt ma már természetesnek tartjuk elektron spektroszkópiai vizsgálataink alapján. A hazai képcsővek hatásfoka elérte a korszerű nemzetközi színvonalat, kis gyorsítófeszültség esetében azonban nemlineáris $L(V)$ függést mutatott. A ZnS úgy viselkedett, mintha a felületét egy inaktív réteg „dead layer” borítaná (22). Hangos István számos technológiai kísérletet végzett ennek kiküszöbölésére, ezek azonban nem javították a hatásfokot (22). Ekkor célul tűztük ki a jelenség megértését, ami sikerrel járt a félvezető fizikában a töltéshordozók diffúzióját és felületi rekombinációját leíró modell alkalmazásával (23). A CL $L(V)$ függésének mérésével kísérletileg meghatároztuk kisebbségi töltéshordozók diffúziós hosszát (kb 100 nm) és felületi rekombinációs sebességét ($S: 4 \cdot 10^4$ cm/s).

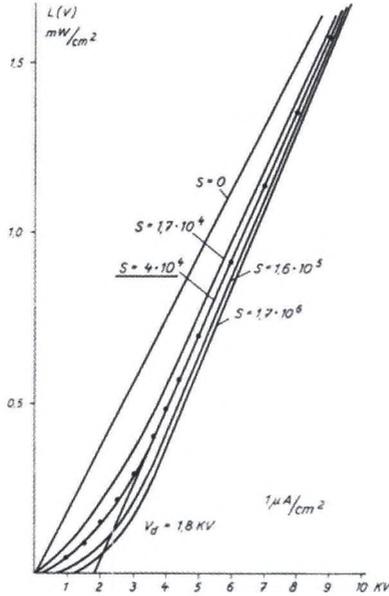
Eljárásunkat a 4. ábra illusztrálja. A „holt” feszültség az érintő egyenes metszéspontja az abszcisszával. Ebből határoztuk meg a diffúziós hosszt. Az S a számításoknál szabad paraméter, kísérleti értékét a legjobb egyezésből származtattuk. Ezen eredményeinket (23,24) a nemzetközi irodalom 1960 óta folyamatosan idézte (2003-ban is), a (23) munka a hazai félvezető fizika legtöbbet idézett közleménye az 1954–63 időszakból. Modellünk finomításával kimutattuk tértöltés réteg felépülését (25) és számítottuk a töltéshordozók eloszlását (26). A diffúziós hossz határozza meg az energia átadás tartományát (27).

Modellünket később alkalmaztuk a fotolumineszcencia (PL) gerjesztési szinképek értelmezésére (28). A kísérleteket TKI-HIKI együttműködésben végeztük (29). Itt alkalmaztuk Bodó Zalán eljárását fényporok abszorpciós tényezőjének meghatározására (7), melyet továbbfejlesztettünk transzmissziós elrendezésre (30). Az 5. ábra a PL számított értékeit mutatja a hullámhossz függvényében, S szabad paraméterekkel, $10 \mu\text{m}$ szemcseméret esetében. A vastag görbe a mérési eredmény.

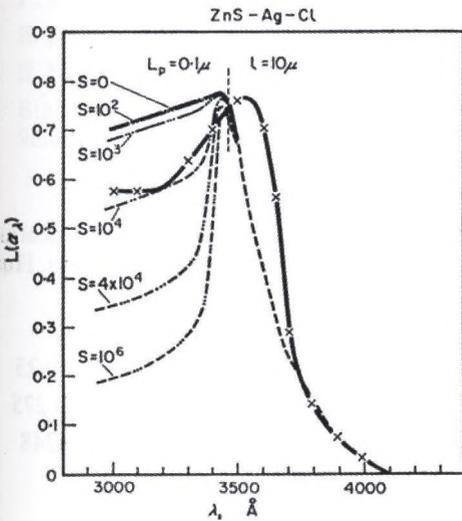
Meghatároztuk ZnS-Ag abszorpciós élét is (29, 6. ábra), mely egyezett a diffúz transzmisszióból származtatott eredménnyel (30) (7. ábra).

A ZnS-Cu, Mn fényporok másik alkalmazási területe az elektrolumineszcens (EL) fényforrás volt. Az 1954–63 időszakban ezek váltakozó feszültséggel gerjesztett világító lapok (panel) voltak, a fizikai folyamat a Destriau által felfedezett EL volt. A HIKI kutatásai főként az EL szinképek idő és frekvencia függésével foglalkoztak: A 8. ábra mutat egy kísérleti eredmény: a kék illetve zöld emissziós sávok különböző időfüggését. Bodó Zalán, Schanda János, Weiszbürg János és munkatársai munkái (31,32) elismerést vívtak ki a szakirodalomban. Weiszbürg János kisfeszültségen is végzett vizsgálatokat (33). Sviszt Pál és munkatársa ZnS egykristályon végzett foto-EL vizsgálatokat 1962-ben, már az MFKI-ban, de még a

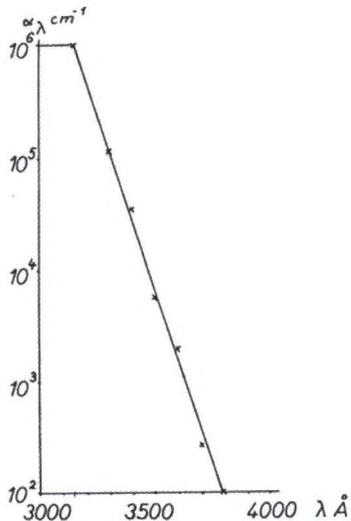
Bródy Laborban (34). A ZnS egykristályokat Kovács Pál dolgozta ki (35). Nagy Elemér (Kossuth-díjas) a Destriau EL leírására elméleti modellt dolgozott ki (36). Azért hangsúlyozom a Destriau-folyamatot, mert jelenleg a III–V lézerek egészen más fizikai folyamatokat alkalmaznak. A HIKI 1954 után tovább folytatta a SiC EL kutatokat is (37).



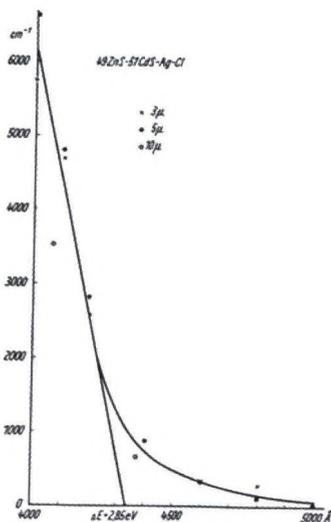
4. ábra. Az $L(V)$ függése a primer energiától



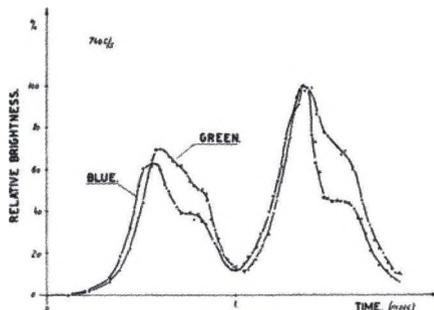
5. ábra. A fotolumineszcencia (PL) gerjesztési színe



6. ábra. A ZnS abszorpciós színe



7. ábra. Az abszorpciós él meghatározása a diffúz transzmisszióból



8. ábra. Az EL időfüggése

Ezen könyvfejezet megírásánál forrásmunkám volt az MFKI Bibliography kiadványa (38), mely csaknem teljes felsorolását tartalmazza az idézett irodalomnak (39–42). A HIKI munkatársai később az MFKI-ban folytatták a félvezető fizikai kutatásokat, 1963-ban még a Bródy Labor épületében. Fejezetünket a fontosabb eredmények ismertetésére korlátoztuk.

Irodalom

1. P. Selényi, Gesammelte Arbeiten (Szerk. Bodó Z.) Akadémiai Kiadó 1969
2. Bodó Z. Magyar Híradástechnika 5 (1951)28 és Fiz. Szemle 2 (1952) 67.
3. G. Szigeti, Acta Phys. Hung.8 (1957) 65
4. G. Szigeti, G.T. Bauer, J. Weiszburg, Acta Phys. Hung. 4 (1957) 57
5. Bay Z. Szigeti Gy. Magyar szabadalom 140.587 (1939), USA Patent 2.254.957
6. Z. Bodó, Proc. Conf. Solid State Phys. in: Electronics and Telecommunications, Bruxelles 1958, Ed. M. Dedirant et al. Academic Press (1960), p194, Acta Phys. Hung. 11 (1960) 1.
7. Z. Bodó Acta Phys. Hung. 2 (1952) 5.
8. J.Gyulai, Acta Phys. Hung. 12 (1960) 167 és Acta phys. Chem. Szeged 6 (1960) 23
9. Z. Bodó, Gy.Pasztor, M.Szilágyi, A.Zawadovszki, Acta Phys. Hung. 15 (1963) 275
10. I.Szep, G.Pasztor, J. Pfeifer, Festkörperphysik, Akademie Vg. Berlin (1961) p248
11. A. Lőrinczy, P. Szebeni, Acta Phys. Hung. 11 (1960) 209..
12. A. Lőrinczy, G. Pataki, Acta Phys. Hung. 13 (1961) 67 és 15 (1962) 31
13. A. Lőrinczy, T. Németh, P Szebeni, Acta Phys. Hung.15 (1962) 57.
14. G. Pataki, Acta Phys. Hung. 13 (1961) 119 és 311, 15 (1963) 353, 16 (1963) 29

15. Z. Bodó, *Acta Phy. Hung.* 3 (1953) 23
16. G. Gergely, *Optica Acta* 3 (1956) 184, *Acta Phys. Hung.* 7 (1957) 171 és *Z. Phys. Chem.* 207 (1957) 81.
17. G. Gergely, *J. Phys. Rad.* 17 (1956) 679.
18. G. Gergely, J. Ádám, *Festkörperphysik und Physik der Leuchtstoffe*, Akad. Vg. Berlin, (1958) p292
19. G. Gergely, I. Hangos, K. Tóth, J. Ádám, G. Pozsgai, *Z. Phys. Chem.* 210 (1959) 11 és 211 (1959) 274.
20. G. Gergely, G. Almássy, J. Ádám, *Acta Phys. Hung.* 7 (1957) 463.
21. G. Gergely, *J. Electronics and Control*, 5 (1958) 270.
22. G. Gergely, *Acta Techn. Hung.* 12 (1960) 135 és *Acta Phys. Hung.* 12 (1960) 253
23. G. Gergely, *J. Phys. Chem. Solids*, 17 (1960) 112.
24. G. Gergely, *Acta Phys. Hung.* 12 (1960) 221.
25. G. Gergely, *J. Phys. Chem. Solids* 21 (1961) 105.
26. G. Gergely, *Acta Phys. Hung.* 14 (1962) 273
27. G. Gergely, *phys. stat. sol.* 1 (1961) K49
28. G. Gergely, *J. Phys. Chem. Solids* 24 (1963) 681
29. G. Gergely, J. Ádám, G. Bauer, *J. Phys. Chem. Solids* 24 (1963) 687
30. G.T. Bauer, G.Gergely, J. Ádám, *Festkörperphysik*, Akad. Vg. Berlin (1961) p263
31. Z. Bodó, J. Weiszburg, J. Schanda, *Phil. Mag.* 4 (1959) 830 és *Festkörperphysik*, Akad. Vg. Berlin (1961) p317 és p323.
32. J. Schanda, E. Lendvay, J. Weiszburg, *Acta Phys. Hung.* 13 (1961) 183 és 14 (1962) 95
33. J. Weiszburg, *Acta Phys. Hung.* 13 (1961) 61
34. P. Sviszt, J. Schanda, *Acta Phys. Hung.* 14 (1962) 121
35. P. Kovács, J. Szabó, *Acta Phys. Hung.* 14 (1962) 131
36. E. Nagy, *J. Phys. Rad.* 17 (1956) 773 és *Acta Phys. Hung.* 6 (1956) 153
37. E. Nagy, J. Weiszburg, *Acta Phys. Hung.* 8 (1957) 234
38. *Bibliography of Res. Inst. Techn. Phys. Comprehensive List of Publications of the Scientific Staff.* Szerk. É. Gomperz, Z. Bodó, G. Gergely. Budapest 1972

SZILÍCIUM ALAPANYAG ÉS EGYKRISTÁLY KIFEJLESZTÉSE HAZÁNKBAN

Gergely György – Ádám János

MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet
1525 Budapest, Pf. 49.
gergely@mfa.kfki.hu

Bevezetés

A félvezető ipar világszerte a tranzisztor felfedezésével vette kezdetét. Bardain és Brattain 1947.12.24-én észlelték a Bell Laboratóriumban a tranzisztorhatást, melyet a félvezető kutatások vezetőjével, W. Shockleyvel együtt publikáltak a Physical Review-ban. Felfedezésük nem tekinthető véletlennek. A háború, a radar sikeres megvalósítása után a Bell Lab. szabad kezet adott Shockley és munkatársainak a félvezetők alapkutatása számára. Az EIVRT Kutató Laboratóriumában Rotter László mérnök a közlemény alapján néhány hónap alatt, 1948-ban sikeresen megvalósította hazánkban az első Ge tús tranzisztort. Bodó Zalán (Kossuth-díjas) megkezdte a félvezető kutatásokat. Az EIVRT Kutató Laboratóriumát Bay Zoltán távozása után Szigeti György (Kossuth-díjas) irányította. Még 1948-ban a fő feladat a fénycső kísérleti gyártásának kifejlesztése volt, Bodó Zalánnak is ebben volt lényeges szerepe. 1950-ben az EIVRT Kutató Laboratóriumát a Távközlési Kutatóintézet (TKI) vette át, új feladatokkal. A TKI 2-t 1953-ig Szigeti György irányította, amikor az akkor létesített Híradástechnikai Ipari Kutatóintézet (HIKI) vezetését vette át. A továbbiakban a HIKI intenzív kutatás-fejlesztést indított és sikeresen kifejlesztette hazánkban a Ge félvezetőket.

Ezzel azonban könyvünk első kötete foglalkozik.

A TKI fő feladata a hazai mikrohullámú ipar létrehozása volt. A TKI 2. Laboratóriumának feladata volt Dallos András (Kossuth-díjas) vezetésével a mikrohullámú elektronika vákuum alkatrészeinek kifejlesztése. A TKI 1 Központ kezdte el a Si egyenirányító dióda kifejlesztését. A radar oszcilloszkóp katódsugárcső sikeres megvalósítása után a TKI 2 a hazai televíziós képcső kifejlesztésével foglalkozott, melyet az EIVRT ME (fejlesztési) Osztályával sikeresen megvalósított. Említésre érdemes, hogy ezzel az MTA pályázatát is megnyerték. A TKI 2 Tungram közös fejlesztés eredménye volt a váci képcsőgyár, mely évekig ellátta a hazai televíziós készülék-gyártást hazai képcsővekkal és jelentős export tevékenységet is folytatott. A sikeres kutatás-fejlesztésben a TKI 2-ben annak Kémiai és Fizikai Osztályainak volt meghatározó szerepe.

1955-ben Dallos András ezt a két osztályt bízta meg hazánkban a félvezető eszközök számára alkalmas, nagy tisztaságú Si alapanyag és egykristály kifejlesztésével. A kémiai technológiai feladatokat a Kémiai Osztály Hangos István (elhunyt 1987-ben) vezetésével sikeresen megoldotta. A kutatásokban lényeges szerepet játszottak: Hernádiné Pozsgai Györgyi, Melegh Józsefné és 1963-tól Görög Tamás. Közreműködtek: Zombori Vilmos (elhunyt), Póka Gyuláné és Bombicz Sándor.

A Si alapanyag és egykristály minősítő mérési eljárásait a Fizikai Osztály fejlesztette ki Gergely György vezetésével, Ádám János, Hantay Ödön részvételével, Bajor György közreműködésével. A Fizikai Osztály keretében Vecsernyés Lajos végezte a Si színképelemzését.

A mérési eljárások kifejlesztésénél együttműködtünk a TKI 2 Elektronikai Osztályával, Hutter Ottóval (Állami-díjas) és munkatársaival.

Dallos András (az USA-ban él) kiemelkedő, nagytudású vezető volt, aki a műszaki tudományosan megalapozott technológia mellett tudományos szintű eredmények elérésére törekedett és erre buzdította a kutatókat. A munkák fő akadálya a technikus képzettségű főosztályvezető volt.

A TKI 2-ben minden technológiai eljárásról, beleértve a méréseket is, részletes dokumentáció készült. Sajnos, ezekből semmi nem maradt. Nagyon kevés írásos anyag maradt meg, részben kézirat és szabadalmi leírások, igen kevés publikáció és egy diplomatervezetvény alakjában, ezeket a fejezet végén az irodalomjegyzékben soroljuk fel. Hantay Ödön BME diplomaterve (1) az ellenállás és Hall-mérések leírását tartalmazza, ma is érvényes és használható eljárásokat. A fejezet összeállításánál saját és jelentős mértékben a még élő kollégák emlékezetére támaszkodtunk.

A kutatásoknál fő forrás főként a szakirodalom volt, amely a TKI 2 jól felszerelt könyvtárában állott rendelkezésre.

A következőkben az eredményeket ismertetjük.

1. A nagy tisztaságú Si alapanyag hazai kifejlesztése

1.1 Polykristályos Si rúd előállítása

A TKI 2-ben kifejlesztett eljárások leírását tartalmazza Hangos István egyetemi jegyzetének kézirat (K1), melynek kiadására halála miatt már nem került sor. Hangos István a Si technológiát három lépésben fejlesztette ki.

A nagyszámú kísérlet főbb lépései:

Először a SiCl_4 technológiát dolgozta ki Hernádiné és Melegné közreműködésével, a vegyiparban rendelkezésre álló SiCl_4 alkalmazásával. A SiCl_4 -et H_2 vivógázzal, magas hőmérsékleten (1200°C) reagáltatva Mo magra csapódott le a polykristályos Si. A Mo magfémét árammal fűtötték. A reakció befejezése után a Mo magot kioldották. A SiCl_4 nem teljesítette a nagy tisztaságú Si követelményeit.

A következő lépésben Hangos István és munkatársai a SiH_4 (monoszilán) technológiát fejlesztették ki sikeresen. A SiH_4 -et $\text{LiAlH}_4 + \text{SiCl}_4$ -ből állították elő. A SiH_4 már alkalmas volt félvezető tisztaságú poli-Si előállítására, azonban rendkívül veszélyes, robbanékony anyag. Kiemelendő, hogy a TKI 2-ben egyszer sem fordult elő robbanás, tűzeset. Jelenleg a mikroelektronikai ipar alkalmazza a SiH_4 technológiát külföldön, vékony poli-Si rétegek előállításánál.

Időközben világszerte elterjedt a SiHCl_3 (triklórszilán) technológia, melynek hazai kifejlesztését Hangos István és munkatársai sikeresen megoldották. Import útján szereztek be a SiHCl_3 alapanyagot. Ebből sem keletkezett robbanás a TKI 2-ben. A paraméterek optimális beállításával $5\text{--}6\text{ g/cm}^2\text{h}$ növekedési sebességet értek el. Hangos István új eredménye volt a Mo magfém helyett poli-Si rúd alkalmazása, melyet a TKI 2-ben állítottak elő a Si kristályhúzó berendezés segítségével. Az új eljárás szabadalmi oltalmat nyert.

A SiHCl_3 technológia kifejlesztésében már részt vett Görög Tamás is.

1968-ban a poli-Si rúd gyártását a SiHCl_3 technológiával a Nitrokémia (Fűzfő) vette át és Görög Tamás vezetésével évekig ellátta a hazai ipart Si alapanyaggal. Ennek tisztasága már teljesítette a félvezető Si követelményeket. A hazai Ganz villanymozdonyokban alkalmazott Si rétegdiodákat ennek alkalmazásával készítették.

1.2. A poli-Si rúd tisztítása zóna olvasztással

A SiHCl_3 technológia alkalmazásával készített poli-Si rudak további tisztítását, zónaolvasztását a Radyne cégtől vásárolt 12 kW, 2 kV, 450 kHz-en működő nagyfrekvenciás generátorral valósították meg. Az eljárást Hangos István dolgozta ki, Görög Tamás és Bombicz Sándor közreműködésével. A zónaolvasztással 10 ciklusban tisztított Si már alkalmas volt Si egykristály készítésére. A poli-Si bór szintjének beállításával 2000 ohmcm fajlagos ellenállást sikerült elérni. A félvezető Si-fejlesztés befejezése után a Radyne berendezést a VKI-ba vitték, majd 1968-ban a Radyne-berendezést is a balatonfűzfői üzembe telepítették, ahol Görög Tamás dolgozott vele. Később sor került egy nagyobb teljesítményű Radyne-berendezés beszerzésére.

2. A hazai szilícium egykristály kifejlesztése

Az első hazai Si-egykristályt Hangos István és Ádám János fejlesztették ki. A függőleges elrendezésű Radyne-berendezésben a minta befogásánál [111] orientációjú Si-egykristályt alkalmaztak, melyre felépítették a lebegő zóna mozgatásával az egykristályt. Ennek átmérője 25 mm volt. A Si-egykristály sikeres kidolgozása után a továbbiakban a főosztályvezető személyesen állította elő az egykristályokat.

Bezárkózott a laboratóriumba és az általa készített kristályok minősítő ellenállás mérését is személyesen végezte.

1968 után Balatonfűzfőn Görög Tamás folytatta sikeresen Si-egykristályok előállítását. Neki sikerült 35 mm átmérőjű Si-egykristály kifejlesztése, amely alkalmas volt villanymozdonyok számára egyenirányító készítésére.

Időközben a hazai Ge-kutatás-fejlesztés sikeresen megoldotta a félvezető minőségű Ge-egykristály előállítását, Czochralsky-módszerrel, tégelyből történő húzással.

A TKI 2 műhelyében megépítettek egy tégelyes kristályhúzó berendezést a Si kísérletek számára. Hangos István ennek segítségével állította elő a SiHCl_3 technológia számára a húzott Si-rudat. Ez a berendezés is Balatonfűzfőre került 1968-ban.

A Si-egykristály, valamint a zónaolvasztás megfigyelésére új, ipari TV vidikonos mérő- és vizsgálórendszert fejlesztettünk ki, melyekre két szabadalmat nyertünk. Az 1. ábra mutatja a két szabadalmi leírás előlapját, a feltalálókkal, dátumokkal. (Sz1, Sz2) Az (Sz1) szabadalom mérési elrendezését az 2. ábra mutatja. Két vidikont (K1, K2) alkalmaztunk. Az olvadt zóna képét a P prizma viszi át a két kamerára, előttük az Sz szűrők a megfelelő színkép tartományt állítják be. A két képpel arányából származtattuk a vizsgált képpont hőmérsékletét. Az M képernyő az olvadt zónát, a KE pedig a hőmérséklet eloszlását mutatja. A további részleteket mellőzzük.

Az (Sz2) szabadalom az olvadt zóna TV képmegjelenítését tette lehetővé, infravörös vidikon alkalmazásával.

MAGYAR
NÉPKÖZTÁRSASÁG



ORSZÁGOS
TALÁLMÁNTI
HIVATAL

SZABADALMI LEÍRÁS

SZOLGÁLATI TALÁLMÁNY

Bejelentés napja: 1962. V. 16. (TA-713)

Közzététel napja: 1963. XII. 21.

Megjelent: 1965. V. 01.

151414

Szabadalmi osztály:
12 e

Nemzetközi osztály:
B 01 d

Decimál
osztályozás:

Feltalálók:
Ádám János tudományos munkatárs,
Nutter Ottó mérnök,
Dr. Gergely György tudományos osztályvezető és
Dr. Mangos István tudományos osztályvezető,
budapesti lakosok.

Tulajdonos:
Távkapcsoló Kutató Intézet,
Budapest

Eljárás félvezető kristályok vákuumban való zónatisztításánál, továbbá lebegőzónás, valamint tégléyes előállításánál az olvadt zóna vizuális megfigyelésére, valamint az eljárás fogantatására szolgáló berendezés

MAGYAR
NÉPKÖZTÁRSASÁG



ORSZÁGOS
TALÁLMÁNTI
HIVATAL

SZABADALMI LEÍRÁS

SZOLGÁLATI TALÁLMÁNY

Bejelentés napja: 1962. VII. 09. (TA-723)

Közzététel napja: 1963. IX. 23.

Megjelent: 1965. V. 01.

151228

Szabadalmi osztály:
42 I 3-29

Nemzetközi osztály:
G 01 k

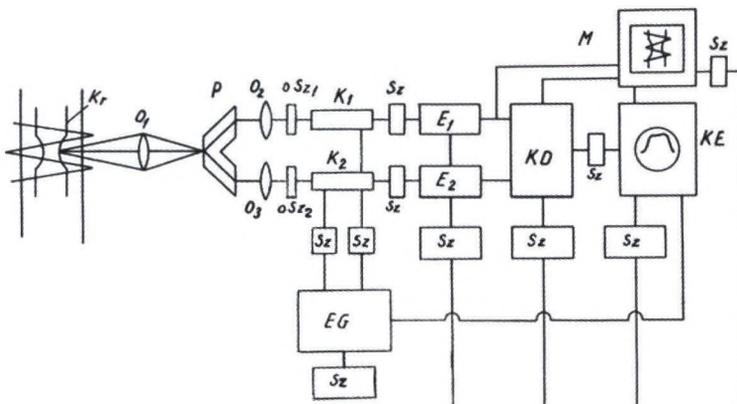
Decimál
osztályozás:

Feltalálók:
Ádám János tudományos munkatárs,
Dr. Gergely György tudományos osztályvezető,
Nutter Ottó tudományos munkatárs,
Magó Kálmán tudományos osztályvezető,
Sudánkay Miklós tudományos munkatárs, Budapest

Tulajdonos:
Távkapcsoló Kutató Intézet,
Budapest

Eljárás hőmérsékleteloszlás ellenőrzésére, főleg félvezető kristályok előállításánál, valamint berendezés az eljárás fogantatására

1. ábra. Infravörös kamera szabadalma



2. ábra. A szabadalom mérési elrendezése

2.1. A szilícium kristály felületi kezelése

Hangos István dolgozta ki a Si-egykristályok felületi kezelési eljárásait, ezek leírását adja a BME Mérnöki Továbbképző számára készített könyve kéziratában [K2]. Ennek kiadására halála miatt nem került sor. A TKI 2 Si-kutatás-fejlesztés számára az orientációs marás, továbbá a diszlokációs sűrűség meghatározása tette szükségessé a CP4 maró kidolgozását. A CP4 marószer 50%-os HF és 70%-s HNO₃ megfelelő arányban beállított keveréke + oldószer (víz vagy ecetsav).

A kontaktálást Hangos István. fejlesztette ki. Erről a 3.2.3 pontban szólunk.

3. A polikristályos egykristályos szilícium mérési eljárásainak kifejlesztése

3.1. A poli-Si minősítése

A TKI 2-ben kifejlesztett eljárásról részletes írásos anyag áll rendelkezésre Hantay Ödön diplomamunkájában (1).

A magra leválasztott poli-Si polykristályos rúd mikrokristályokból áll. Az egyetlen lehetséges fizikai mérés az ellenállás becslését tette lehetővé, a rúdon áramot átvezetve, a potenciál-eloszlást mértük. A hitelesítést egykristállyal végeztük. Hatékonyabb módszer volt a hangolt kettős T híd alkalmazásával a kapacitás és dielektromos veszteség mérése, rezonancia frekvencián. Így 100 ohmcm-t sikerült meghatározni. A későbbiekben a TKI 2 Elektronikai Osztálya kifejlesztett egy kontaktus nélküli, indukciós elven működő, nagyfrekvenciás eljárást, erről semmilyen feljegyzés sem maradt (Nagy János elhunyt).

A nyomszennyezőket az érzékenységi határokon belül Vecsery Lajos határozta meg színképelemzéssel. Vecsery Lajos új, nagyérzékenységű emissziós elemzési eljárásokat dolgozott ki. A B-nél elérte a 10⁻¹⁰ érzékenységi határt. (2)

Támazkodtunk a KFKI neutron aktivációs analízisére is. Az utóbbinál az érzékenységi határt a besugárzásnál alkalmazott kvarc ampullák korlátozták, melyek P szennyező háttére lényegesen nagyobb volt, mint a P donor koncentráció (ellenállás és Hall-mérések alapján).

A megfelelő minőségű poli-Si rúd további tisztítását zónaolvasztással végezték el.

Ezeknél a B szennyezőt olyan mértékben sikerült csökkenteni, hogy a fajlagos ellenállás elérte az 1000 ohmcm-t.

3.2. A szilícium egykristály minősítő mérési eljárásai

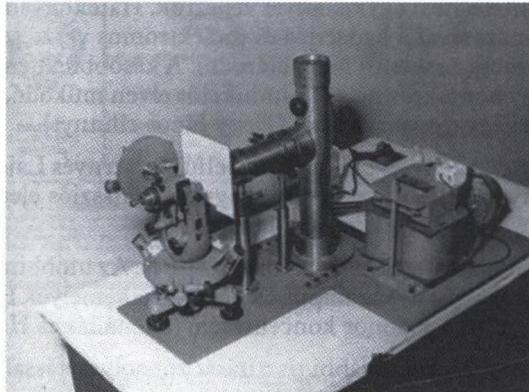
A TKI 2-ben sikeresen kifejlesztettük az összes szükséges eljárást. Ezek:

- Orientáció meghatározása
- Diszlokációk sűrűsége
- Az egykristály szeletek kontaktálása
- Fajlagos ellenállás
- Vezetési típus (termoelektromos és Hall)
- Töltéshordozók koncentrációja (Hall-mérés)
- Töltéshordozók mozgékonyasága (Hall + ellenállásmérés)
- Kompenzációs fok (HIKI együtműködés)
- Kisebbségi töltéshordozók élettartama, diffúziós hossza
- A felületi oxid réteg vastagsága (ellipszometria)
- Oldott oxigén koncentráció (IR spektroszkópia)

3.2.1. Orientáció mérése

Az egykristályok szeletelése előtt az orientációt kellett pontosan meghatározni, majd beállítani. Erre a célra alkalmas a röntgen diffrakció, de hosszadalmas és csak a TKI Központban állott rendelkezésre. A félvezető ipar az orientációt optikai módszerrel határozza meg. A Si félvezető eszközöket [111] orientációjú kristály lapkával készítik. Az egykristály lapkát a mérés előtt mechanikusan políroztuk. Az eljárást a TKI 2 kidolgozta, a polírozó gépet a TKI 2 műhelye építette. A polírozott lapkát CP4 alkalmazásával martuk, melynek marása gödröket (etch pits) hoz létre a diszlokációk helyén. Ezek három oldalú, piramis alakú üregek. A piramis oldalai egybevágó háromszögek, közel sík felülettel. Marás után a mintát a TKI 2-ben kifejlesztett goniométerbe helyeztük. A goniométert MOM gyártmányú teodolit alkatrészekből építettük meg. A mintát reá merőleges irányban intenzív (Tungsram 150 W Xe lámpa) párhuzamos fénysugárral (átm. kb 1mm) megvilágítjuk. Az optikai módszer elvi alapjai:

Tételezzük fel, hogy a szelet orientációja pontosan [111]. A reflexiós kép két részből áll. A primér fénysugár egy része a gödörmentes sík felületről önmagába verődik vissza (primér fénysugár). A piramis oldalfalakra visszavert fény a primér fénysugár körül egy egyenlő oldalú háromszög csúcsait jelöli ki, jellegzetes ábrát alkotva. A pontok fénysugár középpontú körön helyezkednek el. A goniométer fényképét a 3. ábra mutatja.



3. ábra. Goniométer

Ha a minta síkja nem pontosan [111] orientációjú, a reflexiós kép módosul. Ekkor a minta síkját két, egymásra merőleges irányba elforgatva elérjük, hogy a visszavert fénypontok ismét egy körön helyezkednek el, de nem az eredeti irányban, hanem az orientációnak megfelelő szöghelyzetben, melyet a goniometer szögtárcsáin leolvassunk.

A minta helyzetét rögzítve átvittük azt a szeletelő berendezésre. A goniométert Al tükörrel kalibráltuk. A berendezés és az eljárás Ádám János munkája.

3.2.2. Diszlokáció sűrűség

A Si egykristály fő szerkezeti hibái a diszlokációk. Ezek mérőszáma sűrűségük: szám/cm². Meghatározásuk ipari módszere a maratási gödrök megszámlálása a CP4 marás után (K2). A mart mintát Zeiss optikai mikroszkóppal vizsgáltuk, mely kalibrált okulár hálót tartalmazott. A számlálás az 1955–65 években az orvosi vérsajt- számláláshoz hasonlóan történt, betanított laboránsnő végezte, kiváló minőséggel.

Ugyanezt a módszert alkalmaztuk már előzőleg a TV képcső fényporok méret eloszlásának meghatározásánál. Az első, zónaolvasztással készített egykristályoknál $10^4/\text{cm}^2$ volt a sűrűség. Jelenleg a mikroelektronika néhány diszlokációval dolgozik, különleges technológiával állítja elő a nagyméretű Si kristályokat.

3.2.3. Si egykristályok villamos mérései

A TKI 2-ben kidolgozott eljárások részletes leírását nyújtja Hantay Ödön diplomamunkája.

3.2.4. Szilícium egykristályok kontaktálása

A Si egykristályokra Ni kontaktusokat vittünk fel, galvanikus úton (Sullivan-eljárás). (Póka Gyuláné). A kontaktus minőségét I-V karakterisztikával és ellenállásméréssel ellenőriztük (1). A kontaktus kiváló minőségét az ellenállás- és Hall-mérések igazolták.

3.2.5. Vezetési típus

A vezetési típus ipari meghatározása a termoelektromos erő előjelével történik. Erre a célra fűtött W tűt fejlesztettünk ki, amely a p- vagy n- típus gyors meghatározására bizonyult alkalmasnak.

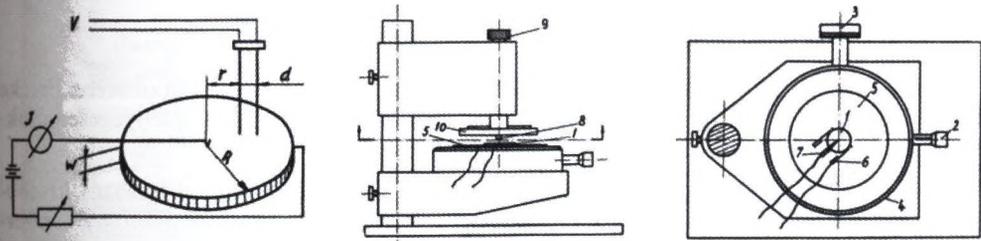
3.2.6. Fajlagos ellenállás mérése

A nem kontaktált kristályok vezetőképességének méréséhez a 4 tűs, Valdes-eljárást fejlesztettük ki és építettünk mérőberendezést. A lineáris elrendezésű mérőfejben a W tűk távolsága közel 1–1 mm volt, a mérés valamilyes információt nyújtott az inhomogénitásokról is.

Az ellenállásmérés pontosabb módszere a van der Paw-eljárás. A szelet peremére négy pontban ohmos kontaktusokat vittünk fel. Az ellenállásméréseket kompenzátoros módszerrel, normál elemmel végeztük. A fajlagos ellenállást van der Paw képleteinek felhasználásával értékeltük ki (Hantay Ödön). Az eljárás teljes bizonytalansága 4%-nál kisebb volt a 0.1 1% villamos mérések pontossága mellett. A fő probléma a minták inhomogénitása volt.

Az (1)-ben leírt, TKI 2-ben készült Si minták fajlagos ellenállása 7–1640 ohmcm között változott 1967-ben.

Új tudományos eredmény (3) volt a rúdból kivágott szeleten az ellenállás radiális eloszlásának mérési eljárása, mely szabadalmat kapott (Sz3). A mérés elrendezését a 4a,b,c. ábrák mutatják.



4. ábra. Elrendezés ellenállás eloszlásának mérésére

3.2.7. Hall-állandó

A Hall-mérőberendezést a TKI 2-ben fejlesztettük ki és építettük meg, valamint elvégeztük a hitelesítő méréseket (Hantay Ödön). A mágneses fluxust a saját építésű mérőtekerccsel, továbbá Siemens InSb Hall-szondával határoztuk meg. A méréseket a 0,2–0,9 T (akkor még 2–9 kGauss) tartományban végeztük. A Hall-feszültséget főként egyenáramú (váltott polaritással), részben kisfrekvenciás módszerrel mértük, az utóbbival kiküszöböltük a termoelektromos hatásokat (1). A szeletből kivágott (kb 20 mm hosszú) téglalap alakú mintákra felvittük az ohmos kontaktusokat. A Hall-méréseket szobahőmérsékleten végeztük, így azok a donor koncentrációt is szolgáltatják. A Hall-mérések kiértékelésével határoztuk meg az n-típusú töltéshordozók koncentrációját, amely 10^{12} – $10^{15}/\text{cm}^3$ között változott. A Hall-mérések a minta vezetési típusát is jelzik, donor és akceptor egyidejű jelenléte esetén azok különbségét adják. A Hall-mérések pontossága kb. 6,5% volt (1).

3.2.8. Mozgékonyosság

A félvezető kristály vezetőképességét a töltéshordozók koncentrációjának és mozgékonyságának szorzata határozza meg. A mozgékonytságot az ellenállás- és Hall-méréseket kombinálva határoztuk meg. A vizsgált minták töltéshordozó mozgékonytsága 1163 – $1326 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ között változott, ami megfelelt az ipari szilícium kristályok akkori követelményeinek. Ismeretes, hogy a technológia fejlődésével párhuzamosan a mozgékonyosság-értékek évről évre javultak.

3.2.9. Kompenzációs fok

Donor és akceptor egyidejű jelenléte esetén a kisebbségi akceptorok csökkentik a Hall-feszültséget. A két koncentráció aránya adja a kompenzációs fokot. A Si alapanyag technológia egyik korlátját a B (akceptor) nyomszennyező okozta. A kompenzációs fok a Hall-effektus hőmérséklet-függéséből határozható meg. Ehhez le kellett menni 55 K-re. A mérésekhez a TKI 2-ben nem álltak rendelkezésre a feltételek. Az 55 K-t a mérő Dewar nyomásának csökkentésével (15 mbar) értük el. Az eljárást a HIKI-vel együttműködve fejlesztettük ki és annak laboratóriumában végeztük el a méréseket Szebeni Péterrel (4). A kettős kereszt alakú Hall-mintákat ultrahangos szerszámmal vágják ki. A Hall-mintákon ohmos kontaktusokat készítettünk Au huzal csatlakozással. A HIKI-ben 1967-ben lényegesen pontosabb műszerekkel 1,5% pontosságot sikerült elérni. A kiértékeléshez a kalibrációs görbéket Tóth Sándor számította. 100 ohmcm n típusú Si mintán a kompenzációs fok értéke 0.2 volt, ami $1,12 \cdot 10^{13}/\text{cm}^3$ B koncentrációból adódott. Ez egyenértékű 1000 ohmcm p-típusú alapanyaggal (4).

3.2.10. Kisebbségi töltéshordozók élettartama és diffúziós hossza

A kisebbségi töltéshordozók τ élettartama a Si-kristály alapvető fizikai paramétere. Értéke jellemző a kristály nyomszennyező koncentrációjára, egyes fémek (pl Au) lényegesen csökkentik τ -t, mely a diffúziós hosszt is meghatározza.

A kisebbségi töltéshordozók élettartamát impulzus módszerrel lehet meghatározni, kisebbségi töltéshordozók keltésével és azok lecsengésével. Megfelelő módszer a fotovezetés gerjesztése igen rövid fény impulzusokkal. Ilyen műszer 1955-ben hazánkban még nem állott rendelkezésre. A repülő fényfoltos eljárást Gyulai József a szegedi JATE Fizikai Tanszékén dolgozta ki (5). Izzólámpa fényét forgó tükörrel vitte a Ge mintára, melyet a fényfolt 800 – 3400 cm/s sebességgel pásztázott. Gyulai József a Ge fotovezetés időfüggését számította,

a differenciál egyenletek egzakt megoldását adta. Az oszcilloszkópos mérések kiértékeléséhez képleteket alkotott, melyek a kisebbségi töltéshordozók élettartama mellett, azok diffúziós hosszát és felületi rekombinációs sebességét is szolgáltatják.

Gyulai József eljárását átvettük és 6000/perc fordulatszámú fogászatban használatos motorral megépítettük a berendezést a Si-töltéshordozó mérésekhez (Ádám János). A 100 ohmcm fajlagos ellenálláshoz tartozó kb. 100 μ s mérési eredmények megfeleltek az akkori ipari eredményeknek. Sajnos, írásos anyag nem maradt fenn.

A töltéshordozók élettartamából és mozgékonyaságából számítottuk azok diffúziós tényezőjét (Einstein-összefüggés) és diffúziós hosszát.

3.2.11. A felületi oxid réteg vastagságának mérése

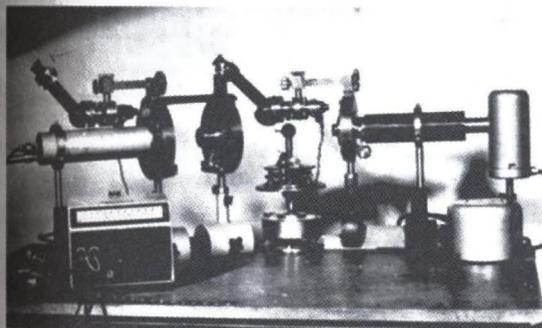
A Si MOS technológia szükségessé tette az előállított oxidréteg vastagságának mérését. Ennek legjobb módszere az ellipszometria, az ellipszométer azonban igen költséges, import berendezés. A TKI 2 kiemelkedő eredménye volt az első hazai ellipszométer kifejlesztése és megépítése annak műhelyében. Ennek leírása megmaradt kéziratban (K3).

Az 1960-as évek elején az EIVRT félvezető fejlesztése megindította a Si-mesa és planár tranzistorok fejlesztését, kis sorozatú gyártását. A technológia kifejlesztése és ellenőrzése szükségessé tette a felvitt (100 nm) oxidrétegek vastagságának pontos mérését. Az ellipszométerrel egyetlen mérés segítségével mérhető a felületi-oxidréteg vastagsága és törésmutatója, mely annak minőségére is jellemző.

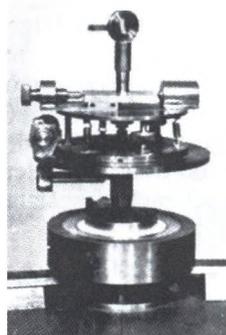
A TKI 2 az EIVRT szerződés alapján fejlesztette ki az ellipszométert. Az optikai elemek (Gaertner-polarizátor, kompenzátor) kivételével kizárólag hazai alkatrészeket (MOM teodolit) használtunk fel. A szögtárcsák 1 szögperc pontosságú méréseket tettek lehetővé. Az ellipszométer 33 mm vastag asztalát a Ganz hajógyár készítette öntöttvasból. Köszörléssel 0,01 mm pontossággal állította elő a sík felületet. Fényforrásként Tungstram 125 W Hg lámpát alkalmaztunk, interferencia szűrőkkel.

Így az intenzív Hg-vonalakra az import útján beszerzett Babinet-Soleil kompenzátorral az első hazai spektroellipszométert helyeztük üzembe a TKI 2-ben. A detektor RCA 1P21 fotoelektronsokszorozó volt, kioltási üzemmódot alkalmaztunk. Az ellipszométer beállítása és kalibrálása segítségével 0.01° kioltási szögprodukción, értünk el.

Az ellipszométert évek múlva, az MFKI Gaertner-ellipszométerrel összevetve a SiO₂ réteg vastagságban 1%-on belül volt az eltérés. Az ellipszométer Ádám János munkája volt. A teljes ellipszométer, továbbá a tárgyasztal fényképét a 5. és 6. ábrák mutatják.



5. ábra. Ellipszométer



6. ábra. Tárgyasztal

Kidolgoztuk az ellipszométeres mérések kiértékelési eljárását a hazai lehetőségek mellett. A 60-as években hazánkban még csak néhány számítógép működött. Szűcs Bertalan a Statisztikai Hivatal számítógépével készítette el a kiértékeléshez szükséges táblázatokat az általunk kidolgozott képletek segítségével. A Hg-vonalakra és HeNe lézerre számított táblázat nyomtatásban is megjelent (6). Hazánkban az összes félvezető, kutató, fejlesztő és gyártó a technológiában használta könyvünket, de számos külföldi igény is felmerült. Az irodalomban a hivatkozások száma is jelentős volt.

3.2.12. A szilícium oldott oxigén tartalmának meghatározása

A Si-ban oldott O koncentrációja infravörös spektrometriával határozható meg. Ez fontos az anyag minősítéséhez. A méréseket a TKI központban rendelkezésre álló Zeiss (Jena) UR10 infravörös spektrométerrel végeztük. A mérések igazolták, hogy a TKI 2 ben készült Si-alapanyag teljesítette a követelményeket. Vecsernyés Lajos Si szeleten az O eloszlását is meghatározta, az IR méréseket Rausch Henrik aktivációs analízissel is igazolta (2).

A jelen helyzet

Az MFKI kiemelkedő kutatási eredménye volt a DLTS (mélynívó spektrometria), Ferenczi György (Állami-díjas, elhunyt) munkája. A kutatás-fejlesztést a Semilab Kft folytatja és exportra gyárt kis sorozatban nagy értékű műszereket a félvezető anyagvizsgálatok számára. Hazánkban 1990 után lényeges változások történtek a gazdasági életben, a félvezető ipar válsághelyzete ellenére a kutatásokat tovább folytatta néhány BME tanszék, továbbá az MTA MFKI, az ATKI majd az MFA. Jelenleg az MTA MFA a legnagyobb hazai félvezető kutatóhely. Az MFA-ban működő félvezető felületi és vékonyréteg kutatások módszereiről és a rendelkezésre álló nagyberendezésekről ezen kiadvány első kötetében számoltunk be (7). Lényeges új nagyberendezés az MFA-ban a 2001-ben üzembe állított 3010 típusú JEOL 300 KV-os, 0.1 nm feloldású elektron mikroszkóp, a SOPRA ESG4 típusú automata spektro ellipszométer (270–880 nm) és az AFM mikroszkóp. A jelenlegi félvezető eszköz- és anyagkutatások kiterjedten alkalmazzák a (7)-ben leírt módszereket és berendezéseket (szenzorok, napelemek, IR lézerek stb). Ezek mellett a következő módszerekkel dolgoznak és nemzetközi együttműködéssel értek el új számottevő tudományos eredményeket.

- Makyoh-topográfia, tükröjellegű (félvezető) felületek simaságának, görbültségének vizsgálata (Riesz Ferenc és munkatársai) (8).
- Infravörös III–V lézerek optikai vizsgálatai (9).
- Porózus Si (PSL) elektron spektroszkópiái (10) és szerkezetvizsgálatai: ellipszométeres vizsgálatai. A Vázsonyi Éva által kidolgozott PSL rétegek ellipszometrai vizsgálati eljárását az MFA-ban dolgozták ki (11a). RBS, XTEM, IR vizsgálatok (11b), neutron szórás (11c). Fotolumineszcencia (11d). PSL villamos tulajdonságai (12).
- Dózsa László a félvezetők mélynívóit FDT (fast defect transient) áramimpulzus új módszerével határozta meg (13).
- A Schottky-zárórétegek vizsgálatait Horváth Zsolt dolgozta ki (14).
- Elektron transzportjelenségek vizsgálatai mágneses ellenállással (15).
- Si-napelemek vizsgálatai (16).

Köszönetnyilvánítás, megemlékezés

Ezen fejezet összeállításánál jelentős segítséget nyújtottak személyes eszmecseréink Görög Tamás, Hantay Ödön, Vecsernyés Lajos és Melegh Józsefné régi munkatársainkkal. Igen értékes segítség volt a megőrzött, az irodalomjegyzékben szereplő írásos anyagok rendelkezésre bocsátása:

- Dr. Hangos Istvánné (K1, K2).
- Hantay Ödön (1).
- Dr. Gyulai József akadémikus. (5)

Mindnyájuknak köszönetet mondunk.

Tisztelettel emlékezünk elhunyt munkatársainkra:

Dr. Hangos Istvánra, Zombory Vilmosra.

Az alábbiakban egy áttekinthető bibliográfiát közlünk.

Bibliográfia

- (1). Hantay Ödön, Diplomamunka, BME 1967
- (2). L. Vecsernyés: -a. Z. Anal. Chem. 182 (1961) 429 435 és 269 (1968) 294 305 – L. Vecsernyés I. Hangos, Z. Anal. Chem. 208 (1961) 407 410, – Vecsernyés L.: Magyar Kémiai Folyóirat 64 (1958) 254 256 és 66 (1960) 513 6. – L. Vecsernyés L. Nagy H. Rausch G. Kósza, L. Kálmán F. Rényi-Vámos: Proc. 5th. Microwave Comm. Budapest (1974) 5, (1974) 241 246. – L. Vecsernyés I.G. Yudelevich N. Rehák G. Záray: phys. stat sol. (a) 85 (1984) 133 147
- (3). Gy. Gergely Ö. Hantay: Solid State Electronics, 2 (1968) 416 417.
- (4). Gy. Bajor Gy. Gergely P. Szebeni: Proc. Symp. Test Methods and Measurements of Semiconductor Devices, Budapest 1967, Ed: HTE-METESz, 1092 p505–507 + 505a–505b.
- (5a). J. Gyulai: Acta Phys. Hung. 12 (1960) 167 170
- (5b) J. Gyulai J. Láng: Acta Phys. Chem. Szeged 6 (1960) 23 32.
- (6). G. Gergely – G. Forgács B. Szűcs D. van Phuc: Ellipsometric Tables of the Si-SiO₂ system for mercury and HeNe laser spectral lines. Akadémiai Kiadó, Budapest (1971) 1 160.
- (7). Gergely Gy. – Barna Á.: Fejezetek a magyar mikroelektronika történetéből Szerk. Mojzes I. Budapest, 327 337 20021.
- (8a) Riesz F. Bányászati és Kohászati Lapok 133 (2000) 315 319, J. Phys. D. 33 (2000) 3033 3040 és Mat. Sci. Eng. B80 (2001) 220 223.
- (8b) J. Szabó F. Riesz B. Szentpáli Jap. J.: Appl. Phys. 35 (1996) L258 L261
- (9a) V. Rakovics J. Balázs S. Püspöki C. Frigeri: Mat. Sci. Eng. B80 (2001) 18 22 és B91 92 (2002) 491–494
- (10) G. Gergely B. Gruzza L. Bideux P. Bondot C. Jardin: Surf. Interface Anal. 22 (1994) 271 274.
- (11a) C. Robert L. Bideux B. Gruzza, M. Cadoret T. Lohner, M. Fried É. Vázsonyi G. Gergely: Thin Solid Films 317 (1998) 210 213. – T. Lohner M. Fried P. Petrik O. Polgár J. Gyulai W. Lehnert: Mat. Sci. Eng. B69–70 (2000) 182 193

- (11b) Á. Vázsonyi E. Szilágyi P. Petrik Z. E. Horváth T. Lohner G. Jalsovszky: Thin Solid Films 388 (2001) 295 302. – E. Szilágyi Z. Hajnal F. Pásztai O. Buiu G. Cracun C. Cobianu C. Savanin Á. Vázsonyi: Mat. Sci Forum, NIM B117 (1990) 249 253.
- (11c) G. Kádár G. Káli Cs. Dücső É. B. Vázsonyi: Physica B, Cond. Matter. 234 236 (1997) 1014 1015.
- (11d) M. Koós I. Pócsik Á. Vázsonyi: Appl. Phys. Lett. 62 (1993) 1797 1799. – Á. B. Vázsonyi M. Koós G. Jalsovszky I. Pócsik J. Luminescence 57 (1993) 121 4
- (12) M. Ádám Zs. J. Horvath I. Bársony L. Szölgyémi: Vo van Tuyen, Thin Solid Films 2655 (1995) 266 268
- (13a) L. Dózsa: Solid State Electronics, 41 (1997) 41
- (13b) L. Dózsa Vo van Tuyen P. Hubik N. Terziev J. Kristofik J.: Appl. Phys 84 (1997) 1967 69
- (14) Zs. J. Horvath: Phys. Semiconductor Devices Eds: V. Kumar et al Narosa Publ. House, New Delhi (1998) 1085 1093 és (1999) 760 766
- (15a) B. Pődör S. V. Novikov G. Savelev G. Gombos: Acta Phys. Hung. 74 (1994) 147 153 és Proc. 5th Int. Conf. InP and Relat. Mat. Paris 1993 p103 106.
- (15b) G. Savelev A. M. Kreschuk S. V. Novikov A. Y. Shik G. Reményi Gy. Kovács B. Pődör G. Gombos: J. Phys. Condens. Matter 8 (1996) 9025 9036
- (16) J. Stalmans J. Poortmans H. Bender M. Caymax K. Said E. Vazsonyi: Prog. Photovolt. Res. Appl. 6. (1998) 233 246 – A. Krotkus K. Grigoras V. Pacebutas I. Barsony E. Vazsonyi M. Fried J. Szlufcik J. Nijs C. Levy-Clement: Solar Energy Materials and Solar Cells, 45 (1997) 267 273. – É. Vázsonyi M. Fried T. Lohner M. Ádám T. Mohácsy I. Bársony: 13th Europ. Photovoltaic Solar Energy Conf. p37 40

Magyar szabadalmak

- (Sz1). Gergely Gy, Ádám J, Hutter O, Magó K, Susánszky M. (1962.07.09) 151228
- (Sz2) Gergely Gy, Ádám J, Hutter O, Hangos I, (1962) 151.414
- (Sz3) Gergely Gy. Hantay Ö. (1963.09.07) 151.129.

Kéziratok

- (K1) Hangos I. Szilárdtestek Technológiája (1987) Egyetemi Jegyzet BME.
- (K2) Hangos I. Nagytisztaságú Anyagok Előállítás, (1987) BME Mérnöki Továbbképzőintézet.
- (K3) Ádám J. Ellipszométer. Dokumentáció

A PÓCZA JENŐ ÁLTAL ALAPÍTOTT VÉKONYRÉTEGFIZIKAI ÉS ELEKTRONMIKROSKÓPIAI ISKOLA

4

*Barna B. Péter, Barna Árpád, Radnóczy György,
Lábar János, Pécz Béla, Sáfrán György, Tóth Lajos*

MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet
barnap@mfa.kfki.hu; barnaa@mfa.kfki.hu; radnoczi@mfa.kfki.hu; labar@mfa.kfki.hu;
labar@mfa.kfki.hu; pecz@mfa.kfki.hu; safran@mfa.kfki.hu; tothl@mfa.kfki.hu

1. Bevezetés

A vékonyrétegek kulcsszerepet tölthettek be az elmúlt fél évszázadban végbement rohamos ipari fejlődésben, különösen is az elektronizáció s ehhez kapcsolódóan a számítástechnika és informatika eszközrendszerének kidolgozásában és gyártásában. Kezdetben az optikai ipar új elemeinek fejlesztéséhez szolgáltak alapul. A vékonyrétegeket az elektronikai ipar az 50-es években kezdte alkalmazni mind aktív, mind passzív elemek fejlesztéséhez, gyártásához. A mikroelektronika, majd az integrált áramkörök, az optoelektronika valamint az informatikai tárolórendszerek kifejlődése viszont már szinte teljes egészében vékonyrétegekre, vékonyrétegrendszerre épült. A hazai vékonyréteg-kutatás és -fejlesztés is ennek a folyamatnak volt része és számos új eredménnyel járult hozzá mind az alapismeretek tárházának kiépítéséhez, mind új technológiák és eszközök kidolgozásához, bevezetéséhez.

Jelen összefoglaló a hazai vékonyréteg-kutatás és alkalmazás történetének egy szeletét mutatja be. Azt a munkát tekinti át, amelyet az 1950-es évek közepén Pócza Jenő tanár úr indított el az Eötvös Loránd Tudományegyetem Kísérleti Fizikai Intézetében. Ez a munka az egyetemi intézet megszűntetése és Pócza Jenő, valamint munkatársainak eltávolítása után 1959-ben rövid időre megszakadt. Az MTA Műszaki Fizikai Kutatóintézetében Szigeti György igazgató támogatásával nyílt számára 1961-ben újra lehetőség, hogy egy szerény létszámú kutatócsoportot létrehozson s a megszakadt kutatást folytassa. Ettől kezdve a munka a Műszaki Fizikai Kutató Intézetben Szigeti György és Bartha László igazgatók, s az MTA intézeteinek 1998-ban végrehajtott konszolidációját követően az MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézetében Gyulai József igazgató támogatásával folytatódott s jelenleg is folyik. Közben azonban az 1970-es évek vége egy újabb kritikus időszakot jelentett. Bár a csoport ekkor érte el az amorf félvezetők szerkezete és szerkezetkialakulása terén nemzetközileg azonnal nagyra értékelt eredményeit (az előállítás módjától függő, különböző amorf szerkezetek felfedezése, az a-Ge szemcsék diffúzió-limitált fraktál-szerű növekedését leíró első számítógépes szimuláció), az intézet vezetése a kutatócsoport vékonyrétegfizikai tematikáját mégis korszerűtlennek ítélte s az alapkutatás megszüntetését tervezte. A csoport feladatául elektronmikroszkópos szerkezetvizsgálatok végzését szánta, mint a többi téma részére nyújtandó szolgáltatást. Az akkor bevezetett pályázati rendszer azonban megadta a lehetőséget, hogy a csoport, eredményeinek külső megmérettetése alapján, vékonyréteg-kutatásához projekt-támogatást nyerjen s így folytassa önálló tematikára épülő alapkutatását.

Szomorú, hogy Pócza Jenő tanár urat korai és váratlan halála a kutatás felívelő szakaszában, 1975-ben kiszakította ebből a munkából, közvetlenül azután, hogy nagy elismerést kiváltva szervezte meg Budapesten az International Thin Film Committee felkérésére a 3rd International Conference on Thin Films rendezvényt.

A kutatás tematikájának és stratégiájának kialakítása

Pócza Jenő tanár úr az ELTE Kísérleti Fizikai Tanszékének vezetőjeként az 50-es évek elején kereste azt a területet, amely mind az új ismeretek szerzése, tehát az alapkutatás, mind az ipar várható fejlődése szempontjából ígéretes lehetett. Témaválasztásánál döntő szempont volt az is, hogy a téma az egyetemi intézet adottságai mellett legyen művelhető. Nem feledhetjük el, hogy ez az időszak a fizikai kutatások számára a felívelés és egyben az útkeresés időszaka is volt. Az atomfizika, valamint a reaktor- és részecskefizika nagy lehetőségei és az irántuk táplált remények a tudománypolitika érdeklődését, következőképpen támogatását is, világszerte ezekre a területekre irányították. Ez volt a helyzet itthon is. Rövid idő alatt nyilvánvalóvá vált azonban, hogy e kiemelt terület súlypontja nem az egyetemeken lesz. Aki tehát az egyetemi munka tudományos háttérének megalapozásáért érzett felelősséget, más területet kellett, hogy keressen. Pócza Jenő Náray Szabó Istvánnál, a kristálykémia és kristallográfia világhírű mesterénél doktorált. Így természetes volt számára, hogy az egyetemi intézetre kezdetben kívülről „telepített” témák közötti „hánykolódások” után, önálló utat keresve, olyan új problémák között tájékozódott, amelyekben alapozhatott kristallográfiai ismereteire. Tájékozódását segítette, hogy 1954-ben Raether professzor meghívására 3 hónapos tanulmányutat tölthetett a Hamburgi Egyetem Fizikai Intézetében. Raether ekkor kezdte az elektronok és anyag közötti kölcsönhatásokra vonatkozó elektronspektroszkópiai vizsgálatait vékonyrétegeken. Pócza tanár úr tehát a vékonyrétegek problémakörét az egyik legjobb műhelyben ismerhette meg. Raether neki ajándékozta első, házilag készített elektrondiffraktográf berendezésüket. Ilyen szempontok és előzmények alapján választotta alapkutatási témájaként a vékonyrétegek fizikájának területét, s ezen belül is a vékonyrétegek sajátos anyagszerkezeti tulajdonságainak, s az atomonkénti hozzáadással felépülő nanoszemcsék és rétegszerkezetek kialakulási folyamatainak és szerkezetének vizsgálatát. Az azóta elért eredmények és azok nemzetközi fogadtatása alapján ma már biztonsággal megítélhető, hogy problémálatása és kutatási stratégiája időszerű és hosszú távon is korszerű volt. A tudományterületbe annak induló szakaszában, és igen jó témaválasztással kapcsolódott be. Az eredményességet az is segítette, hogy a kutatócsoport saját kísérleti és vizsgálati módszereket dolgozott ki, amelyekkel jelenségek és tulajdonságok hatékonyan valamint új megközelítésben voltak elemezhetőek. Távlatos, önépítő stratégia határozta meg a kutatás tematikáját, a módszer- és eszközfejlesztés időszerű feladatait. Ennek eredményeként a kutatócsoportot ma a polikristályos és kompozit rétegek szerkezetkutatása területén világviszonylatban az egyik legilletékesebb műhelyként tartják számon. A kutatócsoport nagy súlyt helyezett arra is, hogy – alapkutatását töretlenül folytatva – tapasztalatával, eredményeivel és eszközparkjával részt vegyen az intézet többi témájának munkájában, valamint ipari feladatok megoldásában, kutatási-fejlesztési programokban. Jelenleg is több hazai és európai kutatási-fejlesztési projekt résztvevője.

A fenti megfontolások mellett Pócza tanár úr számára az is világos volt, hogy egy tudományterület művelése csak akkor lehet igazán hatékony és eredményes, ha az a nemzetközi tudományos közélet részévé válik. Ez természetszerűen azt jelenti, hogy az eredmények a világ minden részén (részéről) elérhetőek legyenek, a saját laboratóriumban folyó kutatás nemzetközi kapcsolatokra is épüljön és a kutatócsoport tagjai a tudományos közéletben folyamatosan jelen legyenek. Az 1950-es és 60-as években a politikai elzártság mindezek megvalósítását igen nehezíti, esetenként lehetetlenné tette. Szigorú szabály volt például, hogy a dolgo-

zatokat magyar folyóiratban kellett közölni. Dolgozatok esetleges külföldi folyóiratnak történő kiküldéséhez külön engedélyek (MTA, MNB) kellettek. Kutatók külföldre utazása s részvételük engedélyezése a konferenciákon reménytelen, illetőleg igen korlátozott, személytől függő volt. Más utat kellett tehát keresni. Pócza Jenő ezt Hahn Emillel, az Optikai, Akusztikai és Filmtechnikai Egyesület egyik vezetőjével közösen találta meg. Az egyesület jó nemzetközi kapcsolataira építve a Nemzetközi Optikai Bizottság támogatásával és közreműködésével az 1960-as években több nemzetközi optikai rendezvényt szerveztek Magyarországon [8. fejezet]. Kezdetben a Budapesten rendezett optikai konferenciáknak voltak vékonyréteg szekciói, később pedig már önálló, ú.n. vékonyréteg kollokviumokat (Colloquium on Thin Films) szerveztek. Ez a munka folytatódott az 1970-es évektől az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Vákuum- és Vékonyrétegfizikai Szakcsoportja keretében nemzetközi iskolák formájában is. Átnézve e nemzetközi vonatkozásban is úttörőnek számító rendezvények programjait, örömmel állapíthatjuk meg, hogy összefoglaló előadások tartására rendszeresen sikerült megnyerni a tudományterület meghatározó személyiségeit, vezető tudósait. (Hozzá kell tenni, hogy meghívásukat, beutazásukat külön engedélyezési eljáráshoz kötötték, s bizonyos országok polgárai nem kaphattak beutazási engedélyt.) A rendezvények legnagyobb eredménye az volt, hogy a tudományterület jelentős művelőit Magyarországra sikerült hozni. Így ők közvetlenül megismerhették a hazai műhelyekben folyó munkát s a magyar kutatók személyes kapcsolatot építhettek ki külföldi kutatóhelyekkel. Emlékezetes és egyben a kutatócsoport megismertetése szempontjából döntő volt az 1967-es Colloquium alkalmából a Műszaki Fizikai Kutató Intézetbe szervezett látogatás. Ennek során a résztvevők egy világviszonylatban is különleges élménynek lehettek részesei: in situ transzmissziós elektronmikroszkópos vékonyréteg-kísérletet láthattak élőben a helyileg kiépített TV lánc segítségével. E konferenciákon kialakult személyes kapcsolatoknak volt köszönhető, hogy a politikai elzártság oldódását azonnal ki lehetett használni, s már a 60-as évek végén, a 70-es évek elején megindulhattak a kutatócsoport közös kutatásokra épülő együttműködései.

Pócza tanár úr kezdettől fogva aktív résztvevője volt a vékonyréteggutatáshoz kapcsolódó nemzetközi közéletnek s igyekezett ebbe munkatársait is bekapcsolni. Mindehhez Szigeti György igazgatótól megértő támogatást kapott. Pócza egyik kezdeményezője volt a Thin Solid Films folyóirat megindításának (1967), majd az International Advisory Board tagja lett. Alapító tagja volt az International Thin Film Committee-nak (1969). Pócza Jenő halála után ezekbe a bizottságokba Barna B. Pétert hívták meg. A kutatócsoport tagjai később vezető szerepet töltek be az International Union for Vacuum Science, Technique and Applications vékonyrétegfizikai szakosztályának létrehozásában, majd munkájában. A mai nemzetközi tudományos közéletben való jelenlétüket talán azzal lehet leginkább érzékeltetni, hogy a 2002 szeptemberében rendezett 13th International Conference on Thin Films Szervező Bizottsága a kutatócsoport három munkatársát (Barna B. Péter, Pécz Béla és Radnóci György) is felkérte a Nemzetközi Tanácsadó, valamint Program Bizottság tagjaként, illetőleg összefoglaló előadás és tanfolyam tartására.

2. A kutatócsoport kialakulásának és munkásságának rövid áttekintése

A kutatócsoport kialakulása

Az előzőekben már említettük, hogy Pócza Jenő tanár úr az 50-es évek közepén az Eötvös Loránd Tudomány Egyetem Kísérleti Fizikai Intézetében kezdte meg vékonyrétegfizikai kutatásait s kutatócsoport kialakítását. A kutatás alapeszköze egy nagyvákuumú párologtató berendezés és a Raether professzortól kapott, házi építésű elektrondiffraktográf volt. A

kutatásban Barna B. Péter vett részt s Tompa Kálmán készítette ebben a témakörben az első diplomamunkát [E1]. Az intézet 1959-ben történt megszüntetése és Pócza Jenő, valamint az intézet számos tagjának eltávolítása a munkát megszakította. Pócza tanár úr 1960-ban folytathatta érdemben a kutatást az MTA Műszaki Fizikai Kutatóintézetében, s 1961-ben kapott lehetőséget, hogy munkatársakat vegyen fel, kutatócsoportot hozzon létre. 1963-ban szereztek be az első transzmissziós elektronmikroszkópot, amely a kutatások alapeszköze volt. A kutatócsoport tagja lett ismét Barna B. Péter, majd Barna Árpád. Barna Árpádnak jó elméleti felkészültsége és nagy tapasztalata volt már az elektronmikroszkópia területén és igen jó műszaki-konstruktív érzékkel rendelkezett. Két másik laboratóriummal (Anglia, USA) szinte egyidőben s a japán laboratóriumot megelőzve ő tervezte és készítette a 60-as évek közepén az in-situ transzmissziós elektronmikroszkópos kísérletek céljára a nagy nemzetközi érdeklődést kiváltó ultranagyvákuumú kamrát és kísérleti elrendezést. A 60-as évek végén Pozsgai Imre, majd 1971-ben Radnóczy György, aki a vékonyrétegkutatás egyik klasszikus műhelyében, a Kharkovi Egyetemen Palatnik professzornál készítette diplomamunkáját vékonyréteg témakörben, csatlakozott a kutatócsoporthoz. A 70-es évek közepén Tóth Lajos, majd a 80-as években Sáfrán György, Lábár János és Pécz Béla is a kutatócsoport tagja, vezető munkatársa lett.

A kutatócsoport munkáját 1973 elejéig Pócza Jenő irányította. Az MTA Műszaki Fizikai Kutatóintézet új vezetése ekkor Pócza Jenő munkája elé egyre nagyobb akadályokat emelt. Pócza tanár úr úgy döntött, hogy nem vállalja az érdemi munkát ellehetetlenítő állandó konfrontációt s szakértői munkát vállalt, nehéz körülmények között, az akkor alakulóban lévő Alexandriai UNESCO Egyetemen. 1974 végétől újra itthon dolgozott és irányította a 3rd International Conference on Thin Films (1975) szervezését. Megtapasztalva azonban, hogy a körülötte kialakult légkör nem változott, vissza készült Alexandriába. A konferencia után bekövetkezett halála ezt a menekülést azonban már megakadályozta. A kutatócsoportot 1973-tól Barna B. Péter vezette 1998-ig, amikor a vezetők számára előírt korhatárt elérte. A csoport létszámának és tematikájának bővülésével a munka vezetésének egy részét a 80-as évek közepétől Radnóczy György vállalta. 1998-ban Pécz Béla kapott megbízást a csoport vezetésére, Radnóczy György pedig, folytatva kutatómunkáját a csoport keretében, az intézet egyik igazgatóhelyettese lett.

A kutatócsoport 1972-ban analitikai transzmissziós elektronkópot és UHV párologtató berendezést szerezhetett be. Az új kísérleti és vizsgáló berendezések a munka kiterjesztését és kvantitatívabbá tételét tették lehetővé. Újabb eszközök beszerzésére azonban a 90-es évek elejéig nem nyílt lehetőség. Ez szinte kényszerítette a kutatócsoportot arra, hogy saját módszertani kutatást és eszközfejlesztést kezdjen. Elméleti munka és az ehhez kapcsolódó eszközfejlesztés eredményeként ekkor kezdték kiépíteni azt a laboratóriumot, amely elméleti modellekre épülő új módszerek és eszközök kidolgozásával a transzmissziós elektronmikroszkópia mintáinak készítés területén azóta, nemzetközi vonatkozásban is, vezető szerepet tölt be. Az eszközpark korszerűsítésére, nagy késéssel, a 90-es években, majd 2001-ben nyílt ismét lehetőség. 1992-ben 200 kV gyorsító feszültségű analitikai transzmissziós elektronmikroszkóp beszerzésére, 1998-ban ultranagyvákuumú rendszerben működő magnetronos porlasztóberendezés építésére került sor. 2001-ben az infrastruktúra fejlesztésére indított országos program keretében 300 kV gyorsítófeszültségű, korszerű, nagyfeloldású, transzmissziós elektronmikroszkóppal egészült ki és vált korszerűvé a laboratórium.

A kutatócsoport munkássága

Az 50-es években az egyetemi intézetben megindult kutatás a rétegépülés kezdeti szakaszaiban lejátszódó folyamatokra irányult, a szemcsenövekedés és a textúra kialakulásának vizsgálatára. A kényszerű megszakítás után, a 60-as évek elején újraindult munka elsősorban je-

lenségek és a nanoméretű szemcsék tulajdonságainak vizsgálatát, az egy- és többkomponensű polikristályos és amorf vékonyrétegek szerkezet-kialakulásának elemzését, a szerkezet-épülésben és a rétegrendszerek stabilitásában nagy szerepet játszó szilárdfázisú reakciók vizsgálatát, valamint a szerkezet és fizikai tulajdonságok közötti összefüggések feltárását tűzte ki feladatául. A kutatási stratégia meghatározó eleme volt olyan sajátos kísérleti és vizsgálati módszerek kidolgozása is, amelyek e jelenségek és anyagszerkezetek vizsgálatára különösen előnyösek voltak és sajátos megközelítést tettek lehetővé. A stratégia másik alap-eleme volt, hogy a folyamatokat összességükben és összefüggéseikben kell kezelni, s ehhez ki kell választani a legmeghatározóbbnak ítélt jelenséget, folyamatot, s meg kell keresni azt a modellanyagot illetve anyagrendszerrel, amelyen az adott folyamat különösen jól tanulmányozható. A munka, kihasználva az 1960-as évek végén megindult nemzetközi enyhülést, egyre szélesedő nemzetközi együttműködésre is épülhetett.

Az 1960-as és 70-es években folytatott kutatás az elemi anyagok vékonyrétegeinek szerkezet-kialakulását és alapvető szerkezeti-fizikai tulajdonságait feltáró in-situ transzmissziós elektronmikroszkópos módszerre épült. Ennek során tártuk fel a szerkezetkialakulás kezdeti szakaszának számos alapjelenségét: a polikristályos vékonyrétegek szerkezetkialakulásának jellegzetes szakaszait és sajátos folyamatait, a nanoméretű szemcsék sajátos termodinamikai tulajdonságai, a gőz-folyadék/szilárd amorf-kristályos fázisátalakulás törvényszerűségeit. Megvizsgáltuk a mai érdeklődés előterébe került nanokompozit szerkezetek kialakulásában is meghatározó szereppel bíró felületi kémiai reakció, a szegregáció és a fázisképződés jelenségét, valamint a tömbi anyagokétól jelentősen eltérő tulajdonságok anyagszerkezeti vonatkozásait. Ez a munka a 80-as években bonyolultabb anyagszerkezeteken, vegyületeken folytatódott és kiegészült a szilárdfázisú reakciók elemi folyamatainak tanulmányozásával. A csoport elsőként tudta egységesen tárgyalni a többkomponensű és több fázisú rétegszerkezetek (nanokompozitok) önszerveződő folyamatokra épülő kialakulását. A témák 90-es években a jelenleg is művelt nanokompozit anyagokkal, keménybevonatokkal és modern félvezető anyagokkal, valamint a szén és fullerén szerkezetekkel bővült.

A 80-as években kezdődött a transzmissziós elektronmikroszkópiában egyre nélkülözhetlenebbé vált speciális ionsugaras mintavékonyítás elméletének és módszertanának kidolgozása és az elmélet által igényelt eszközök kifejlesztése. Az elméleti munka feltárta az ionbombázás paramétereinek szerepét a felületi topográfia és a roncsolt réteg kialakulásában, valamint a berendezésekkel szemben támasztott követelményeket. A 90-es években a csoport nemzetközi elismerést aratott az általa kifejlesztett módszerekkel, eszközökkel, valamint az ezekkel elért tudományos eredményekkel. Ma már egyértelműen megállapítható, hogy ezek az eredmények az ionsugaras mintavékonyítás módszerei és eszközei területén „forradalmat” jelentettek. A kifejlesztett módszereket és a gyártásba bevezetett berendezéseket számos nagy hírű egyetem és kutató intézet, valamint vezető világcégek laboratóriuma átvette, beszerezte. A kutatócsoport e területen végzett módszertani kutatásának eredményei és eszközfejlesztése határozta meg az utóbbi időszakban az ionsugaras mintakészítő berendezések gyártmányfejlesztésének irányát is. Az ionsugaras vékonyítási technika és eszközök átültetése az AES mélységi analízisre szintén sikerrel járt és nemzetközi elismerést eredményezett. Érdemes kiemelni, hogy a kutatás-fejlesztés eredményei szabadalmakban is megjelentek. A kifejlesztett berendezéseket gyártásba vitték: az elektronmikroszkópos minták vékonyításának jelenlegi legkorszerűbb eszközeit a hazai Technoorg-Linda Kft. gyártja. A cég a nemzetközi piac jelentős résztvevőjévé vált.

A módszertani kutatás és fejlesztés egy másik eredménye, a 90-es évek végén kidolgozott „ProcessDiffraction” program, az elektrondiffrakciós felvételek kiértékelésének és a fázisazonosításnak gyors és hatékony módszere lett.

A kutatócsoport a vékonyrétegek fizikája, illetve a transzmissziós elektronmikroszkópia és mintakészítés terén elismert, nemzetközi tekintélyű tudományos műhely, iskola. Ezt jelzik a megszerzett tudományos fokozatok, a nagy számban érkező vendégkutatók, nemzetközi projektekben való részvétel, melyekben a csoport kutatói neves európai konzorciumok tagjai, valamint a kutatócsoport tagjainak aktív részvétele a hazai és nemzetközi tudományos közéletben (7. és 8. fejezet). Az eredmények nemzetközi értékelését mutatja a közleményekre vonatkozó nagyszámú hivatkozás. Különösen jelentős, hogy több közleményt 20-30 év után is rendszeresen idéznek. A kutatócsoport tagjai, iskolateremtő tevékenységünk részeként, három egyetem (Eötvös Loránd Tudomány Egyetem, Budapesti Műszaki Egyetem, Debreceni Egyetem) doktori iskolájában vesznek részt, mint alapító tagok. Az általuk írt jegyzetek alapján folyik évek óta ezeken a területeken az egyetemi és doktori képzés. A csoportban folyamatosan több doktorandusz dolgozik értekezésének témáján.

3. A kutatócsoport néhány tudományometriai paramétere (lezárva: 2002. szeptember)

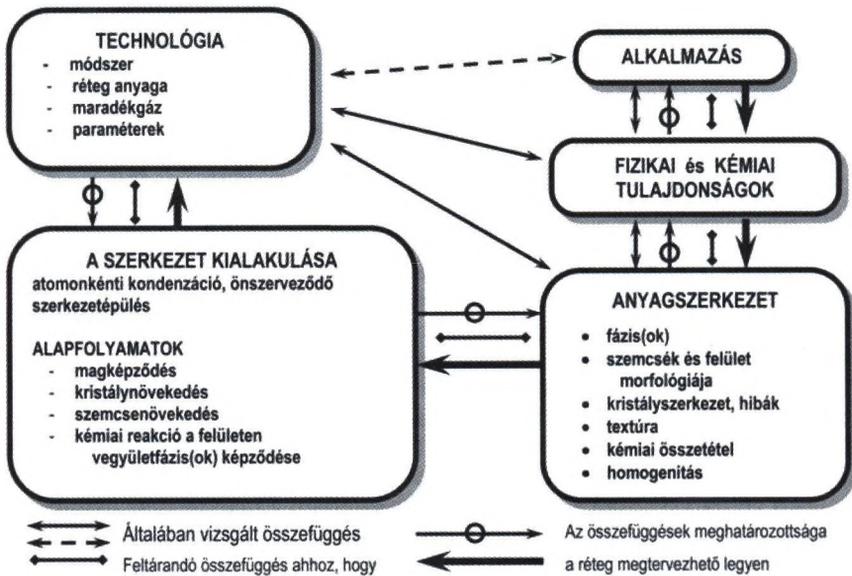
87	nemzetközi konferencia valamint iskola szervezése, illetve szervezésében való részvétel
120	felkért összefoglaló előadás nemzetközi rendezvényeken
200	ipari cég és egyetem által kért továbbképző előadás
760	nemzetközi folyóiratban, konferencia kötetben megjelent közlemény
2030	független hivatkozás (megjegyzés: számos közleményre még 20-30 év után is rendszeresen hivatkoznak)
7	szakdolgozat
16	kandidátusi, illetve PhD értekezés
3	MTA doktori értekezés
2	egyetemi habilitáció

4. Néhány eredmény összefoglalása

A kutatócsoport választott tematikáját és startégiáját akkor érthetjük meg igazán, ha áttekintjük a vékonyrétegek kutatás és technológiák problémakörét. Ezt a problémakört az 1.sz. ábra foglalja össze és mutatja be az összefüggéseket [445]. Az ábrából is kitűnik az a jól ismert és egyértelmű tény, hogy az anyagszerkezet a technológia során alakul ki. A kutatócsoport fogalmazta meg először, hogy az önszerveződő szerkezetkialakulás alapjelenségek formájában megy végbe. Többkomponensű polikristályos vékonyrétegeknél a magképződés, a kristálynövekedés, a szemcsenövekedés és a felületi kémiai kölcsönhatások szerepelnek, mint alapjelenségek. Lefolyásukat a technológia paramétereitől függő termodinamikai és kinetikai törvények, valamint a kialakuló anyagszerkezet folyamatosan változó-alakuló sajátosságai kormányozzák. Megmutattuk, hogy mindez a rétegépülés folyamatábrájában foglалható össze [288, 384, 445, 730, E20].

A kutatócsoport munkájának egyik része ezeknek az alapjelenségeknek a mélyebb megismerésére, valamint a folyamatokhoz kötődő, esetenként sajátos anyagszerkezetek feltárására irányult. A másik része módszertani kutatás volt s a korábban már tárgyalt célok megvalósítását szolgálta. A következő részben ezekből az eredményekből mutatunk be néhányat azzal a céllal, hogy érzékeltessük a munkamódszert és a kérdés megválasztását, a problémakezelést. Az eredményekről részleteket az idézett közlemények tartalmazznak (5. fejezet). A közlemények a kutatócsoport közleményeinek összesített jegyzékében szereplő sorszámokkal

szerepelnek. Az összesített jegyzék az MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézetének honlapján megtalálható: www.mfa.kfki.hu. (laboratories, Thin Films).



1. ábra. A vékonyréteg-kutatás, technológia és tervezés alapkérdései és összefüggései [445]

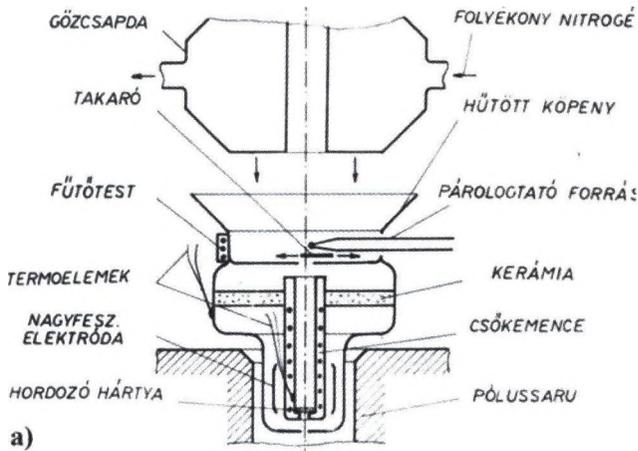
Egy szemléletbeli dolgot azonban még előre kell bocsátani, mind a rétegelőállítás és szerkezet-kialakulás körülményeinek s a nagyszámú paraméter lehetséges kölcsönhatásának elemzése [8], mind pedig az első in-situ elektronmikroszkópos kísérletek eredményei [23.1] már a munka kezdeti szakaszában egyértelművé tették, hogy a szerkezet-kialakulás igen érzékeny a vákuumtérben jelenlévő maradárgázokra és gőzökre, illetve ezeknek a rétegekbe beépülő komponensre, a szennyezőkre. A lehetséges hatások következetes elemzése végigkísérte a kísérleti munka megtervezését, az eredmények értelmezését és ez jelenti a kutatócsoport ma már általánosan ismert egyik sajátosságát is.

Az eredmények bemutatásában a módszertani kutatás-fejlesztés eredményeit vesszük előre, majd a jelenségkutatás eredményeivel folytatjuk.

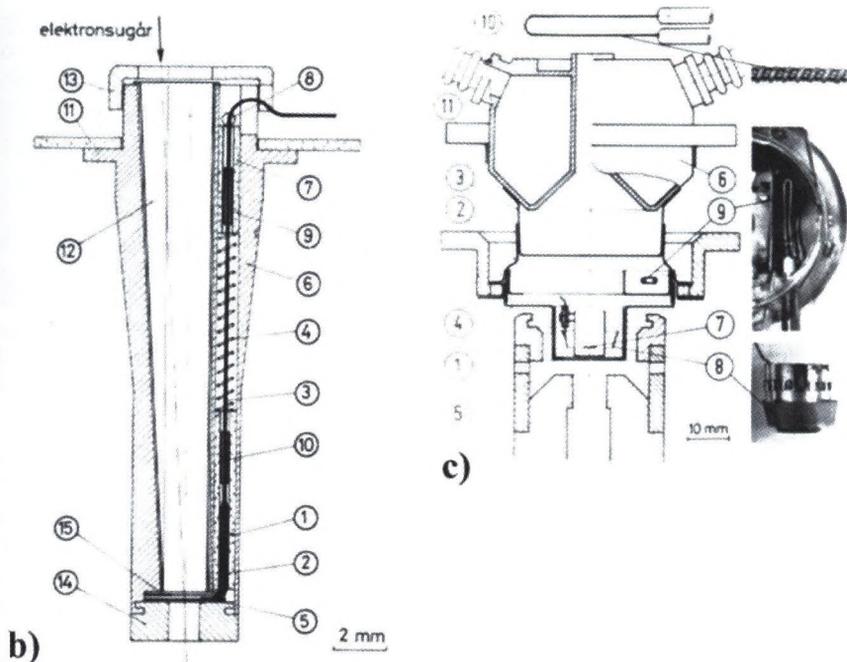
4.1 Az ultranagyvákuumú in situ transzmissziós elektronmikroszkópos kísérletek céljára kidolgozott berendezés

Az 1963-ban beszerzett JEM 6A típusú transzmissziós elektronmikroszkóp tárgytára alkalmas volt egy olyan kísérleti berendezés befogadására, amellyel ellenőrzött hőmérsékleten és nyomásviszonyok mellett lehetett rétegeket előállítani, illetőleg hőkezelní. A szerkezet-kialakulás és átalakulás folyamatai így közvetlenül, elektronmikroszkópi képpel, illetve diffrakcióval voltak követhetők, s közben az elektromos tulajdonságokat (vezetőképesség, mágneses ellenállás, Hall-feszültség, termofeszültség) is mérni lehetett. A mikroszkóphoz tartozott egy 16 mm-es mozgófilm készítésére alkalmas berendezés. Az elektronmikroszkópi képet a filmen közvetlenül az elektronsugár rögzítette.

A berendezés kifejlesztése több lépésben történt (1963–1978). A végső konstrukciót, amely a világban egyedülállóan adott lehetőséget elektromos méréseknek a szerkezetvizsgálattal egyidejű in situ végzésére is, az 2. ábra mutatja. A berendezést ezüst lemezből készült házba építették. A csókályha szolgál mintatartóként is. A csókályha falának négy furatában – kerámiacsőben – elektromos hozzávezetések vannak elhelyezve. Ezek biztosítanak elektromos kontaktust a hordozón kiképzett elektródákhoz. Hordozóként molibdén illetve csillám mikrosteélyra kifeszített szén vagy SiO_2 hártya szolgált. Ezen készültek – előzetes vákuumpárolgatással – az elektromos vezetőképesség, vagy a Hall feszültség és mágneses ellenállás, illetőleg termofeszültség mérésére szolgáló elektródák. Termofeszültség mérésekor a hordozó egyik része egy szigetelten elhelyezett Pt ellenállásréteggel volt fűthető, s a helyi hőmérsékletet a Pt réteg ellenállásával lehetett mérni. Az ezüstlemezből készült ház alsó és felső lapján furatok szolgáltak az elektronsugár átbocsátására, illetőleg a gőzsugárnak a hordozóra történő vezetésére. A párolgató forrású a felső lap felett helyezték el. Mozgatható takaró biztosította, hogy a forrás a párolgatás megkezdése előtt kifűthető, gondosan gáztalanítható legyen. A kamra belsejében, a munkatérben, az ultranagyvákuumú viszonyokat differenciális szivás biztosította. A cseppfolyós nitrogénnel hűtött kamra eleve krioszivattyúként működött. A kamrát körülvevő teret, a mikroszkóp tárgyterét, a készülék diffúzos szivattyúrendszere szívta. Ide építettek egy Ti párolgató gatterszivattyút, amellyel ebben a térben 10^{-5} Pa nyomás volt elérhető. A kamra belső terét egy, a csókályha köré épített, az objektív lencse mágneses terét felhasználó magnetron típusú titán iongetter szivattyú és egy Ti párolgató gatter szivattyú szívta. Így a munkatérben a maradékgáz nyomása a 10^{-7} Pa tartományban volt tartható. A hordozó hőmérsékletét a csókályha segítségével -150°C és 450°C között lehetett változtatni [21, 34, 84, 93, E6].



2. ábra. Az „in-situ” transzmissziós elektronmikroszkópos kísérletek részére készített elrendezés
a) az elrendezés elvi vázlata;



- b) az elektromos mérésekre alkalmas mintatartó szerkezete, főbb elemei: 1: kerámia szigetelő cső, 2: Au elektromos érintkező az elektródához; 3: az érintkező elvezetése; 5: a hordozó a vékonyréteg elektródákkal; 14: a hordozót rögzítő bajonett-zárás kupak
- c) az elrendezés szerkezeti felépítése; elemei: 1, 2, 3: a kamra részei; 5: az objektív lencse pólussaruja; 6: a cseppfolyós nitrogén tartálya; 7: a hordozó; 8: magnetron típusú, miniatűr iongetter szivattyú; 9: Ti getter forrás a kamrán belül; 10: Ti getter forrás a mikroszkóp tárgyterében [21, 34, E6]

4.2 A transzmissziós elektronmikroszkópos vizsgálatokhoz szükséges minták készítésének ionsugaras vékonyításon alapuló új módszere és eszközei (elméleti kutatás és eszközfejlesztés)

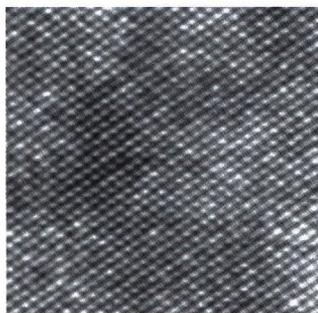
A félvezető- és integrált áramköri technológiáknak, valamint a felületi bevonatoknak, (optikai, jeltároló, tribológiai) az 1970-es évek második felében megindult rohamos fejlődése új feladatok elé állította a transzmissziós elektronmikroszkópiát, a mikroszerkeze-tvizsgálat alapmódszerét. Nyilvánvalóvá vált, hogy a mikroszerkezetről érdemi információkat atomi szinten csak akkor képes nyújtani, ha az ilyen vizsgálatokra alkalmas minták (nagy területen homogén, 20–60 nm vastagság; igen alacsony, néhány atom dimenziójú felületi durvaság; pl. a felületi roncsolt réteg, lehetőleg műtermékektől mentes) készíthetők az eszközök és bevonatok keresztmetszetről is. Ezért kerültek előtérbe a mintakészítés elméleti és gyakorlati problémái s a berendezésekkel szemben támasztott követelmények technológiai teljesítése. Kutatócsoportunk, felismerve ezt a problémát, ekkor kapcsolódott be ezekbe a módszertani kutatásokba. Az ionsugaras porlasztásra épülő mintavékonyítás elméleti alapjainak kidolgozásával és új eszközök folyamatos kifejlesztésével az 1980-as évektől kezdődően meghatározó szerepre tett szert mind a módszerfejlesztés, mind az eszközfejlesztés és gyártás irányának meghatározásában is. A kutatócsoportban kidolgozott és szabadalmaztatott eszközöket először a BALTEC cég, majd a Technoorg-Linda Kft. magyar vállalat vitte gyártásba.

A Technoorg-Linda Kft. eddig több mint százötven berendezést adott el. Ezek megtalálhatóak nemcsak az elektronmikroszkópia vezető laboratóriumaiban (pl. Oxford, Cambridge, Berkeley, Jülich, Tokyo, Osaka), hanem nagy ipari cégek kutató-fejlesztő részlegeiben is (IBM, Toshiba, Philips, Siemens, AMD, Samsung).

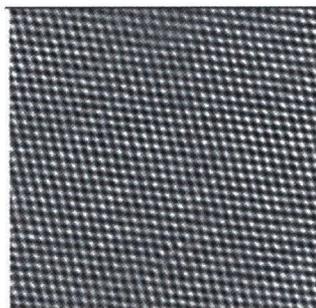
E módszertani kutatás legfontosabb elméleti eredménye az a modell, amely nagy felületre kiterjedően képes leírni és szimulálni, hogy az ionporlasztás paramétereinek függvényében hogyan alakul a felület morfológiája. A modell egyértelművé tette, hogy forgatott minta felülete, akkor polírozható, ha az ionsugár beesése érintőleges ($\theta \leq 5^\circ$). A modellből következett az is, hogy keresztmetszeti minták készítésekor a felületi bevonatoknál keletkező vastagsági lépcső a vékonyítás utolsó szakaszában távolítható el a mintának az ionsugár körüli oszcilláltatásával [178, 232, 247, 287, 410, E19]. A kutatás másik jelentős eredménye annak kimutatása volt, hogy a felületi roncsolt réteg vastagsága néhány atomsorra korlátozható, ha az ionok energiája a néhány száz elektronvolt tartományba esik [327, 366, 406, 433, 492, 518, 587, 641, E19].

Az elméleti eredményeket a kísérletek maradék nélkül igazolták. Így megfogalmazható volt a vékonyítás eljárása és meghatározhatóak voltak azok a követelmények, amelyeket a vékonyító berendezéseknek teljesíteniük kell. Megtervezték és kifejlesztették az új elven működő elektrosztatikus ionoptikákat és ionforrástípusokat, majd ezek felhasználásával az ionágyúk különböző típusai és generációi készültek el és kerültek folyamatosan gyártásba. Ezzel párhuzamosan történt a mintatartó és -mozgató rendszer, az elektromos tápegységek, s az ionsugaras vékonyító berendezés egyéb részeinek folyamatos fejlesztése és gyártásba vitele. Ezek a berendezések vezették be a világon elsőként a jól fókuszált és érintőlegesen beeső ionsugárral végezhető porlasztás megvalósítását, a nagy felületi simaság elérését, majd a 0,1 és 2 keV közötti energiatarományban dolgozó ionforrás alkalmazásával a felületi roncsolt réteg vastagságának lecsökkentését olyan mértékűre, amely az atomi feloldású leképezést már nem zavarja. Ilyen kisenergiás porlasztó forrást jelenleg csak magyar vállalat gyárt. A Berkeley laboratóriumban ezzel a készülékkel előállított mintákon készítettek először Si egykristályról olyan nagyfeloldású felvételeket, amelyek a „súlyzóként” elhelyezkedő atomcsoportok határozottan megjelentek (C. Nelson, C. Kisielovski). Napjainkban ezt a szerkezetet le lehetett képezni a gyémánt rácsban is (0,083 nm) a hasonló módon előállított mintákon (3. ábra) (University Dresden, D. Geiger).

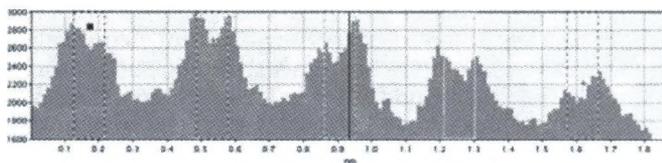
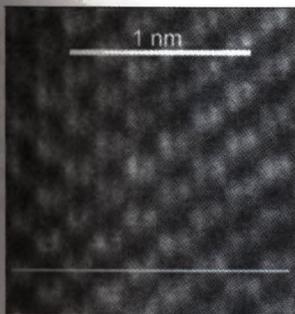
3. ábra Grafít egykristály rácsának nagyfeloldású transzmissziós elektronmikroszkópos képe. A kisenergiájú ionnyalábbal készített, műtermékmentes mintán sikerült első ízben leképezni az atomok „súlyzó”-szerű rendezettségét.



A gyémánt rácsról a kutatócsoport által készített nagyfeloldású felvétel.



Az előző kép Fourier transzformációval feldolgozott formája



A gyémánt rács atomjainak „súlyzó”-szerű rendezettsége – 0.089 nm. Ez a felvétel a Drezdai Egyetem Trienberg Laboratóriumában készült a speciális téremissziós katóddal működő CM30FEG mikroszkóppal (D. Geiger felvétele)

A fehér vonal mentén mért intenzitáseloszlás jól visszadja az atomok „súlyzó”-szerű rendezettségét.

4.3 Elektron diffrakciós felvételek feldolgozása (ProcessDiffraction program)

Az anyagszerkezet meghatározásához a kvantitatív elektron diffrakció nemcsak az egykristályok területén, hanem a nanokristályos és amorf anyagoknál is lényeges információt szolgáltat, ha ezt az információt megfelelően képesek vagyunk kihámozni a kísérleti adatokból. A kvantitatív azt jelenti, hogy nemcsak a diffrakció szögében, hanem a diffraktált intenzitásban rejlő információt is felhasználjuk.

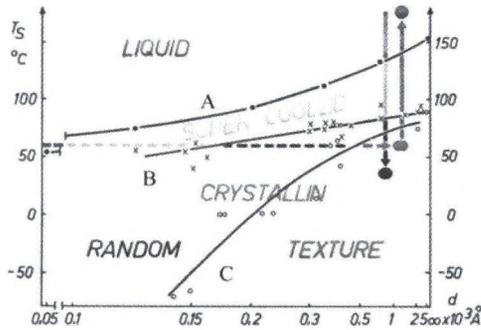
A kutatócsoportban kidolgozott ProcessDiffraction program gyűrűs diffrakciós ábrák feldolgozását végzi [646, 710]. Polikristályos (nanokristályos) anyagoknál a fázisanalízist segíti a mért intenzitás-szórási vektor görbének a diffrakciós adatbázisban szereplő anyagok szórási tulajdonságaival való összehasonlításával. Egyfázisú amorf és nanokristályos anyagoknál a rövidtávú rend (a párkorrelációs függvény) meghatározását teszi lehetővé.

A program az utóbbi évek új kísérleti technikáinak eredményeire épít, nevezetesen a nagy dinamikus tartományban lineáris „Imaging Plate”-ek, vagy a CCD kamerák intenzitásai alapján végzi a mennyiségi elemzést. A (korlátozott linearitású és dinamikus tartományú) hagyományos filmek digitalizált változataiból főleg csak a kvalitatív fázisanalízist tudja megkönnyíteni, bár a film korlátozott lineáris tartományát több felvételegyüttes feldolgozásával képes kiterjeszteni. Ha a legközelebbi szomszédok távolságain túlmenően a koordinációs számokra is szükségünk van, a nagyon vékony mintákon energiaszűrt elektron diffrakciót kell felvennünk.

4.4 A szerkezetépülés folyamatai indium rétegek kialakulásának kezdeti szakaszában („in situ UHV TEM” kísérletek)

A vékonyrétegek előállításakor a kezdeti szakasz folyamatainak ismerete azért lényeges, mert itt alakul ki az a szerkezet, amely a későbbi szakaszok folyamatait, az összefüggő réteg szerkezetkialakulását és morfológiáját lényegében meghatározza. A kutatócsoport első célkitűzése e szakasz folyamatainak feltárása és részletes elemzése, valamint a nanoméretű szemcsék termodinamikai sajátosságainak meghatározása volt. A kísérletekhez az indiumot választottuk modellanyagként.

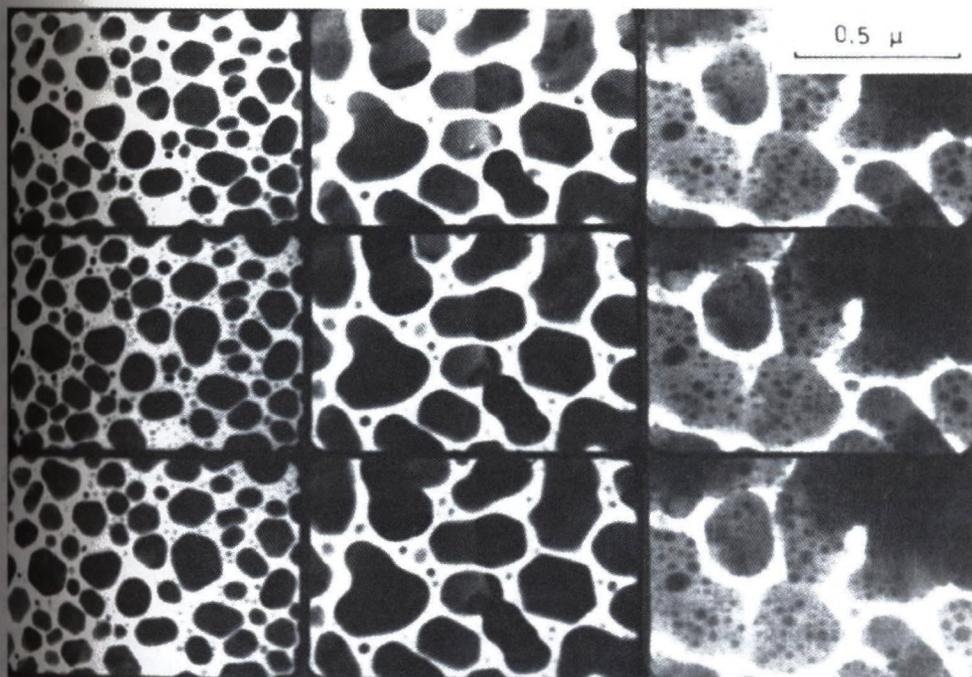
E kísérletek legfontosabb eredményeit a 4. sz. ábra foglalja össze [12, 17, 19, 20.3, 23.1, 26, 29, 39, E2]. Az ábrán a szubmikroszkópos méretű szemcsék fázisállapota és a kezdeti szakasz minden folyamata együtt látható a réteg növekedésének (itt a szemcsék méretének) függvényében. Ez a kép az amorf hordozón előállított elemi (nagy tisztaságú!) fém rétegekre általánosan érvényes, ha a hordozó hőmérsékletét olvadáspontjukhoz viszonyítva adjuk meg. Az in-situ kísérletekben egyidejűleg volt rögzíthető a szemcsék mérete, fázisállapota (folyadék ill. kristály), mérettől függő fázisátalkulása (folyadékból kristályosodás), a kristályoknak a hordozó síkjához viszonyított orientációja, azaz a textúra jelenléte és kialakulása.



4. ábra. Indium réteg növekedésének fázisábrája amorf C hordozón: vízszintes tengely a szemcsék mérete, függőleges tengely a hordozó hőmérséklete. A görbe a szemcsék olvadáspontja, B görbe a szemcsék kristályosodási hőmérséklete, C görbe az a szemcseméret, amelynek elérésekor a kristály az $\{111\}$ lapjával fekszik fel a hordozóra és a textúra az elektrondiffrakciós képben megjelenik. A szaggatottan húzott vonal mentén a 600°C hordozómérsékleten előállított indium réteg szemcséinek fázisváltozását és orientációs viszonyait lehet követni a réteg növekedése során [29].

Az A görbe a kristályok olvadáspontját, a B görbe a folyadékcseppek kristályosodásának hőmérsékletét (azaz a túlűthetőséget) adja meg. A C görbe a hordozó hőmérséklete és azon kristályok mérete közötti összefüggést ábrázolja, amely kristályok a hordozóra az (111) lappal fekszenek fel, azaz, amelyek már a jellemző $\langle 111 \rangle$ textúrához tartoznak. Az ábrába húzott vízszintes vonalon haladva követhetjük a kiválasztott hőmérsékleten sorra következő folyamatokat: a magképződés folyadékfázisú cseppeket hoz létre, majd ezek egy meghatározott hőmérséklet környezetében kristályosodnak, s a keletkező kristályok irányítottasága rendezetlen. A következő szakaszban a szemcseösszenövés (koaleszcencia) a meghatározó. Ez a szemcsenövekedés szemcsehatármozgással megy végbe, és a szerkezet átrendeződését, a kristályok orientációjának megváltozását jelenti. Ezzel értelmezhető a textúra kialakulása abban hőmérséklettartományban, amelyben mind a felületi, mind a térfogati diffúzió aktív folyamat.

Az in situ elektronmikroszkópos kísérletek tárták fel a felületi kémiai kölcsönhatások egyik jellegzetes folyamatát, az „aktív” adalék (szennyező) atomok szegregációját a növekvő kristályok felületén és a felületet borító új réteg kialakulását, amely mind a kristálynövekedést, mind pedig a rétegpülés későbbi szakaszában a szemcsenövekedést gátolja [63, E2]. Az 5. ábrán ez a folyamat látható. Az indiummal együtt kondenzálódó szén atomokat az indium kristály növekedése szegregálja és a felületet egyre teljesebben beborító szén réteg alakul ki. Az indium kristályok növekedése egy ponton teljesen megszakad s a felületüket borító szén rétegen a kondenzáció és rétegpülés új magok képződésével és szemcsenövekedéssel folytatódik. Ez a folyamat vezet a szemcseméret csökkenéséhez és alapja a többfázisú, akár nanokristályos kompozit rétegszerkezetek kialakulásának [288, 451, 511, 537, 543, 619].



5. ábra. Szén szegregációja az indium kristályok felületére, szén fedőréteg fokozatos kialakulása. Az In kristályok felületét borító szén réteg megakadályozza az érintkező kristályok összenövését, C réteggel stabilizált szemcsehatár épül be. Az In szemcsék felületét teljesen beborító C réteg megakadályozza a kristályok növekedését, ismételt magképződéssel új kristályok nőnek az előzők felületén. Ez a kompozit szerkezet kialakulásának alapfolyamata. In situ TEM kísérlet [63, E2].

4.5 A szerkezetkialakulás és átalakulás folyamatai amorf elemi félvezető rétegekben

Az 1960-as években fordult a figyelem az amorf félvezető rétegek, mint különleges anyag-szerkezetek felé. A Bukaresti Fizikai Intézet kutatói (R. Grigorovici, R. Manaila, A. Dévényi és N. Croitoru) hívták fel kutatócsoportunk figyelmét erre az érdekes anyagfajtára s a megindult munka jórészt a velük kialakult együttműködés keretében folyt. A budapesti csoport a szerkezet sajátosságaival s kialakulásának valamint kristályosodásának kérdéseivel foglalkozott, míg a bukaresti csoport a szerkezet és az elektromos ill. optikai tulajdonságok közötti összefüggések feltárásával, elektronszerkezeti modellek kidolgozásával [11, 14.2, 38].

In situ TEM kísérleteink közvetlenül kimutatták, hogy a vákuumpárolgatással előállított a-Ge rétegek szerkezetének szuperháló formájában megjelenő inhomogenitása hőkezeléssel átrendezhető, ha a szerkezet nem tartalmaz szennyeződést [16, 53]. Az a-Ge rétegek különböző szerzők által mért optikai és elektromos vezetési tulajdonságai ezzel az inhomogén szerkezettel és szerkezeti átrendeződéssel értelmezhetővé váltak.

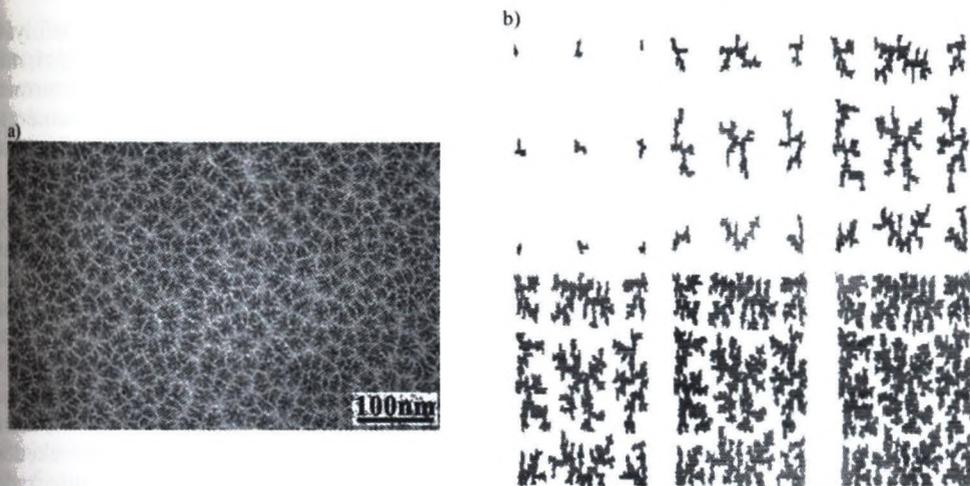
A Phillips Egyetemmel (Marburg, P. Thomas) közösen végzett kísérleteink mutatták ki elsőként, hogy, a korábbi felfogással ellentétben, az amorf rétegeknek igen különböző szerkezete lehet s azt elsősorban az előállítás körülményei határozzák meg [74, 92]. Az elektronmikroszkópos és elektrondiffrakciós vizsgálatok egyértelművé tették, hogy a szerkezetek

különbözősége a fent említett szerkezeti inhomogenitáshoz, a szuperháló kialakulásához, a réteg sűrűségének modulációjához kötődik, amely erősen függ az előállítás módszerétől és paramétereitől. Az irodalomban ettől kezdődően ezt a felismerést használták a kísérleti eredmények értelmezésére.

A szerkezeti inhomogenitás kialakulásának értelmezésére, leírására modellt dolgoztunk ki. A modell alapja az az elképzelés volt, hogy az amorf rétegszerkezetek kialakulása is magképződéssel és szemcsék növekedésével indul s a folyamatok sajátosságát a szemcsenövekedésben és összenövésben kell keresni. Az NaCl hordozón végzett modellkísérletek ezt igazolták s feltárták azt az érdekes jelenséget is, hogy az amorf Ge szemcsék kétdimenziós, szabálytalan, „dendrit” formájú alakzatban nőnek (6. a. ábra) s a szerkezeti inhomogenitás e szemcsék összenövésének helyét jelző hálóra koncentrálódik. A „dendrit” formájú szemcsék növekedését értelmezni kívántuk az atomi folyamatok szintjén. Feltételeztük, hogy a hordozóról felületi diffúzióval az egymástól távoli szemcsékhez érkező atomok mozgékonyasága az amorf fázis felületén (a szemcsék kerülete mentén) igen korlátozott s ez vezet e nagyon tagolt morfológia kialakulásához. Ezeket az atomi folyamatokat 1977-ben számítógéppel szimulálva igazoltuk, hogy a „dendrit” formájú alakzatok és a sok atomi hibát tartalmazó szerkezet kialakulása ilyen modellel leírható (6. b. ábra). Tudomásunk szerint ez volt az első ilyen jellegű szimuláció, s így a fraktálképződés első modelljének is tekinthető [78].

UHV TEM kísérleteink elsőként mutatták ki, hogy az amorf Ge rétegek kristályosodásának formája és kinetikája valamint elektromos vezetési mechanizmusa erősen függ a szerkezet szennyezettségétől. E kísérletekkel közvetlenül meghatározható volt a magképződés és kristálynövekedés aktivációs energiája. Feltételeztük, hogy a szemcsehatárookra szegregálódó szennyezők ott barrier réteget képeznek. Modeleztük e barrier rétegnek az elektromos vezetőképességre gyakorolt hatását [41, 60].

A nyolcvanas évek második felében az amorf szerkezetek korábbi tapasztalatait felhasználva a Linköpingi Egyetemmel (H. Hentzell, J-E. Sundgren) közösen kutatásokat végeztünk amorf rétegek (a-Si, a-Ge) fémkontaktusok jelenlétében lezajló kristályosodására. A jelenség mind a napelemek mind az integrált áramkörök technológiájának szemszögéből nézve érdekes. Ismert volt, hogy egyes fémek (pl. Al, Au) jelentősen csökkentik az amorf félvezető rétegek (Si, Ge) kristályosodási hőmérsékletét. Az elvégzett munka a végbemenő folyamatokat, a folyamatok diffúzió kontrollált jellegét tisztázta, a transzmissziós elektronmikroszkópia, elektromos ellenállásmérés, AES mélységi analízis módszereinek felhasználásával. Meghatároztuk a fém mennyiségének hatását a kristályosodás hőmérsékletére és a kristályosodó anyag mennyiségére a fémréteg nm-es vastagságainak tartományában. Az eredmények az elsőek voltak a nm-es rétegvastagságú rétegekben megfigyelhető szerkezeti/morfológiai méret-effektusok feltárásában [229, 250, 257, 452, 462].



6. ábra (a): Levegőn hasított NaCl kristály felületére kondenzáltatott a-Ge réteg szemcséinek fraktál szerkezete ; (b) A fraktálnövekedés elsőként kidolgozott modellje [78]

4.6 Többkomponensű polikristályos rétegek szerkezetkialakulása (morfológia, textúra), a szerkezeti tartományok modellje

A vékonyrétegekkel kapcsolatos kutatások megindulásától kezdve általános tapasztalat volt, hogy a polikristályos rétegek szerkezete és fizikai-kémiai tulajdonságai érzékenyen függenek az előállítás módszerétől, körülményitől. Ezek a hatások szembetűnően megjelentek a szerkezeti tartományok modelljeiben is (structure zone models), amelyek lényegében az egyes laboratóriumok kísérleteinek eredményeit foglalták össze. A kutatócsoport 1960-as években végzett in situ TEM kísérletei már egyértelműen megmutatták, hogy a maradékgázból a rétegbe beépülő szennyező atomok a rétegépülés különböző szakaszainak folyamatait megváltoztatva hatnak a rétegek szerkezetére s ezen keresztül a fizikai-kémiai tulajdonságokra (l. 4.4 fejezet). Ezekből az is kitűnt, hogy a többségi fázisba be nem épülő szennyező atomokat a szerkezetépülés atomi folyamatai szegregálják a felületre s ezzel ott új fázis (fázisok) képződése indulhat meg. Ez bizonyult a többkomponensű és többfázisú, úgynevezett kompozit, s a mára nagy jelentőségre szert tett nanokompozit rétegszerkezetek kialakulásában a meghatározó folyamatnak. Ezeknek a folyamatoknak, jelenségeknek a vizsgálata, s a folyamatok egységes képbe való összefogása s ebből a szerkezeti tartományok modelljének levezetése szerepelt nagy súllyal a kutatócsoport 1980-tól végzett kutatásaiban.

Ez a munka a szennyező hatásokra, többkomponensű rendszerekre vonatkozó irodalmi és a saját eredmények összefoglalásából időről-időre levont következtetésekre épült, s a vékonyrétegekutatáson belül egy saját kutatási irányt képvisel. Elsőként mutattuk meg, hogy a szerkezetkialakulás, mint önszerveződő folyamat, egymásra épülő ún. alapjelenségek, s az ezekből megszerkesztett folyamatábrák segítségével elemezhető és írható le egységesen [29, 63, 161, 288, 384, 445, 451, 543, 619, E20, E26]. Megmutattuk, hogy a magképződést, a kristálynövekedést, a szemcsehatármozgásra épülő szemcsenövekedést, mint az elemi rendszerre érvényes elsődleges, míg a növekedési felületen a kondenzálódó atomok közötti lehetséges kémiai kölcsönhatásokat, mint a többkomponensű rendszerre az előzőek mellett specifikus másodlagos alapjelenségeket kell figyelembe venni. A folyamatábrák e jelenségek lefolyását foglalják össze a szerkezetkialakulás egymás utáni szakaszaiban. Tartalmazzák az

önszerveződő folyamat lényegi sajátosságát is, nevezetesen azt, hogy a jelenségek lefolyását minden pillanatban az anyagszerkezetnek az abban a pillanatban meglévő sajátosságai, mint kezdeti feltételek határozzák meg. A folyamatábrákból vezethetők le a szerkezeti tartományok modelljei, amelyek adott anyagrendszer esetére együtt tartalmazzák a szemcseméretet, a szemcsék morfológiáját, a felületi topográfiát és a kristályok orientációs viszonyait (texturát). A következőkben a munka néhány részeredményére utalunk.

Alumínium rétegek előállításakor különböző adalékokat használva kimutatható volt, hogy az elsődleges alapjelenségekre kifejtett hatásukat tekintve kétféle adalék van: támogató, „promoter” adalékok, amelyek elősegítik, támogatják azokat, ill. gátló, „inhibitor” adalékok, amelyek gátolják azokat [445]. Az alumínium és oxigén rendszer igen jó modellanyagának bizonyult az adalékok, szennyezők hatásmechanizmusának részletes elemzésére. Kimutatható volt, hogy az oxigén kémiai kölcsönhatásának eltérő módja az Al kristályok különböző kristálylapjain s az ehhez kötődő beépülése ($\{001\}$ és $\{011\}$ lapokon) vagy szegregációja és a felület borító oxidréteg képződése ($\{111\}$ lapokon) sajátos hatást fejt ki az Al kristályok növekedésére. Ez az anizotrópia felelős a növekedési halmok, túkristályok növekedéséért ($\langle 001 \rangle$ irányba növő kristályok) [118, 144], a feltűzési pontokon megfogott növekedési lépcsőcsoportok kialakulásáért az (111) kristálylapokon, az egyensúlyi kristályalakok lecsonkulásáért [136, E8], a kristályok gömbsüveg formájú felületi morfológiájának kialakulásáért, valamint az $\{111\}$ kristálylapok u.n. lemezes növekedéséért [332, 357, 443,] (együttműködésben University of Technology, Bécs, H. Bangert, ATOMKI, Debrecen, Kövér László). Kimutattuk, hogy az oxigén anizotróp kémiai kölcsönhatásának következményeként a szemcseméret és morfológia változásával egyidejűleg módosul az Al rétegek textúrája is: oxigén szennyezés hatására az $\langle 111 \rangle$ textúra mellett megjelenik a $\langle 001 \rangle$ textúra, illetőleg az $\langle 111 \rangle$ textúra teljesen át is válthat $\langle 001 \rangle$ textúrába vagy rendezetlen irányítottságú nanokristályok képződésébe [511, E26].

Több anyagrendszeren megmutattuk, hogy a kompozit rétegszerkezetek kialakulása, beleértve a nanokompozit szerkezeteket is, a többkomponensű polikristályos rétegek eseteként tárgyalható, ha figyelembe vesszük az adott anyagrendszerre vonatkozóan a felületi kémiai kölcsönhatások sajátosságait, a fázisok magképződésének és növekedésének (többségi és kisebbségi fázisok) lehetséges helyét és folyamatait (együttműködésben Műszeripari Kutató Intézet, Lomniczy Mária, Fraunhofer Institute, Jena, N. Kaiser, Institute of Physics of Materials, Bukarest, R. Manaila, A. Dévényi, University of Petru Maior, Marosvásárhely, D. Biró, University of Electro Communications, Tokyo, M. Hashimoto) [44, 537, 543, 619, 701]. A gátló szennyezővel adalékolt rétegekre a folyamatábrákból új szerkezeti modelleket vezettünk le [445]. Ezeket az eredményeket alkalmaztuk a mágneses jeltároló rétegek nanokompozit szerkezetének (együttműködésben Advanced Institute of Technology, Akita, Japan, K. Ouchi) [654], valamint optikai rétegek szerkezetének értelmezésére (együttműködésben Fraunhofer Institute, Jena, N. Kaiser) [602].

4.7 Szilárdfázisú reakció vékonyrétegekben, új fázisok kialakulása

E jelenségek vizsgálata azért került az érdeklődés előterébe, mert a vékonyrétegek hőkezelésekor, illetőleg a több összetevő együttes kondenzációja során (többkomponensű rétegek) lehetséges kémiai kölcsönhatások kihasználásával új anyagszerkezetek s ezek rétegezett rendszere, vagy kompozitszerű szerkezetek alakíthatók ki. De ilyen folyamatokhoz kötődik az egyes anyagszerkezetek stabilizálhatósága, valamint eszközök degradációja is.

Vegyületfázisok, köztük sajátos fázisok (ikozaéderes kvázikristályos fázis Al-Mn,Fe, amorf fázis Al-Pt rendszerben) képződési kinetikájának vizsgálatára új módszereket dolgoztunk

ki, az összetevőknek a reakció hőmérsékletén történő egymásutáni párologtatását („high temperature sequential deposition-HTSD” néven került be az irodalomba) [151, 183, 224], valamint a félárnyék módszert [643]. Az első a reakció elemi folyamatainak (magképződés és a fázis növekedése, a diffúzió által meghatározott kritikus vastagság) elkülönített elemzését valamint a fázisépülés sebességének a hőmérséklettől független szabályozását tette lehetővé. A második módszerrel a folyamatoknak az összetételtől való függését lehet elemezni egy kísérlet keretében széles összetételei tartományban.

A kvázikristályos fázisok képződési folyamatainak vizsgálatába a fázis felfedezését követően, az 1980-as évek közepén, Csanády Andrásné (Fémipari Kutató Intézet) kezdeményezésére kapcsolódtunk be [224]. A kutatás csoportunkra alapozva széleskörű együttműködésben folyt (K. Urban, Forschungszentrum, Jülich, Csanády Andrásné, Fémipati Kutató Intézet, R. Manaila, A. Dévényi, Institute of Physics of Materials, Bukarest, T. Grenet, LEPES, Marseille). Kidolgoztuk a HTSD módszerrel történő fázisképződés elméleti modelljét. Ennek segítségével elsőként tártuk fel a fázisképződés magképződési, szemcsenövekedési és továbbnövekedési szakaszait, valamint a kritikus vastagságot meghatározó feltételeket s a reakció kinetikájára abból nyerhető információkat. Elsőként tudtuk meghatározni az Al diffúziós állandóját a kvázikristályos fázisban [267, 299, 362, 712, 717, E18].

Az Al-Pt rendszeren végzett HTSD kísérletek feltárták a fázisképződés sorrendjének mechanizmusát. A Marseillei Egyetemen (P. Gas, C. Bergman) közösen végzett munka során továbbfejlesztettük a reaktív diffúzió korábban kidolgozott modelljét s elsőként határoztuk meg az Al diffúziós állandóját az amorf Al_2Pt fázisban valamint az amorf-intermetallikus fázisok közötti átmenet lehetséges mechanizmusát [568, 633, 700, E27]. Az Al és Pt együttes kondenzációjával végzett félárnyék kísérletek a többkomponensű rendszerekben lehetséges fázisképződések feltételeit, lefolyását tárták fel és lehetővé tették a kompozit rétegszerkezet kialakulását összefoglaló modell kidolgozását [643].

A mikroelektronikai technológiákban drága egykristály hordozókon alakítják ki az eszközöket. Kézenfekvő lenne ehelyett az egykristály alapréteget ill. azon az egykristály eszközt is olcsó vékonyréteg eljárásokkal növeszteni pl. amorf üvegen, kerámián, vagy műanyagon. Ugyanakkor a különféle vegyület-félvezetők gyors térhódítását éljük, előállítási technológiájuk fejlesztése előtérbe került. A J. Günterrel (Universitát, Zürich) közösen végzett vizsgálataink során új módszert dolgoztunk ki sztöchiometrikus Ag_2Se [261], AgI [372], Ag_2Te [726] vegyületretek előállítására az elemek egymás utáni vákuumkondenzációjával ill. kémiai reakciójával. Meghatároztuk a szerkezetkialakulásukért felelős szilárd-gőz fázisú reakció mechanizmusát [E14]. Kimutattuk, hogy vékonyréteg eljárásokkal bizonyos vegyület-félvezető anyagok pl.: AgI , Ag_2Se , Ag_2Te létrehozhatók amorf és polikristályos hordozón is orientált ((0001) ill. (001)) formában. Az irányítottság az anyagra jellemző allotrop fázisátalakulás során alakul ki az alacsony hőmérsékletű fázis preferált irányú magképződése és a magok gyors növekedése következtében, megfelelő hűtési program esetén [578]. Megmutattuk, hogy ezeken az anyagokon fémrétegek (Ag), valamint, várhatóan, egyéb félvezetők is növeszthetők lesznek epitaxiálisan. A fenti módszerek alternatívát jelenthetnek további szuperionos vezetők ill. vegyületfélvezetők ($ZnSe$, $CdSe$, $CdTe$, stb) előállítására, elősegítik félvezető/félvezető ill. félvezető/fém heteroszerkezetek új gyártási technológiáinak bevezetését.

4.8 Multirétegek szerkezete

A Linköpingi Egyetemen (J.-E. Sundgren) közösen nm-es periódusú multirétegek növekedési folyamatait és hullámosodási jelenségeit vizsgáltuk. Egykristály Mo/V multirétegekben

megmutattuk, hogy a felületi olvadás hőmérséklete fontos szerepet játszik mint kinetikai tényező a hullámosodás kialakulásában. A hajtóerőt a rétegbe a rácsillesztetlenség miatt beépülő feszültségek szolgáltatják [258, 277, 411].

Megmutattuk, hogy az amorf Si/Ge multirétegek hullámosodásában az árnyékhatások játszanak döntő szerepet, és hogy ezek hatása a felületi mozgékonyság megnövelésével, pl. ionbombázással, kiküszöbölhető [390, 457, 458].

Amorf és polikristályos rétegek hullámosodási folyamatainak jellemzésére saját méréseink és irodalmi eredmények alapján empirikus összefüggést határoztunk meg.

4.9 Szén-nitrid kemény bevonatok

A szénitrid kemény bevonatok tematikájába egy EU4 keretprogramba tartozó projekt segítségével kapcsolódtunk be. Itt is előnyösen alkalmaztuk a mikroszkópos mintakészítés és rétegnövekedési jelenségek területén szerzett tapasztalatokat. Az elektromos ívből és később porlasztással előállított rétegekben és részecskékben újszerű amorf nanoszerkezeteket fedtünk fel, és a nitrogénbeépülés problematikáját vizsgáltuk francia (C. Colliex, Orsay), svéd (L. Hultman, Linköping) és német (A. Kolitsch, Drezda) kollégákkal közösen [716, 725, 708].

4.10 Széles tiltott sávú félvezetők (SiC és GaN)

A rendkívül stabil szerkezet, a magas olvadáspont és a széles tiltott sáv a fenti anyagokat alkalmassá teszi a magas hőmérsékletű, extrém körülmények között használható, nagyteljesítményű félvezető eszközök készítésére. Az 1990-es évek első felében a SiC növesztésének, majd kontaktusainak kutatásába kapcsolódtunk be.

Foglalkoztunk SiC rétegek növekedésével szilícium hordozón, ill. hexagonális SiC homoepitaxiális rétegeivel. Tanulmányoztuk a polytypek megjelenésének problémáját és ennek kiküszöbölését. Folyadékfázisból mikrogravitációban növesztett SiC rétegeket elemeztünk és összehasonlítottuk a laboratóriumi mintákkal (L. Hultman, Linköpingi Egyetemmel, Svédország közösen). Legfontosabb, a Thessaloniki Egyetemmel (J. Stoemenos) közös eredményünk talán a legelső egyike: Si karbonizációja (szén leválasztása magas hőmérsékleten, 660-970°C) során köbös SiC keletkezik, amely akár folyamatos réteggént is előállítható a szilícium felületén. Ugyanakkor a SiC réteg alatt a szilíciumban lefelé fordított piramis alakú üregek (void) keletkeznek és ezek felülete szolgál a szilícium forrásaként, mert a szilícium felületi diffúziója a domináns a fenti hőmérséklettartományban. A keletkezett köbös SiC epitaxiális a szilíciumon, a nagy misfit (21,9%) nagyrészt misfit diszlokációkkal oldódik fel. [368, 421, 340] A tématerület utóbbi 10 évben végbement óriási fejlődését jelzi, hogy a karbonizációval előállított köbös SiC rétegektől a technológia odáig jutott, hogy 3" átmérőjű 6H és 4H SiC félvezető szeletek kereskedelmi forgalomban kaphatók.

Az fém-félvezető kontaktusok kutatása ekkor már hagyományosnak mondható volt az MFKI-ban, mivel ezt a GaAs technológia igényelte. Természetesen a SiC eszközökhöz is szükség volt magas hőmérsékleten stabil elektromos kontaktusokra. Erre a célra TiN réteget alkalmazva sikerült kis ellenállású, egykristály, a hordozó SiC-hoz epitaxiális kontaktust kialakítani [475]. Fentieken túlmenően a TiN nem-reaktív kontaktus a SiC-on, amely 1100 °C-ig nem lép reakcióba a hordozó anyagával. A reaktív kontaktusok közül a Ni/SiC kontaktusokban végbemenő szilárdfázisú reakcióterméket Ni₂Si-ként azonosítottuk, majd ebből a fázisból alakítottunk ki kontaktust (Thomson LCR-ral közös kísérlet), melynek

elektromos paraméterei a hőkezelt Ni/SiC kontaktusával megegyezően jónak bizonyultak, viszont szerkezete sokkal nagyobb stabilitást ígér [460].

A hexagonális GaN a maga 3,4 eV-os tiltott sávjával és direkt sáv szerkezetével az optoelektronika igen intenzíven kutatott anyagává vált a 90-es évek közepére. Rokon anyagaival ötvözve belőle kék, ibolya és zöld színű világító eszközök készíthetők. Tömbi formában nem áll rendelkezésre, a GaN rétegeket heteroepitaxiával állítják elő.

A GaN rétegek növesztése mindig egy alacsonyabb hőmérsékleten növesztett buffer/nukleációs réteg leválasztásával kezdődik (Thomson LCR, Orsay). Ez általában egy vékony GaN, vagy AlN réteg, mely mindenképpen meghatározza a későbbiekben növesztett szerkezetek minőségét. Az irodalomban elterjedt az a nehezen hihető nézet, hogy ezen rétegek még amorfak és csak a vastag GaN réteg növesztési hőmérsékletére való felfűtés alatt kristályosodnak. Ugyancsak tisztázatlan volt a zafir hordozó nitridálásának (1000 °C-on ammóniában történő hőkezelése) a szerepe. Fenti problémakört M.A. di Forte-Poisson-al (Thomson LCR, Orsay) közösen tanulmányozva a következő eredményekre jutottunk: 510 °C-on MOCVD-vel növesztett GaN buffer rétegekről megállapítottuk, hogy mozaikos szerkezetű, hexagonális egykristályok már a növesztés hőmérsékletén. Megállapítottuk, hogy a zafir nitridálása a GaN növesztése előtt azért előnyös, mert AlN keletkezik a zafir (Al_2O_3) nitridálásakor. Elemeztük a vastag GaN rétegek hibaszerkezetét, az azokban található speciális hibákat (pl. inverziós doméneket). Megmutattuk, hogy elorientált zafir hordozóra való növesztés miért lehet előnyös [490, 527, 599]. Ezek a felismerések rendkívül hasznosnak bizonyultak a későbbiekben, amikor a nitrid rétegek hibásúrúságát kellett jelentősen csökkenteni.

4.11 Technológiai problémák megoldása, részvétel kutatási-fejlesztési projekteken.

A kutatócsoport folyamatosan részt vállalt fejlesztési, technológiai problémák megoldásában egyrészt közvetlen ipari szerződések keretében, másrészt hazai, vagy európai projektek résztvevőjeként. A rendelkezésre álló keretben csak a fontosabbnak ítélt eredmények rövid felsorolása lehetséges.

Az Egyesült Izzó félvezető fejlesztése részére az 1970-es évek elején lyukmentes króm maszk rétegek többlépcsős előállítási technológiáját dolgoztuk ki. A maszkok üveghordozóinak részletes elemzésével feltártuk, hogy a lyukképződést a polírozó anyagból visszamaradt, az üvegfelülethez igen erősen tapadó lap-szemcsék okozzák, amelyeket a maszk rétegbe épült feszültség szakít le a felületről. Ezeket a szemcséket egy előpárologtatott réteggel lehetett eltávolítani.

A REMIX Rádiótechnikai Vállalat elektromos alkatrészgyártása számára végzett kutatás a kerámiahordozókon előállított NiCr ellenállásrétegek öregedési és környezeti (magas páratartalom és hőmérséklet) behatásokkal szembeni stabilitásának javítására adott technológiai megoldást. Feltártuk, hogy az elektromos paraméterek megváltozása a Cr szelektív oxidációjához kötődő összetételgradiens kialakulásának eredménye [193, 210, E12], a nedves atmoszférában fellépő degradáció pedig a kerámiából kioldott összetevők elektrolitképződéséből származó korrózió következménye. Megmutattuk, hogy a felületre utolsó technológiai lépésben felvitt néhány 10 nm vastag SiO_2 réteggel mindkét folyamat megakadályozható.

Gunn-diódák előállítására technológia kidolgozása Belezny Ferencsel és Mojzes Imrével (Félvezetők Főosztálya) közösen végzett kutatás-fejlesztés keretében (OMFB szerződés). A kontaktus kialakítására kidolgozott és szabadalmaztatott gyors hőkezelési módszerrel labo-

ratóriumai sorozatokban megrendelésre készített diódák paraméterei megfeleltek a kereskedelmi forgalomban kapható legjobb minőségű eszközök paramétereinek [104].

Az Egyesült Izzó részére a wolfram fémpor és huzalgyártás egyes technológiai lépéseiben kialakuló anyagrendszerek elektronmikroszkópos morfológiai feltérképezése, fázisazonosítása, a fázis-képződés egymásra épülésének és a redukáló atmoszféra hatásának feltárása, a huzalgyártáskor kialakuló „buborékok” kémiai összetételének azonosítása történt meg [87, 97, 117].

Az utóbbi 10 év kutatási-fejlesztési-projektjeit az alábbiakban soroljuk fel:

EUREKA EU338-SOCOMAT, Development of soft coating materials for tribological applications under extreme mechanical conditions.

PECO 12283 DEMACOMINT, Novel heterostructure devices and materials assesment for communications and information technology

FMRX-CT97-0103 Synthesis, structure and properties of new carbon based hard materials.

COST 516 TRIBOLOGY

COST 532 TRIBOSCIENCE and TRIBOTECHNOLOGY

PHARE ACCORD H 9112-0373 Structural characterisation of composite materials and other advanced materials

PHARE TDQM HU-9305-02/1086 Improvement of III–V nitride properties. Use of SiC substrates as compared to sapphíre substrate

COPERNICUS CP 940603 Contacts encapsulant and packaging for high temperature silicon carbide microelectronics

G5RD-CT-2001-00578, New nanocomposite-based Wear-resistant and Self-Lubricating PVD-Coatings for Future Applications in Tools and Components

EURONIM G5RD-CT-2001-00470 European sources of nitride materials

HPRN-CT-2002-00209 Synthesis, structure and properties of new fulleren-like materials

5. Közlemények

Az egyes fejezetekben idézett közlemények hivatkozási számaként a csoport közleményeinek teljes jegyzékében szereplő sorszámot adtuk meg. Az itt közölt jegyzékben is ezek a sorszámok szerepelnek. A közlemények teljes jegyzéke MTA MFA honlapján található www.mfa.kfki.hu, (laboratories, Thin Films).

8. J.Pócz, P.Barna: Vékonyrétegek előállításának fizikai és vákuumtechnikai kérdései. Physical and vacuum-technical problems of the production of thin films. *Finommechanika* 2, (1963) pp. 205–210.
11. R.Grigorovici, N.Croitoru, A.Dévényi, L.Vescan, P.Barna: Electrical properties of evaporated Si and Ge layers. *Rev.Roum.Phys.* 10, (1965) pp. 649–656.
12. E.F.Pócz, Á.Barna, P.B.Barna: Investigation of growth mechanism of vacuum deposited indium layers by statistical methods. *Proc.Coll. on Thin Films*, 97–100 (Ed. E.Hahn, Akadémiai Kiadó, Budapest) (1965)
- 14.2 Á.Barna, P.Barna, J.Pócz, N.Croitoru, A.Dévényi, R.Grigorovici: Structural properties of vacuum-deposited Ge layers. *Proc.Coll. on Thin Films*, 49–53 (Ed. E.Hahn, Akadémiai Kiadó, Budapest) (1965)
16. E.F.Pócz, Á.Barna, P.Barna: Nucleation and growth processes in vacuum deposited Ge films *Proc. Int. Symp. Basic Problems of Thin Film. Physics*, Clausthal-Göttingen, (1966) pp.153–156.

17. Á.Barna, P.Barna, J.Pócza: A párologtatott In rétegek kialakulásának kezdeti szakasza. *Finommechanika* 5, (1966) pp.161–165
19. Á.Barna, P.B.Barna, J.F.Pócza: The investigation of the growth-process of thin films by electron microscope. *Proc.Czechoslovak Summer School on Thin Films, Ledec, 1967*, pp.71–126.
- 20.3 Á.Barna, P.B.Barna, J.F.Pócza: Process of „liquid-like behaviour” of crystallites in vacuum deposited thin films. *Growth of Crystals* 8, (1969) pp.124–130.
21. Á.Barna, P.B.Barna, J.F.Pócza: Design of a new vacuum deposition specimen holder for an electron microscope operating at 10^{-5} torr. *Vacuum*, 17, (1967), pp.219–221.
- 23.1 J.F.Pócza: Forming processes of directly observed vacuum deposited thin films. *Proc. II. Coll. on Thin Films, 93–108* (Ed. E.Hahn, Akadémiai Kiadó, Budapest) (1967)
26. J.F.Pócza, Á.Barna, P.B.Barna: On the formation of the preferred orientation of vacuum deposited indium thin films. *Proc. II. Coll. on Thin Films*, pp. 134–139 (Ed. E.Hahn, Akadémiai Kiadó, Budapest) (1967)
29. Á. Barna, P.B. Barna, J.F. Pócza: Formation processes of vacuum deposited indium thin films and thermodynamical properties of submicroscopic particles observed by „in-situ” electron microscopy. *J.Vac.Sci.Techn.* 6, pp.472–474 (1969)
32. J.F. Pócza, Á. Barna, P.B. Barna: The formation of texture in vacuum-deposited indium films. *Kristall und Technik* 5, (1970), pp.315–321.
34. Á. Barna, P.B. Barna, J.F. Pócza: Simultaneous investigations of structure and electrical properties of vacuum-deposited thin films by „in-situ” electron microscopy. *Septième Congr. International de Microscopie Électronique, Grenoble, (1970)* pp.445–446.
38. A. Dévényi, C. Rusu, M. Rusu, Á. Barna, P.B. Barna: Electrical and structural properties of sputtered Ge and GeTe_{1-x} films. *Proc. Int. Conf. on Phys. and Chem. of Semiconductor Heterojunction and Layer Structures* (Akadémiai Kiadó, Budapest) IV. (1971) pp. 105–113.
39. J.F.Pócza: Investigations of nucleation by „in-situ” technique. *Proc. Int.Conf. on Phys. and Chem. of Semiconductor Heterojunction and Layer Structures* (Akadémiai Kiadó, Budapest) III. (1971), pp.61–82.
41. Á. Barna, P.B. Barna, J.F. Pócza: Crystallization processes in a-Ge thin films. *J. Non-Crystalline Solids* 8–10, (1972), pp.36–44.
44. M.Lomniczy, Á.Barna, P.B.Barna, J.F.Pócza, I.Pozsgai: Structural and electrical changes during the heat treatment of Au-SiO_x cermet films. *Thin Solid Films* 13, (1972), pp.105–108.
53. Á.Barna, P.B.Barna, Z.Bodó, J.F.Pócza, I.Pozsgai, G.Radnóczy: Structure ordering and electrical conduction of high purity amorphous Ge films. *Proc.5th Intern.Conf. on Amorphous and Liquid Semiconductors, Garmisch-Partenkirchen, Vol.1.* pp.109–116. (1974) (Ed: J.Stucke, W.Brening, Taylor and Francais, London)
60. Á.Barna, P.B.Barna, Z.Bodó, J.F.Pócza, I.Pozsgai, G.Radnóczy: Simultaneous investigation of the crystal structure and electrical properties of crystallised Ge films by UHV „in-situ” electron microscopy. *Thin Solid Films* 23, (1974), pp.49–62.
63. J.F.Pócza, Á.Barna, P.B.Barna, I.Pozsgai, G.Radnóczy: In-situ electron microscopy of thin film growth. *Proc. Sixth International Vacuum Congress, Kyoto (1974), Japanese Journal of Applied Physics, Supplement 2, Part 1, (1974)*, pp.525–532.
74. P. Thomas, Á. Barna, P.B. Barna, G. Radnóczy: The transport properties of an inhomogeneous model of amorphous silicon and germanium films. *Physica Status Solidi (a)* 30, (1975), pp. 637–646.

78. Á. Barna, P. B. Barna, G. Radnóczy, H. Sugawara, P. Thomas: Computer simulation of the post-nucleation growth of thin amorphous Ge films. *Thin Solid Films* 48(1978), pp.163–174.
84. Á. Barna, P. B. Barna, G. Radnóczy, G. Stark, P. Thomas: Realization of the thermoelectric power measurements in the „in-situ” electron microscopy. *Amorphous Semiconductors' 76. Proc. Int. Conf. (Ed: Kósa–Somogyi) Akadémiai Kiadó, Budapest, 1976, pp. 443–447.*
87. Barna B. Péter, Antal Andrásné, Geszti Tamásné, Barna Árpád, Hegedűs I. András: Electron microscopic investigation of solid phases occurring during the reduction of WO_3 by H_2 . *MFKI Közlemények (Research Institute for Technical Physics of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary), 1976, pp. 139–156.*
92. Á. Barna, P. B. Barna, G. Radnóczy, L. Tóth, P. Thomas: A comparative study of the structure of evaporated and glow discharge silicon. *Physica Status Solidi (a)* 41, (1977), pp.81–84.
93. Á. Barna, P. B. Barna, G. Stark, P. Thomas, L. Tóth: Realization of the thermoelectric power measurements in the in situ electron microscopy of thin films. *Proc. 7th Vacuum Congress and the 3rd Int. Conf. on Solid Surfaces, V. II. pp.1635–38. (Ed: Dobrozemsky, F. Rüdener, F. P. Viehböck, A. Breth, Vienna, 1977.)*
97. Á. Barna, Gy. Stark: Analytical determination of the potassium content of single bubbles in annealed tungsten wires. *Metallurgical Transactions A*, 9A, (1978), p.595.
104. I. Mojzes, Á. Barna, P. B. Barna: Technological optimization of GaAs Gunn diodes. *Proc. MICROCOLL Budapest II. V–2/10.1–10.4 (1978)*
106. Barna Á., Barna B. P., Radnóczy Gy., Tóth L.: Growth of crystallites of thin films in the presence of foreign atoms. *Magyar Fizikai Folyóirat XXVII. 2. (1979), pp. 83–95.*
117. Á. Barna, I. Gaál., O. Geszti-Herkner, G. Radnóczy, L. Uray: The fibre structure of K-Si-Al doped tungsten wires. *High Temperatures-High Pressures* 10, (1978) pp.197–205.
118. Á. Barna, P. B. Barna, G. Radnóczy, F. M. Reicha, L. Tóth: Formation of aluminium thin films in the presence of oxygen and nickel. *Phys. Stat. Sol. (a)* 55, (1979), pp.427–435.
136. P. B. Barna, F. M. Reicha: The effect of oxygen uptake of crystallographic faces on the growth and coalescence of crystals in aluminium films. *Proc. 8th Intern. Vacuum Congress, Cannes (1980) Vol. 1., pp. 165–168.*
144. F. M. Reicha, P. B. Barna: On the mechanism of hillocks formation in vapour deposited thin films. *Acta Physica Hungarica* 49, (1980), pp. 237–251.
151. P. B. Barna, G. Barcza: Application of the „negative decoration” phenomenon of thin film growth in surface studies. *Chemica Scripta* T4 (1983), pp.197–198.
157. L. Tóth, Á. Barna, G. Sáfrán, M. Menyhárd, T. Korányi: Electron microscopic and AES studies on thin layers of NiCr. *Vacuum TAIP* 33, (1983), pp.111–115.
161. P. B. Barna: Impurity effects in the structural development of vacuum deposited thin films. *Proc. 9th Int. Vac. Congr., Madrid (1983) pp. 382–396.*
168. G. Radnóczy, P. B. Barna: The growth of Al₂Au crystallites on (111) Al films. *Thin Solid Films* 116, (1984), pp.143–149.
178. Á. Barna: A new type ion milling equipment for sample preparation *Proc. 8th European Congress on Electron Microscopy (Ed.: Á. Csanády, P. Röhlich, D. Szabó), Budapest, 1984. Vol. I. pp. 107–108.*
183. Á. Barna, P. B. Barna, G. Radnóczy, G. Sáfrán: In situ UHV study of the two-dimensional growth of Al₂Au phase on Al (111) surface. *Ultramicroscopy* 15, (1984), pp.101–107.

193. Á. Barna, G. Sáfrán, L. Tóth: In-situ electron microscopy study of structural and electrical changes in Ni-Cr thin films. *Thin Solid Films* 116, (1984), p. 229.
210. L. Tóth, A. Barna, G. Sáfrán: In-situ TEM annealing of NiCr thin films with simultaneous Hall-voltage measurements. *J. Vacuum Science and Technology A* 5 (1987), pp.1856–1859.
212. R.Manaila, A.Dévényi, P.B.Barna, G.Radnóczy, R.Grigorovici: Growth mechanism in amorphous films: A computer simulation. *J. Non Crystalline Solids* 90, (1987), pp.307–313.
213. A. Csanády, K. Urban, J. Mayer, P.B. Barna: Crystalline and quasicrystalline phases formed by interdiffusion in evaporated Al-Mn thin films. *J. Vacuum Science and Technology A* 5. p.1733. (1987)
224. Á. Csanády, P.B. Barna, J. Mayer, K. Urban: Icosahedral phase formation in vacuum deposited thin films. *Materials Sci. Forum*, Vol.22–24. (1987), pp. 617–626
227. P.B. Barna, G. Radnóczy, F.M. Reicha: Surface growth topography of grain boundaries in Al thin films. *Vacuum TAIP* 38. (1988), pp. 527–532
229. S.F.Gong, H.T.G.Hentzell, A.E.Robertson, L.Hultman, S.E.Hörnström, G.Radnóczy: Al-doped and Sb-doped polycrystalline silicon obtained by means of metal-induced crystallization. *J. Appl. Phys.* 62(9), (1987), pp. 3726–3732.
232. Á. Barna, P.B. Barna, A. Zalar: Ion beam induced roughness and its effect in AES depth profiling of multilayer NiCr thin films. *Surface and Interface Anal.* Vol.12,(1988), pp. 144–150
237. R. Manaila, A. Dévényi, P.B. Barna, G. Radnóczy: Growth processes in amorphous metallic films: a computer simulation. *Thin Solid Films* 158, (1988), pp. 299–312.
241. A.Csanády, J.R.Günter, P.B.Barna, J.Mayer: Intermetallic phase formation in Al and Fe thin film system. *Thin Solid Films* 167. (1988), pp. 203–215.
247. Á.Barna, P.B.Barna: Model considerations of ion beam thinning for preparing TEM samples. *Proc. of III. Balkan Congress on Electron Microscopy*, Athens, Greece, 1989, pp.246–249.
250. G.Radnóczy, A.Robertsson, H.T.G.Hentzell, S.F.Gong, M.A.Hasan: Al-induced crystallization of a-Si. *JAP.* 69 (1991), pp. 6394–99.
257. S.F.Gong, H.T.G.Hentzell, G.Radnóczy, A.Charai: Solid phase epitaxy and doping of Si through Sb enhanced recrystallization of polycrystalline Si. *Appl.Phys.Lett.* 53. (1988), pp. 902–904.
258. J.Birch, M.Severin, U.Wahlström, Y.Yamamoto, G.Radnóczy, R.Riklund, J.-E.Sundgren, L.R.Wallenberg: Structural characterization of precious-mean quasiperiodic Mo/V single crystal superlattices grown by dual-target magnetron sputtering *Phys.Rev.B*, Vol. 41, No.15. (1990), pp.10398–10407.
261. G. Sáfrán, P. Keusch, J.R. Günter, P.B. Barna: Development and properties of single-crystal silver selenide layers. *Thin Solid Films* 215 (1992), pp. 147–151.
267. P.B.Barna, Á.Csanády, G.Radnóczy, K.Urban, V.Timmer: Quasicrystalline phase formation in thin films. *Thin Solid Films* 193/194 (1990), pp. 1–12.
277. J. Birch, Y. Yamamoto, L. Hultman, G. Radnóczy, J.-E.Sundgren, L.R.Wallenberg: Growth and structural characterization of single-crystal (001) oriented Mo-V superlattices. *Vacuum*, 41 (1990), pp. 1231–1233.
283. L.Tóth, J.Beyer: Structure of a new orthorhombic phase in TiNi-Mn shape memory alloys- *Scripta Met. et Materials* 25 (1991), pp.0 425–430.
287. Á.Barna: Topographic kinetics and practice of low angle ion beam thinning. *MRS (Mat.Res.) Conf. Ser.* Vol. 254. (1991), pp. 3–22

288. P.B.Barna: Crystal growth and recrystallization during structure evolution of thin films. *Diagnostics and Application of thin films* (Ed. L.Eckertova, I.Ruzicka). Inst. of Physics Publishing, Bristol, (1992) pp. 295–309.
299. P.B. Barna, A. Csanády, U. Timmer, K. Urban: Nucleation, growth and structure of Al-Mn quasicrystalline thin films prepared by high-temperature vapour deposition. *J. of Mat. Res.* 7, (1992), pp. 1115–1125.
327. Á.Barna, A.Konkol, A.Sulyok, M. Menyhárd: Experimental study of low energy ion mixing. *Vacuum* 45, (1994), pp. 333–335.
332. L.Kövé, A.Némethy, P.B.Barna, M.Adamik: Surface structure of Al-Sn layered systems codeposited in presence of oxygen. *Surf. and. Interface Anal.* 22. (1994), pp.314–317.
340. J.Stoemenos, B.Pécz, K.Zekendes, P.B.Barna: Structural characterization of the β -SiC/Si interface. *Proc. ICEM-13, Vol. 2.*, pp.131–132. Paris, 1994
357. P.B.Barna, M.Adamik, G.Sáfrán, B.Pécz, A.Bergauer, H.Bangert: Peculiar lamellar structure in Al single crystals grown in oxygen doped Al and Al-Sn. *Thin films phys.stat.sol.(a)* 146. (1994), pp. 317–324
362. G.Zsigmond: The role of reactive diffusion in the growth kinetics of the icosahedral quasicrystalline Al₄Mn phase: case of sequentially deposited thin films. *Thin Solid Films* 271 (1995), pp. 26–34
366. M.Menyhárd, Á.Barna, J.P.Biersack: Study of ion mixing during Auger electron spectroscopy depth profiling of Ge-Si multilayer system. *J. Vac. Sci. Technol. A* 12(4) (1994), pp. 2368–2372
368. B.Pécz, K.Zekendes, M.Drakaki, P.B.Barna, J.Stoemenos: Epitaxially grown b-SiC on Si, interface structural characterization. *J. of the Mechanical Behaviour of Materials*, 6 (1994), pp. 59–68.
371. Á.Barna, M.Menyhárd: Auger depth profile analysis of deeply buried interfaces. *Phys. stat. sol. (a)* 145 (1994), pp.263–274.
372. G.Sáfrán, O.Geszi, G.Radnóczy, P.B.Barna, K.Tóth: TEM study of the structure and morphology of AgI crystals formed on Ag(100), (110) and (111) thin films. *Thin Solid Films*, 259 (1995), pp. 96–104
384. P.B.Barna, M.Adamik: Growth mechanisms of polycrystalline thin films: *Science and Technology of Thin Films*, eds.: F.C.Matacotta and G.Ottaviani, World Scientific Publishing Co., (1995), pp. 1–28.
386. A.Bergauer, H.Bangert, Ch.Eisenmenger-Sittner, P.B.Barna: Whisker growth on sputtered AlSn (20 wt% Sn). *Thin Solid Films* 258 (1995), pp. 115–122
389. G.Sáfrán, O.Geszi, P.B.Barna: Low temperature epitaxy of Au, Ag, Cu and Al on (100), (110) and (111) NaCl. *Phys. stat. sol. (a)*, 150, (1995), pp. 489–495
390. K.Järrendahl, J.Birch, L.Hultman, L.R.Wallenberg, G.Radnóczy, H.Arwin, J.E.Sundgren: Growth of Ge/Si amorphous superlattices by dual-target DC magnetron sputtering. *Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 258.* (1992), pp. 571–575
391. R.Manaila, D.Bíró, P.B.Barna, M.Adamik, F.Zavalicke, S.Craciun, A.Dévényi: Ti Nitride phases in thin films deposited by DC magnetron sputtering *Appl. Surface Science*, 91 (1995) 295–302
403. L.Kövé, P.B.Barna, R.Sanjinés, Zs.Kovács, G.Margaritondo, M.Adamik, Zs.Radi: Chemical state analysis of surface and interface segregates in coevaporated Al-Sn-O systems. *Thin Solid Films* 281–282 (1996), pp. 90–93
404. M.Hashimoto, H.Qiu, T.Ohbuchi, M.Adamik, H.Nakai, A.Barna, P.B.Barna: Characterization of Cobalt Films Grown on MgO(001) by Biased DC Sputter Deposition. *J. of Crystal Growth* 166 (1996), pp. 792–797.

406. M.Menyhárd, Á.Barna, J.D.Biersack, K.Järrendahl, J-E. Sundgren: Study of ion mixing during AUGER depth profiling of Ge-Si multilayer system, II. Low ion energy (0.2–2keV) range *J.Vac.Sci.Technol. A* 13 (1995), pp.1999–2004
407. B.Pécz, N.Frangis, S.Logothetidis, L.Alexandrou, P.B.Barna, J.Stoemenos: Electron microscopy characterization of TiN films on Si, grown by d.c. reactive magnetron sputtering. *Thin Solid Films*, 268 (1995), pp. 57–63
410. Á. Barna, G. Radnóczy, B. Pécz: Preparation techniques for transmission electron microscopy in *Handbook of Microscopy* (eds. S. Amelinckx, D. van Dyck, J. van Landuyt, G. van Tendelo) VCH Verlag, Vol. 3, Chapter II/3, (1997), pp. 751–801
411. J. Birch, L. Hultman, G. Radnóczy, J.-E. Sundgren: Strain induced growth mode transition of V in epitaxial Mo/V (001) superlattices *Physical Review B* 53 (1996), pp.8114–8123,
421. K.Zekendes, V.Papaioannou, B.Pécz, J.Stoemenos: Early stages of b-SiC on Si by MBE. *J. of Crystal Growth* 157, (1995), pp.392–399
422. Zs.Radi, P.B.Barna, J.Lábár: Kirkendall voids and the formation of amorphous phase in the Al-Pt thin film system prepared by high temperature successive deposition. *J. Appl. Phys.* 79(8) (1996), pp. 4096–4100
433. Á.Barna, M.Menyhárd: Study of low-energy atomic mixing by means of Auger depth profiling, XTEM and TRIM simulation on Ge/Si multilayer system. *Surface and Interface Analysis* 24 (1996), pp. 476–480
437. G.Sáfrán, O.Geszti, G.Radnóczy: Formation of oriented Ag₂Se phase by reaction of polycrystalline Ag films and Se. *Proc. of EUREM-11 Dublin*, (Ed.: CESM) (1998), Vol.2., pp.139–140.
438. I.Kovács, G.Radnóczy: In-situ TEM observation of Al induced crystallization of amorphous Ge. *Proc. of EUREM-11 Dublin*, (Ed.: CESM) (1998), Vol.2., pp.147–148.
443. P.Schattschneider, H.Bangert, P.Pongratz, A.Bergauer, P.B.Barna, F.Hofer: Structure and chemical composition of lamella in sputtered AlSn₂₀ films. *Materials Science Forum* 217–222 (1996), pp. 1667–1672
444. U.Kaiser, M.Adamik, G.Sáfrán, P.B.Barna, S.Laux, W.Richter: Growth structure investigation of MgF₂ and NdF₃ films grown by molecular beam deposition on CaF₂(111) substrates. *Thin Solid Films*, 280 (1996), pp. 5–15
445. P.B.Barna, M.Adamik: Formation and characterisation of the structure of surface coatings *Protective Coatings and Thin Films: Synthesis, Characterisation and Applications*, NATO ASI Series, 3. High Technology, Vol.21, (1997) (Eds.: Y.Pauleau and P.B.Barna, Kluwer Academic Publishers, Netherlands) pp.279–297.(Proc. NATO HTECH.ARW 950730, 1996, Portimao, Algarve, Portugal)
451. P.B.Barna, M.Adamik: Fundamental structure forming phenomena of polycrystalline films and the structure zone models *Thin Solid Films* 317 (1–2) (1998) pp. 27–33
452. I.Kovács, P.Harmat, A.Sulyok, G.Radnóczy: Investigation of kinetics of crystallization in Al/a-Ge bilayer by electrical conductivity measurement, *Thin Solid Films* (317)1–2 (1998) pp.34–38
457. Zs.Czigány, G.Radnóczy, K.Järrendahl, J.-E.Sundgren: Annealing induced interdiffusion and crystallisation in sputtered amorphous Si/Ge multilayers, *Journal of Material Research* 12 (1997), pp. 2255–2261
458. K.Jarrendahl, G.Radnóczy, Zs.Czigány, I.Ivanov, J.-E.Sundgren, J.Greene: Microstructure evaluation in amorphous Ge/Si multilayers grown by magnetron sputter deposition. *J. Materials Research* 12 (1997), pp. 1806–1815
462. I.Kovács, O.Geszti, P.Harmat, G.Radnóczy: Aluminium induced crystallization of amorphous Germanium *Phys. Stat. Sol. (a)*, 161. (1997), pp. 153–165.

475. L. Hultman, H. Ljungcratz, C. Hallin, E. Janzén, J.-E. Sundgren, B. Pécz and L.R. Wallenberg: Growth and Electronic Properties of Epitaxial TiN Thin Films on 3C-SiC(001) and 6H-SiC(0001) Substrates by Reactive Magnetron Sputtering J. Mat. Sci., 11, (1996), pp. 2458–2462
490. B.Pécz, M.A.di Forte Poisson, L.Tóth, G.Radnóczy: TEM characterisation of GaN grown on sapphire (Proc. of Microscopy of Semiconducting Materials, Oxford. 1997) Inst. Phys. Conf. Ser. 157, (1997), pp. 227–230
492. Á.Barna, L.Tóth, B.Pécz, G.Radnóczy: Ion energy effect on surface amorphisation of semiconducting crystals. Proc. Microscopy of Semiconducting Materials, Oxford (1997) Inst. Phys. Conf. Ser. 157, (1997), pp. 479–482.
509. M.Adamik, I.Tomov, U.Kaiser, S.Laux, C.Schmidt, W.Richter, G.Sáfrán and P.B.Barna: Structure evolution of stratified NdF₃ optical thin films, Proc. SPIE, 3133, (1997), pp. 123–131.
511. P.B.Barna, M.Adamik, U.Kaiser, S.Laux, H.Bangert, M.Pulliainen and K.A.Pischow: Structure Related Optical and Mechanical Properties of Oxygen Doped Al Films, Surf.Coat.Technol., 100–101, (1998), pp. 72–75.
518. A.Barna, B.Pécz, M.Menyhárd: Amorphisation and morphology development at low energy ion milling. Ultramicroscopy 70 (1998), pp. 161–171
527. B.Pécz, L.Tóth, G.Radnóczy, G.Huhn, M.A. diForte-Poisson, V.Papaioannou, J.Stoemenos: Transmission electron microscopy characterisation of metalorganic chemical vapour deposition grown GaN layers. Mat. Sci. Eng. B, 50 (1997), pp. 93–96
537. P.B.Barna, M.Adamik, U.Kaiser, H.Hobert: Preparation of Polycrystalline and Microcrystalline Germanium Composite Films by Codeposition of Active Additives, J. Noncryst. Solids, 227–230 (1998), pp.1063–1068.
543. P.B.Barna, M.Adamik, J.L.Lábár: Formation mechanism of nanocrystalline composite structures in codeposited thin films Advanced Materials-4, Proc. Special Symposium on Advanced Materials, „High Tech Materials – 1998 – Spring” (Ed.: T.Imura, H.Fujita, T.Ichinokawa, H.Kawazoe), Nagoya, Japan, 1998, pp. 232–235.
547. T.Ohbuchi, M.Ishino, K.Makihara, H.Qiu, M.Hashimoto, Á.Barna, P.B.Barna: Structural and electrical properties of Ni-Co films dc-biased plasma-sputter-deposited on MgO(001). Thin Solid Films 312 (1998), pp. 32–36.
568. Zs.Radi, J.L.Lábár, P.B.Barna: Diffusion coefficient of Al in metastable, amorphous Al-Pt phase. Applied Physics Letters, 73 (1998), pp. 3220–3222
571. J.P.Yang, K.Makihara, H.Nakai, J.Shi, M.Hashimoto, Á.Barna, P.B.Barna: Phase change during the initial of Ni₃₀Fe₇₀(Invar) films on MgO(001) by DC-biased plasma-sputter-deposition. Materials Science Forum 287–288 (1998), pp. 347–350.
574. J.Stoemenos, B.Pécz and V.Heera: Epitaxial Aluminium Carbide formation in 6H-SiC by high dose Al+ implantation Appl. Phys. Lett. 74 (1999), pp. 2602–2604
599. B.Pécz, M.A. di Forte-Poisson, F.Huet, G.Radnóczy. L.Tóth, V.Papaioannou, J.Stoemenos: Growth of GaN layers onto misoriented (0001) sapphire by metalorganic chemical vapor deposition J.Applied Physics 86 (1999), pp. 6059–67
602. M.Adamik, G.Sáfrán, P.B.Barna, I.Tomov, U.Kaiser, S.Laux, J.Jinschek, W.Richter: Structure evolution of NdF₃ optical thin films phys.stat.sol.(a) 175 (1999), pp.637–649.
603. J.Yang, Á.Barna, K.Makihara, M.Hashimoto, P.B.Barna: Growth structure and properties of Fe rich Fe-Ni alloy films deposited on MgO(001) by d.c.-biased plasma sputtering. Thin Solid Films 347 (1999), pp. 85–90.
619. P.B.Barna, M.Adamik, J.L.Lábár, L.Kövér, J.Tóth, A.Dévényi, R.Manaila: Formation of polycrystalline and Microcystalline Composite Thin Films by

- Codeposition and Surface Chemical Reaction, Surf.Coat.Technol., 125 (2000), pp.147–150.
626. R.Popescu, D.Macovei, A.Dévényi, R.Manaila, P.B.Barna, A.Kovács, J.Lábár: Metal-clusters in metal/C60 thin film nanosystems European Physical Journal B, 13 (2000), pp. 737–743.
633. J.L.Lábár, Zs.Radi, P.B.Barna: Composition of a solid phase growing under nonequilibrium conditions J.Appl.Phys. 87 (2000), pp. 7579–7582.
641. Á.Barna: Recent trends and physical background in the development and application of ion beam techniques for TEM sample preparation. Proc. EUREM 12. Brno, 2000, vol.II. pp. 553–556.
643. A.Kovács, P.B.Barna, J.L.Lábár: The sequence of phase formation in Al-Pt thin films by continuously varying composition. Proc. EUREM 12. Brno, 2000, vol.II. pp.77–78.
646. J.L.Lábár: „ProcessDiffraction”: A computer program to process electron diffraction patterns from polycrystalline or amorphous samples Proc. EUREM 12. Brno, 2000, vol.III. pp. 379–380.
654. G.Radnóczy, P.B.Barna, M.Adamik, Zs.Czigány, J.Ariake, N.Honda, K.Ouchi: Growth structure of thin films for perpendicular magnetic recording media Cryst.Res.Technol. 35 (2000), pp. 707–711.
678. I.Shi, D.Ishii, M.Hashimoto, Á.Barna, P.B.Barna, Y.Haga, O.Nittino: Growth behavior and microstructure of Co-Ge films prepared on GaAs substrate by High-temperature sequential deposition. J.Crystal Growth 222 (2001), pp. 235–242.
681. G.Sáfrán J.Ariake, N.Honda, K.Ouchi, Z.Czigány, P.B.Barna, M.Menyhárd, G.Radnóczy: XTEM and AES study of the microstructure for high density CoCrNbPt double layered perpendicular magnetic recording media. J. Magnetism and Magnetic Materials (JMMM) 235/1–3, (2001), pp. 115–119
684. P.B.Barna, C.Bergman, P.Gas, J.L.Lábár, A.Kovács: On the formation of amorphous Al₂Pt phase in heat-treated multilayers and high temperature sequential deposition Solid State Ionics 141–142 (2001), pp. 57–62
689. C.Eisenmenger-Sittner, H.Bangert, H.Stori, J.Brenner, P.B.Barna: Stranski-Krastanov growth of Sn on polycrystalline Al film surface initiated by the wetting of Al by Sn. Surface Science 489 (2001), pp. 161–168.
692. P.Gas, J.Lábár, G.Clugnet, A.Kovács, C.Bergman, P.Barna: Initial formation and growth of an amorphous phase in Al-Pt thin films and multilayers: Role of diffusion J. of Applied Physics 90 (2001), pp. 3899–3904.
700. P.Gas, C.Bergman, G.Clugnet, P.Barna, A.Kovács, J.Lábár: Reactive diffusion in Al/Pt films and the determination of the diffusion coefficients of Al in amorphous Al₂Pt Diffusions in Materials: DIMAT2000, Pts 1 & 2, Defect and Diffusion Forum 194–1 (2001), pp. 807–814
701. R.Manaila, A.Dévényi, D.Bíró, L.Dávid, P.B.Barna, A.Kovács: Multilayer TiAlN coatings with composition gradient Surface and Coatings Technology 151–152 (2002), pp. 21–25.
704. J.L.Lábár, A.Kovács, P.B.Barna, P.Gas: Formation of metastable phases during heat treatment of multilayers in the Al-Pt system. J.Appl.Phys. 90 (12), (2001), pp.6545–6547.
708. G.Radnóczy, I.Kovács, O.Geszti, L.P.Bíró, G.Sáfrán: Structure of amorphous carbon-nitride thin films. Surface and Coatings Technology 151 (2002), pp. 133–137
710. J.L.Lábár: A tool to help phase identification from electron diffraction powder patterns. Microscopy and Analysis, januar 2002, pp. 21–23.

712. T.Grenet, F.Giroud, K.Loubet, A.Bergman, G.Sáfrán, J.Lábár, P.Barna, J.L.Joulaud, M.Capitan: Fabrication and transport properties of thin films of quasicrystals. *Journal of Alloys and Compounds*, 342 (2002), pp. 2–6.
716. G.Sáfrán, A.Kolitsch, S.Malhuitre, S.Trasobares, I.Kovács, O.Geszti, M.Menyhárd, C.Coliex, G.Radnóczy: Modulated CN_x films prepared by IBAD Diamond & Related Materials 11(8), (2002), pp. 1552–1559.
717. R.Manaila, G.Alexe, P.B.Barna, C.Giusca, A.Devenyi: Energetics of nucleation for the icosahedral Al-Mn phase in HTSD-deposited thin films. *Structural Chemistry* 13(3–4) (2002), pp. 365–371.
725. G.Radnóczy, Gy.J.Kovács, B.Pécz, O.Geszti, G.Sáfrán: Fulleren-like structures in CN_x particles JVC-9, 9th Joint Vacuum Conf., Seggau, 2002.jun.16–20. Vacuum in press

6. A kutatócsoportban készült diplomamunkák, kandidátusi és PhD, valamint MTA doktori értekezések, habilitációk.

- E1. K. Tompa: Párolgatott In vékonyrétegek kitüntetett orientációjának elektrondiffrakciós vizsgálata, 1957
- E2. Barna B. Péter: Párolgatott vékonyrétegek kialakulásának elektronmikroszkóppal követhető folyamatai, Kandidátusi értekezés, 1967
- E3. M.M.Salem Khidr: Electronmicroscopic studies on oriented overgrowth of vacuum-deposited thin films. Kandidátusi értekezés, 1970
- E4. Csordás-Tóth Anna: A szelén kristályosodásának és néhány elektromos tulajdonságának vizsgálata. (JATE, Szeged). Szakdolgozat, 1971
- E5. Király Szabolcs: Tantál vékonyrétegek fizikai tulajdonságainak vizsgálata, Szakdolgozat, 1979
- E6. Barna Árpád: Ultranagyvákuumú kísérleti berendezés vékonyrétegek szerkezeti és elektromos jellemzőinek szimultán mérésére az „in situ”, transzmissziós elektronmikroszkópiában. Kandidátusi értekezés, 1980
- E7. Pozsgai Imre: Vékonyrétegek kvantitatív mikroanalízise hullámhosszdiszperzív röntgen-spektrométerrel ellátott transzmissziós elektronmikroszkóppal. Kandidátusi értekezés, 1980
- E8. Fikry Mohamed Reicha: Correlations between surface morphological features of Al-films and presence of impurities. Kandidátusi értekezés, 1981
- E9. Radnóczy György: Wolfram huzalok szemcse- és szemcsehatárszerkezetének alakulása deformáció és hőkezelés hatására. Kandidátusi értekezés, 1982
- E10. Lábár János: Etalon nélküli kvantitatív elektronsugaras röntgen mikroanalízis. Egyetemi doktori értekezés, 1985
- E11. Mohamed Abdel Rahman el Hiti: The role of nucleation and coalescence in the oriented growth of Au on NaCl (100) surfaces. Kandidátusi értekezés, 1986
- E12. Tóth Lajos: NiCr vékonyrétegek szerkezete és elektromos tulajdonságai. Kandidátusi értekezés, 1989
- E13. Lábár János: Az összetett elektronhéjak szerepe a röntgen mikroanalízisben. Kandidátusi értekezés, 1990
- E14. Sáfrán György: Ezüst és ezüst-szelenid vékonyrétegek kialakulása és tulajdonságai. Kandidátusi értekezés, 1992
- E15. Pécz Béla: Au/AlIIBV kontaktusok szerkezete (Szilárdfázisú reakciók az Au/GaAs, Au/Pd/GaAs, Au/GaP és Au/InP rendszerekben). Kandidátusi értekezés, 1992

- E16. Gombos Attila: Nagyfelbontású transzmissziós elektronmikroszkópos képek számítógépes szimulációja (KLTE, Debrecen). Szakdolgozat, 1993
- E17. Radnóczy György, KLTE, Debrecen, Dr. habil., 1995
- E18. Zsigmond Géza: Al-Mn kvázikristályos fázis szerkezetátalakulásának modellje vékonyrétegekben. Szakdolgozat, 1996
- E19. Barna Árpád: Ionsugaras mintamegmunkáló berendezések és eszközök: ionsugaras mintavékonyítási módszer transzmissziós elektronmikroszkópos minták készítésére. MTA doktora, 1999
- E20. Barna B.Péter: Vékonyrétegek szemcsenövekedéshez kötődő szerkezet-kialakulásának egységes tárgyalása különös tekintettel a szennyezők hatására. MTA doktora, 1999
- E21. Radnóczy György: A transzmissziós elektronmikroszkópia alkalmazása anyagtudományi problémák megoldására. MTA doktora, 1999
- E22. Czigány Zsolt: Amorf és polikristályos multirétegek szerkezete és morfológiai tulajdonságai, PhD, 1999.
- E23. Dobos László: Fém-vegyület-félvezető szerkezetek fraktáltulajdonságai, PhD, 1999
- E24. Makkai Zsolt: Széles tiltott sávú félvezető anyagok növekedési mechanizmusai. Diplomamunka, 1999
- E25. Lábár János, KLTE, Debrecen, Dr. habil., 2000
- E26. Adamik Miklós: Texture evolution in polycrystalline films. PhD, 2000
- E27. Radi Zsolt: Metastabil, amorf Al-Pt fázis képződése és épülése nem-egyensúlyi rendszerekben. PhD, 2001
- E28. Radnóczy György Zoltán: Széles tiltott sávú félvezető anyagok elektronmikroszkópos vizsgálata, Diplomamunka, 2001

7. Meghívott, összefoglaló előadások jegyzéke

- E.F.Pócza, Á.Barna, P.B.Barna: Investigation of growth mechanism of vacuum deposited indium layers by statistical methods, Coll. on Thin Films, Budapest (1965)
- Á.Barna, P.B.Barna, J.F.Pócza: Process of „liquid-like behaviour” of crystallites in vacuum deposited thin films, VII.Int.Congr. on Crystal Growth, Moscow, 1966.
- Á.Barna, P.B.Barna, J.F.Pócza: The investigation of the growth-process of thin films by electron microscope, Czechoslovak Summer School on Thin Films, Ledec, 1967
- J.F.Pócza, Á.Barna, P.B.Barna: Problems of electron microscopic investigations in UHV Seminar on UHV Sci.Techn. and Appl., Esztergom, 1967.
- J.F.Pócza: Forming processes of directly observed vacuum deposited thin films, II. Coll. on Thin Films, Budapest (1967)
- J.F.Pócza: Investigations of nucleation by „in-situ” technique, Int.Conf. on Phys. and Chem. of Semiconductor Heterojunction and Layer Structures, Budapest (1971)
- Á. Barna, P.B. Barna, J.F. Pócza: Growth of crystallites in amorphous Ge thin films, V. Vacuum Congr. Portoroz 1971.
- Á.Barna, P.B.Barna, J.F.Pócza, I.Pozsgai, G.Radnóczy: Simultaneous investigation on the crystal structure and electrical properties of annealed a-Ge films by UHV „in-situ” electron microscopy, Int.Conf. on Thin Films, Application of Films, Venice, 1972
- Á.Barna, P.B.Barna, J.F.Pócza, I.Pozsgai, G.Radnóczy: Electron microscopic study of the ordering and crystallization processes in amorphous materials, 9th All-Soviet Conf. on Electron Microscopy, Tbiliszi, (1973)

- A. Banovec, Á. Barna, P.B. Barna, I. Pozsgai: Mass spectrometric analysis of Ge vapour and of gases trapped in Ge films, 6. Vakuumski Kongres, Postojna, Jugoslavija, (1973)
- J.F.Póczy, P.B.Barna: Forming processes: nucleation and growth of thin films, 1st National Symposium „Physics of Thin Films”, Szczyrk, 1973.
- J.F.Póczy, Á.Barna, P.B.Barna, I.Pozsgai, G.Radnóczy: In-situ electron microscopy of thin film growth, Sixth International Vacuum Congress, Kyoto (1974)
- P.B.Barna: On the structure of amorphous semiconducting thin films, Conf.on Amorphous Semiconductors'74, Reinhardsbrunn (1974)
- Á.Barna, P.B.Barna, J.F.Póczy, I.Pozsgai, G.Radnóczy: Simultaneous investigation of the crystal structure and electrical properties of annealed a-Ge films by UHV „in-situ” electron microscopy, Symp. on Processes of Synthesis and Growing of Crystals and Films of Semiconductor Materials, Novosibirsk (1975)
- J.F.Póczy, Á.Barna, P.B.Barna: Some remarks on the growth phenomena of thin films, 3rd Int.Conf. on Thin Films, Basic Problems, Applications and Trends, Budapest
- P.B.Barna, J.F.Póczy, Á.Barna: Growth conditions influencing the structure of thin films, 2nd National Symposium „Physics of Thin Films”, Szczyrk, 1975.
- P.B.Barna: Einige Bemerkungen über die Strukturerscheinungen in dünnen Metallschichten, XX.Int.Wissenschaftliches Kolloquium, Ilmenau, 1975
- Á.Barna, P.B.Barna, G.Radnóczy, H.Sugawara, P.Thomas: Some remarks on the structure and formation of thin amorphous films, Conference on Structure and Excitations of Amorphous Solids, New York, 1976.
- Á. Barna, I. Nagy, G. Radnóczy, P. Thomas, L. Tóth: Investigation of the structure of amorphous thin films prepared by different methods, Amorphous Semiconductors' 76, Balatonfüred 1976.
- Á. Barna, P.B. Barna, G. Radnóczy: On the role of grains in the formation of thin films, 6th Czechoslovak Conf. on Electronics and Vacuum Physics, Bratislava (1976)
- A.Barna, P.B.Barna, G.Radnóczy, H.Sugawara, P.Thomas:Computer simulation of the post-nucleation growth of thin amorphous germanium films, IXth Int. Conf. on Amorphous and Liquid Semiconductors, Edinborough, (1977)
- Á.Barna, P.B.Barna, G.Radnóczy, F.M.Reicha, L.Tóth: Formation of aluminium thin films in the presence of oxygen and nickel, 4th International Thin Film Conference, Loughborough, (1978)
- P.B. Barna: Crystal growth in the first stages of thin film formation, 4th Int. Specialists School on Crystal Growth, Suzdal, USSR (1980)
- F.M. Reicha, P.B. Barna: Growth hillocks and whiskers in as deposited Al films, Int. Summer School of Thin Films, Fonyód, Hungary, (1980)
- P.B. Barna: Bildungsmechanismen und Struktur Amorpher Dünner Schichten, 2. Tagung für Festkörperphysik, Rostock, 1980
- P.B. Barna: Impurity effects in the structural development of vacuum deposited thin films, 9th Int. Vac. Congr., Madrid (1983)
- P.B. Barna: Adsorption phenomena in thin film growth, 6th Int. Conf. on Thin Films, Stockholm, 1984.
- G. Radnóczy: Grain boundary processes in thin films, 8th European Congress on Electron Microscopy, Budapest 1984.
- Á. Barna: A new type ion milling equipment for sample preparation, 8th European Congress on Electron Microscopy Budapest, 1984.

- P.B. Barna, Á. Barna, G. Radnóczy: Preparation of well characterized structures in thin films, 6th Int. Symp. High-Purity Materials in Science and Technology, Dresden 1985.
- P.B. Barna: Film nucleation and growth; studies in polycrystalline films by UHV in-situ transmission electron microscopy, Int. Conf. on Metallurgical Coatings (AVS), Los Angeles, 1985
- P.B. Barna, Z. Bodó, G. Gergely, J. Ádám: Spectral ellipsometric TEM and electron spectroscopic investigations on oxidized Al thin films, 7th Czechoslovak Conf. on Electronics and Vacuum Physics, Bratislava, 1985
- Á. Barna: Results in the high speed, low angle ion-beam thinning of bulk samples for TEM, Hungarian-Austrian Joint Conf. on Electron Microscopy, Balatonaliga, 1985
- P.B. Barna, Á. Barna, G. Radnóczy: Some Aspects of Tyloring Thin Films, 10th Jugoslovenski Vakuumski Kongr. Beograd (1986)
- P.B. Barna: Morphological development of films: Processes related to the impurity incorporation, 7th Int. Conf. on Thin Films, New Delhi, 1987
- Á. Barna: Ion-beam thinning – effect of incidence angle, 24th Spring School – Recent techniques of preparing electron microscopic specimens in materials research, Halle, 1987
- J.L. Lábár: Effect of Coster-Kronig Transitions on X-Ray Microanalysis, Annual Meeting of the Microbeam Analysis Society of America, 1988, Milwaukee, USA,
- J.L. Lábár, C. Salter: Uncertainties in the Analysis of M X-Ray Lines of the Rare-Earth Elements, Workshop on Microbeam Analysis, National Bureau of Standards, 1988, Gaithersburg, USA,
- Á. Barna, P.B. Barna: Model considerations of ion beam thinning for preparing TEM samples, III. Balkan Congress on Electron Microscopy, Athens, 1989
- P.B. Barna, L. Malicskó: Orientation relationship of decorating particles on alkali halides, 28th Spring School – Electron Microscopy of Small Particles, Halle, 1987
- P.B. Barna: Quasicrystalline thin films, 17th Int. Conf. on Metallurgical Coatings (ICMC-17) and 8th Int. Conf. on Thin Films (ICTF-8), San Diego, 1990
- P.B. Barna, Á. Csanády, G. Radnóczy, K. Urban, V. Timmer: Quasicrystalline phase formation in thin films, International Thin Film Conference, San Diego, 1990,
- P.B. Barna, Á. Csanády, K. Urban, V. Timmer, A. Sulyok: Development of a homogeneous quasicrystalline layer during high temperature vapour deposition, 6. Tagung für Festkörperanalytic, Chemnitz, 1990,
- P.B. Barna: Einfluß von Additiven auf die Bildungsmorphologie und Struktur dünner Schichten, 10. Tagung „Hochvakuum, Grenzflächen/Dünne Schichten“, Dresden, 1990,
- J.L. Lábár: Microanalysis of Stratified Samples, International School on Scanning Electron Microscopy: State and Prospects, 1990, Int. Centre of the Academies of Sciences of COMECON Countries of Further Education of Scientific Staff, Halle, GDR,
- J.L. Lábár: Role of Non-Radiative Transitions in X-Ray Analysis, XIIth International Congress for Electron Microscopy, 1990, Seattle, USA,
- J.L. Lábár: Electron Probe X-Ray Microanalysis of Stratified Samples, Autumn School on Physical Interactions in Scanning Electron Microscopy and Microanalysis, 1990, Stara Lesna, Csehszlovákia,

- J.L. Lábár: Effect of Non-Radiative Transitions on X-Ray Analytical Techniques, Autumn School on Physical Interactions in Scanning Electron Microscopy and Microanalysis, 1990, Stara Lesna, Csehszlovákia,
- A. Csanády, P.B. Barna, K. Urban, U. Timmer: Formation and stability of AlMn QC thin films prepared by HTSD, International Conference on Polytypes, Modulated Structures and Quasicrystals, Balatonszéplak, Hungary, 1991
- J.L. Lábár: Trends in Electron Probe X-Ray Microanalysis, 3rd Hungarian-Austrian Joint Conference on Electron Microscopy, 1991, Balatonalmádi,
- G.Radnóczy: Effects of oblique deposition on structure formation, IUVESTA Workshop on Thin Films, Balatonaliga, 1992
- P.B.Barna: Coalescence and preferred orientation in polycrystalline thin films, IUVESTA Workshop on Thin Films, Balatonaliga, 1992
- Á.Barna: Ion milling in general and special techniques developed by Barna, Workshop on Sample preparation, 1992, Delft
- J.L. Lábár, C.E. Fiori, R.L. Myklebust: Significance and Measurement of Relative X-Ray Line Intensities, Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, 1992, Regensburg, Germany,
- P.B.Barna: Crystal growth and recrystallization during structure evolution of thin films, International Summer School on Diagnostics and Application of Thin Films, Chlum u Trebone, Czechoslovakia, 1992,
- J.L. Lábár: Standardless Quantitative Analysis by Means of X-Ray Spectrometry, 11th Pfefferkorn Conference, 1992, Amherst, USA,
- Á.Csanády, P.B.Barna: Thin film aluminium-metal interactions, Multinational Congress on Electron Microscopy, Parma, Italy 1993
- Á.Barna: Möglichkeiten und Grenzen der Kleinwinkelätzung, Dreiländertagung Elektronen Mikroskopie, Zürich, 1993
- J.L. Lábár, G. Remond and R.L. Myklebust: Accurate Separation of X-Ray Lines and Measurement of their Relative Intensities with Wavelength Dispersive Spectrometers, Annual Meeting of the Microbeam Analysis Society of America, 1993, Los Angeles, USA,
- J.L. Lábár, Gy. Radnóczy: Detectability of Tracer Layers by EDS in the AEM and in the SEM, Multinational Congress on Electron Microscopy, 1993, Parma, Italy,
- P. B. Barna: Formation of preferred orientation in polycrystalline thin films, 40th National Symposium of the American Vacuum Society, Orlando, 1993
- P.B.Barna: Quasicrystalline phase formation in thin films, 13th General Conference of the CMO-EPS, Regensburg, 1993
- P.B.Barna: Controlling the crystal growth in thin films by codeposition of additives and elementary processes of solid phase reactions developing the quasicrystalline structure, 7th Czecho-Slovak Conference on Thin Films, Liptovszky Mikulás, Slovakia, 14-18, June 1993
- Á.Barna: Ion beam applications in thin film characterization I-II-III-IV, Int. Workshop on Science and Technology of Thin Films, Abdus Salam International Center of Theoretical Physics, Trieszt, 1994
- P.B.Barna: Polycrystal film formation I-II-III, Int. Workshop on Science and Technology of Thin Films, Abdus Salam International Center of Theoretical Physics, Trieszt, 1994

- P.B.Barna: Structure evolution of polycrystalline thin films, Int. Workshop on Advanced Technologies of Multicomponent Solid Films and Structures, Uzhgorod-Dubrinichi, Ukraine, 1994
- P.B.Barna: The structure zone model of polycrystalline thin films, 45th Symp. on Metallurgy and Metallic Materials, 2nd Symp. of Materials, 14th Slovenian Vacuum Symp., Portoroz, 1994
- Á.Barna: Surface morphology development during ion etching, 1st Northern Workshop on TEM sample Preparation of Thin Films, Linköping, 1994
- Á.Barna, M.Menyhárd: High resolution Auger depth profile analysis of deeply buried interfaces, Conferences of the joint TATF' 94 and HVTIF '94 Dresden, BRD, 1994.
- Lábár János: Electron Probe X-Ray Microanalysis of Light Elements, 1st International School on Applications of Analytical Electron Microscopy in Materials Science, 1994, Krakow, Poland,
- Lábár János: Electron Probe X-Ray Microanalysis of Stratified Samples, 1st International School on Applications of Analytical Electron Microscopy in Materials Science, 1994, Krakow, Poland,
- Lábár János: Trends in Electron Probe X-Ray Microanalysis, European Conference on Energy Dispersive X-Ray Spectrometry, 1994, Budapest,
- Radnóczy György: Analitikai Elektronmikroszkópia, diffrakciós módszerek, Magyar Elektronmikroszkópos Társulat konferenciája Balatonalmádi, 1994.
- M.Menyhárd, Á.Barna: Ion Mixing effects in AES Depth Profiling, Slovenian-Hungarian-Croatian-Austrian 6th Joint Vacuum Conf., Bled, Slovenia, April 4-7, 1995.
- P.B.Barna: Growth processes of QC phases in thin films, Quasicrystals, International School, Balatonfüred, 1995
- Á. Barna, G. Radnóczy: TEM Characterization of hard coatings and films: Sample preparation aspects and results. E-MRS Conf. Strasburg, 1995
- G. Radnóczy: Electron Microscopic Investigation of Multilayers and Interfaces, Multinational congress on Electron Microscopy, 1995, Stara Lesna, Slovakia
- P.B.Barna, Á.Csanády, Zs.Radi, F.Raschewski, K.Urban, G.Zsigmond: Grain Boundary Effects in Solid State Reactions and Reactive Diffusion, ICQ5 Avignon, 1995
- P.B.Barna, M.Adamik: Formation and characterisation of the structure of surface coatings, NATO HTECH.ARW 950730, Protective Coatings and Thin Films: Synthesis, Characterisation and Applications, 1996, Portimao, Algarve, Portugal
- P.B.Barna, Y.Pauleau: Conclusions of the NATO-ARW and directions for future research and development on protective coatings. NATO Advanced Research Workshop on Protective Coatings and Thin Films: Synthesis, Characterisation and Applications, 1996, Portimao, Algarve, Portugal
- P.B.Barna: Microstructure evolution in thick polycrystalline films I-II-III-IV, 2nd Workshop on Science and Technology of Thin Films, Trieste, Abdus Salam International Center for Theoretical Physics, 1996
- G. Radnóczy: The Structure of Grain Boundaries and Interfaces, TEM and sample preparation aspects I-II-III, 2nd Workshop on Science and Technology of Thin Films, Trieste, Abdus Salam International Center for Theoretical Physics, 1996

- P.B.Barna, M.Adamik: Fundamental structure forming phenomena of polycrystalline films and the structure zone models, 10th International Conference on Thin Films, 5th European Vacuum Conference, Salamanca, 1996
- P.B.Barna: Tailoring of microcrystalline and nanocrystalline structures in thin films by utilizing the process induced segregation and phase formation of codepositing active additives, International Workshop on advanced Technologies of Multicomponent Solid Films and Structures and their Application in Photonics, Ushgorod, Ukraine, 1996 okt.
- A.Dévényi, R.Manaila, A.Belu-Manaila, T.Stoica, M.Manciu, E.M.Popescu, P.B.Barna, J.Lábár, G.Sáfrán, Thin films of Au-C60 alloys, Structure and physical properties, International Workshop on advanced Technologies of Multicomponent Solid Films and Structures and their Application in Photonics, Ushgorod, Ukraine, 1996
- J.L.Lábár: Standardless vs. quantitative EDS: What can you expect, EMAS'96, BALATONFÜRED, 2nd Regional Workshop on Electron Probe Microanalysis of Materials Today – Practical Aspects, 1996
- B. Pécz: Nanoscale modification of surefaces and thin films: physical and chemical aspects, IUVESTA Workshop, Balatonföldvár, 1996
- Barna B.P., Adamik M: Modification of polycrystalline film structures by additives, 7th Joint Vacuum Conference of Hungary, Austria, Croatia and Slovenia, Debrecen, 1997
- P.B.Barna, M.Adamik: Tailoring the Grain Size, Morphology and Texture of Polycrystalline Thin Films by Codepositing Active Additivies, Romanian Conference on Advanced Materials, Bucharest, 1997.
- Á.Barna: Low angle and low energy ion beam etching for TEM sample preparation, Multinational. Congress on Electron Microscopy, Portoroz, (1997)
- Á. Barna: Low energy ion beam milling. Seminar of Servece de Physique des Materiaux et Microstructures, CEA, Grenoble, France, 1997.
- G. Radnóczy: Low angle ion beam milling: Practice and Theory for Cross sectional Samples 2nd Northern Workshop on TEM Sample Preparation of Thin Films, Linköping, Sweden, 1997.
- P.B.Barna, M.Adamik, J.L.Lábár: Formation mechanism of nanocrystalline composite structures in codeposited thin films, Special Symposium on Advanced Materials, „High Tech Materials – 1998 – Spring” Nagoya, Japan
- Lábár JL: Standardless EDS analysis , EMAS'98: 3rd Regional Workshop on Electron Probe Microanalysis of Materials Today, Barcelona (Spain), 1998
- T.Tomov, M.Adamik, P.B.Barna, V.Yamakov: X-ray diffraction characterization of vacuum and electroless deposited films. I. Texture and secondary extinction of vacuum deposited Ag films, Elektrochemische und physikalische Oberflächenbeschichtung, Workshop, Freiberg, 1–3. April 1998.
- Á. Barna: Theory and practice of the low angle and low energy ion beam etching for TEM sample preparation. / part I and part II/. , Formation F4 on the Congres Trinoculaire 98 des Microscopeies 1998, Strasbourg, France.
- Á.Barna: Low angle and low energy ion beam etching for TEM sample preparation. 3rd Multinational Congress on Electron Microscopy, Portoroz, Slovenia, 1997)
- J. L. Lábár: Applications of EDXS , Autumn School on New Techniques in EM of Materials Science, Halle, 1999
- M.Adamik and P.B.Barna: Texture formation in polycrystalline thin films, E-MRS'99 Spring Meeting, Strasbourg, France, 1999

- Barna Á: Ion beam thinning for TEM, possibilities and limits., 4th Multinational Congress on Electron Microscopy, Veszprém, 1999
- Barna Á: New Techniques in Electron Microscopy, International School, Halle, (1999).
- P.B.Barna, M.Adamik, J.L.Lábár, L.Kövé, J.Tóth, A.Dévényi, R.Manaila: Formation of polycrystalline and Microcrystalline Composite Thin Films by Codeposition and Surface Chemical Reaction, European Material Conference, E-MRS 1999 Spring Meeting, Strasbourg, 1999
- P. B. Barna: Analysis of the effects of materials structure of thin film systems on the kinetics of solid phase reactions, International Conference on Diffusion and reactions, Zakopane, 1999.
- J. L. Lábár: Quantitation of Microprobe Analysis of Stratified Bulk Samples (Layers on Substrate), 4th EMAS Regional Workshop on Electron Probe Microanalysis Today, Trest, (2000)
- J. L. Lábár: Quantitation of Microprobe Analysis of Homogeneous Bulk Samples, 4th EMAS Regional Workshop on Electron Probe Microanalysis Today, Trest, (2000)
- Á.Barna: Recent trends and physical background in the development and application of ion beam techniques for TEM sample preparation, EUREM 12. Brno, 2000,
- P. B. Barna, M. Adamik: Tailoring of polycrystalline composite thin film structures for surface coatings, Mikkeli International Industrial Coating Seminar, Mikkeli, Finland, 2000
- P. B. Barna: Sample preparation for TEM and X-TEM for characterization of coatings, Mikkeli International Industrial Coating Seminar, Mikkeli, Finland, 2000
- P.B.Barna and M.Adamik: Fundamental structure forming phenomena in the growth of surface coatings with polycrystalline-nanocrystalline composite structures – a comprehensive description of structure evolution, 4th Symposium Of European Vacuum Coaters, Anzio, Italy, 2000.
- P. B. Barna, M. Adamik: Formation of the habit and defect structure in the crystals of polycrystalline thin films: the effects of active additives and impurities, Romanian Conference on Advanced materials – ROCAM2000, Bukarest, 2000.
- G. Radnóczy: Amorphous Carbon-Nitride thin films: structure and electrical properties. Workshop on Solid State Surfaces and Interfaces II (SSSI-II) 2000. Bratislava
- J. L. Lábár, L. Tóth, I. Dódy, J. Morgiel: Study of garnets by ALCHEMI, M&M (USA): Microscopy and Microanalysis-2001., Long Beach US
- B.Pécz: Contact formation in SiC devices., E-MRS 2001 Spring Meeting, Strasbourg
- G.Radnóczy: Microstructure of thin films, 8th Topical Meeting on Optical Interface Coatings, Banff, Alberta, Canada, 2001.
- G.Radnóczy: Crystallization and ordering processes in amorphous semiconductor films and multilayers, Autumn School on Diffusion and Reactions at Solid-Solid Interfaces, Halle, 2001.
- György Sáfrán, Jun Ariake, Naoki Honda, Kazuhiro Ouchi: TEM analysis of the microstructure of CoCrNbPt perpendicular magnetic recording media -The effects of intermediate layers in the double layer media, International Session on Electro Mechanical Devices, Akita, 2001
- T. Suzuki, G. Sáfrán, K. Ouchi, H. Muraoka, Y. Nakamura: (Fe-Pt)-Oxide composite films for perpendicular double-layered media, MR meeting, Sendai, 2001

- G. Sáfrán, J. Ariake, N. Honda, K. Ouchi: TEM study of the structure and morphology of CoCrNbPt double layer perpendicular magnetic media with Ti, Pt and Ti/Pt intermediate layers, MR Meeting, Tokyo, 2001
- B. Pécz: Transmission electron microscopy of wide bandgap semiconductor layers, Expert evaluation and control of compound semiconductor materials and technologies, Budapest, 2002
- B. Pécz and M.A. di Forte-Poisson: Electron microscopic characterization of III-nitride films grown by MOCVD, 12th Int. Conf. on Thin Films, Bratislava, 2002

8. Nemzetközi konferenciák és iskolák szervezése

- Colloquium on Thin Films, Budapest, 1965, Pócza Jenő a programbizottság elnöke, Barna Péter a szervező bizottság titkára,
- Seminar on Ultrahigh Vacuum Science Technique and Applications, Esztergom, 1967. Pócza Jenő, Barna Péter a szervező bizottság tagja
- 2nd Colloquium on Thin Films, Budapest, 1967, Pócza Jenő a szervező bizottság elnöke, Barna Péter a szervező bizottság titkára
- International Conference on Thin Films, Boston, 1969, Pócza Jenő nemzeti képviselő
- Thermodynamical problems of vacuum Physics and Techniques, IUVESTA iskola, Mátrafüred, 1971, Pócza Jenő a programbizottság elnöke, Barna Péter a szervező bizottság tagja
- International Conference on Crystal Growth, Tokyo, 1974. Pócza Jenő a nemzetközi tanácsadó bizottság tagja
- 2nd International Summer School on Vacuum Physics, Collision Phenomena, IUVESTA iskola, Fonyód, 1974.
Barna Péter a szervező bizottság titkára
- 3rd International Conference on Thin Films, Budapest, 1975. Pócza Jenő a konferencia elnöke, Barna Péter a szervező bizottság titkára, Barna Árpád, Radnóczy György a program bizottság tagja
- Balaton Conference on Electron Microscopy, Veszprém, 1975, Barna Péter a szervező bizottság tagja
- International Conference on Non-Crystalline Semiconductors'76, Balatonfüred, 1976, Barna Péter a szervező bizottság tagja
- 3rd IUVESTA International Summer School on Vacuum Physics, Interaction of charged particles-molecules and condensed matter at low pressures, Fonyód, Barna Péter a szervező bizottság tagja
- 7th International Vacuum Congresses, Bécs, 1977, Barna Péter a program bizottság tagja
- 4th International Thin Film Conference, Loughborough, 1978, Barna Péter a tanácsadó bizottság tagja
- International Conference on Solid Films and Surfaces, Tokyo, 1978, Barna Péter a nemzetközi tanácsadó bizottság tagja
- 9th Hungarian Diffraction Conference: Diffraction Studies on Non-Crystalline Solids; Int. Summer School, Pécs, 1978, Barna Péter a program bizottság tagja, Radnóczy György a szervező bizottság tagja

- International Conferences on Amorphous and Liquid Semiconductors Boston 1979, Barna Péter a nemzetközi tanácsadó bizottság tagja
- Joint Austrian-Hungarian Vacuum Conference, Győr, 1979, Barna Péter, Radnóczy György a szervező bizottság tagja
- International Symposium: In-situ High Voltage Electron Microscopy, Halle, 1979, Barna Péter a nemzetközi tanácsadó bizottság tagja
- International IUUSTA Summer School on Processes of Thin Film Formation, Fonyód, 1980, Barna Péter a szervező bizottság elnöke, Radnóczy György a szervező bizottság tagja
- 8th International Vacuum Congresses, Cannes 1980, Barna Péter a program bizottság tagja
- Austrian-Hungarian-Yugoslavian-Slovenian Joint Vacuum Conferences, Brunn am Gebirge 1981, Barna Péter a program bizottság tagja
- 2nd International Symposium on Molecular Beam Epitaxy and Related Clean Surface Techniques, Tokyo, 1982, Barna Péter a nemzetközi tanácsadó bizottság tagja
- International Conference „Amorphous Semiconductors'82”, Bucharest, 1982, Barna Péter a program bizottság tagja
- 10th International Conferences on Amorphous and Liquid Semiconductors Tokyo, 1983, Barna Péter a nemzetközi tanácsadó bizottság tagja
- 9th International Vacuum Congresses, Madrid 1983, Barna Péter a program bizottság tagja
- 2nd IUUSTA International Summer School on Processes of Thin Film Formation, Hajdúszoboszló, 1983, Barna Péter a szervező bizottság elnöke, Radnóczy György a program bizottság tagja
- 6th International Thin Film Conference, Stockholm 1984, Barna Péter a program bizottság tagja
- 8th European Conference on Electron Microscopy, Budapest, 1984, Barna Péter a program bizottság, Barna Árpád és Radnóczy György a szervező bizottság tagja
- 11th International Conferences on Amorphous and Liquid Semiconductors Roma 1985, Barna Péter a nemzetközi tanácsadó bizottság tagja
- 3rd Joint Vacuum Conference, Hungary-Austria-Yugoslavia, Debrecen, 1985, Barna Péter és Radnóczy György a szervező bizottság tagja
- Hungarian-Austrian Joint Conference on Electron Microscopy, Balatonaliga, 1985, Barna Péter a szervező bizottság elnöke, Radnóczy György a szervező bizottság titkára
- 10th International Vacuum Congresses, Baltimore 1986, Barna Péter a program bizottság tagja
- International Conference on Non-Crystalline Semiconductors'86, Balatonszéplak, 1986, Barna Péter a program bizottság elnöke,
- International Workshop of ion-beam thinning, Budapest, MFKI, Zsoldos Lehel, Barna Árpád szervezők
- 7th International Thin Film Conference, Új Delhi ,1987, Barna Péter a program bizottság tagja
- 12th International Conferences on Amorphous and Liquid Semiconductors Praga 1987, Barna Péter a nemzetközi tanácsadó bizottság tagja
- 24th Spring School – Recent techniques of preparing electron microscopic specimens in materials research, Halle, 1987, Barna Árpád a nemzetközi tanácsadó bizottság tagja

- European Vacuum Conference, Salford 1988, Barna Péter a nemzetközi tanácsadó bizottság tagja
- 4th Austrian-Hungarian-Yugoslavian-Slovenian Joint Vacuum Conference, Portoroz 1988, Barna Péter a program bizottság tagja
- International Conferences on Amorphous and Liquid Semiconductors, Asheville 1989, Barna Péter a nemzetközi tanácsadó bizottság tagja
- 11th International Vacuum Congresses, Köln 1989, Barna Péter a program bizottság tagja
- 9th International Congress on Crystal Growth, Sendai 1989. Barna Péter a nemzetközi tanácsadó bizottság tagja
- International Symposium on Vacuum Devices and Techniques, Debrecen, 1989, Barna Péter a szervező bizottság tagja
- 28th Spring School – Electron Microscopy of Small Particles, Halle, 1987, Barna Péter a nemzetközi tanácsadó bizottság tagja
- International Thin Film Conference, San Diego 1990, Barna Péter a program bizottság tagja
- 2nd European Vacuum Conference, Trieste 1990, Barna Péter a program bizottság tagja
- 14th International Conferences on Amorphous and Liquid Semiconductors Garmisch-Partenkirchen 1991, Barna Péter a nemzetközi tanácsadó bizottság tagja
- 3th European Vacuum Conference, Bécs 1991, Barna Péter a nemzetközi tanácsadó bizottság tagja
- ECASIA 91, Budapest, 1991, Barna Péter a szervező bizottság tagja
- 2nd European Workshop on Modern Developments and Applications in Microbeam Analysis; Dubrovnik 1991, Lábár János a nemzetközi tudományos és szervező bizottság tagja
- 32nd Autumn School; High-resolution Electron Microscopy – Fundamentals and Applications, Halle, 1991, Barna Péter a program bizottság tagja
- IUVSTA International Workshop on Polycrystalline Thin Films, Balatonaliga, 1992, Barna Péter a szervező bizottság elnöke, Radnóczy György a program bizottság tagja
- 12th International Vacuum Congresses, Haga 1992, Barna Péter a tanácsadó bizottság tagja
- International Conference on Polytipes, Modulated Structures and Quasicrystals, MOSPOQ'91, Balatonszéplak, Hungary, 1992, Barna Péter a Szervező és Program Bizottság tagja
- Workshop on TEM specimen preparation by ion and atom beam milling, Budapest, MFKI Barna Árpád szervező
- International Thin Film Conference, Bécs 1993, Barna Péter a program bizottság tagja
- Austrian-Hungarian-Yugoslavian-Slovenian Joint Vacuum Conferences, Bécs 1993, Barna Péter a program bizottság tagja
- International Conferences on Amorphous and Liquid Semiconductors, Cambridge 1993, Barna Péter a nemzetközi tanácsadó bizottság tagja
- 3rd European Workshop on Modern Developments and Applications in Microbeam Analysis; Rimini 1993, Lábár János a nemzetközi tudományos és szervező bizottság tagja
- Physik und Technik des Hochvakuums, Grenzflächen/Dünne Schichten, TATF-4, Drezda 1994, Barna Péter a nemzetközi tanácsadó bizottság tagja

- Workshop on Science and Technology of Thin Films I, Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, Trieste, 1994, Barna Péter igazgató
- International Workshop on Advanced Technologies of Multicomponent Solid films and Structures, Ungvár, 1994, Barna Péter a program bizottság tagja.
- International Conferences on Amorphous and Liquid Semiconductors Kobe 1995, Barna Péter a nemzetközi tanácsadó bizottság tagja
- EMRS 1995 Spring Meeting, Symposium H, Strasbourg, 1995, Barna Péter a program bizottság elnöke
- Austrian-Hungarian-Yugoslavian-Slovenian Joint Vacuum Conferences, Bled 1995. Barna Péter a program bizottság tagja
- 4th European Workshop on Modern Developments and Applications in Microbeam Analysis; St. Malo 1995, Lábár János a nemzetközi tudományos és szervező bizottság tagja
- Workshop on Science and Technology of Thin Films II, Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, Trieste, 1996, Barna Péter igazgató
- NATO Advanced Research Workshop: Protective Coatings and Thin Films, Algarve, Portugal, 1996, Barna Péter igazgató
- 2nd Regional Workshop on Modern Developments and Applications in Microbeam Analysis, Practical Aspects, Balatonfüred 1996, Lábár János a nemzetközi tudományos és szervező bizottság elnöke
- 15th International Conference on Amorphous and Microcrystalline Semiconductors, Budapest, 1997, Barna Péter a szervező bizottság elnöke
- 7th Joint Vacuum Conference of Hungary, Austria, Croatia and Slovenia, Debrecen, 1997, Radnóczy György a szervező bizottság tagja
- 5th European Workshop on Modern Developments and Applications in Microbeam Analysis; Torquay (UK), 1997, Lábár János a nemzetközi tudományos és szervező bizottság tagja
- International Workshop on Advanced Technologies of Multicomponent Solid films and Structures, Ungvár, 1998, Barna Péter a program bizottság tagja
- 14th International Congress on Electron Microscopy, Symposium on Thin Films and Layered Structures, Cancun, Mexico, 1998, Barna Péter a program bizottság tagja
- Joint Vacuum Congress, JVC-8, Pula, Horvátország, 1999. Radnóczy György a program bizottság tagja
- Workshop on Science and Technology of Thin Films III, Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, Trieste, 1999, Barna Péter igazgató
- Autumn School on Materials Science and Electron Microscopy, Halle, 1999, Radnóczy György a programbizottság tagja
- IV. Multinational Congress on Electron Microscopy, Veszprém, 1999, Pécz Béla a tudományos és programbizottság tagja.
- European Conference on Electron Microscopy, Brünn 2000, Barna Péter a program bizottság tagja
- XIVth International Symposium on the Reactivity of Solids, Budapest, 2000, Barna Péter a szervező bizottság tagja
- Romanian Conference on Advanced materials – ROCAM2000, Bukarest, 2000, Barna Péter a nemzetközi tanácsadó bizottság tagja

- Max Planck Society, School on Material Science, Berlin, 2000, Radnóczy György a szervező-bizottság tagja
- 4th Regional Workshop on Modern Developments and Applications in Microbeam Analysis; Trest (Czech Republic) 2000, Lábár János a nemzetközi tudományos és szervező bizottság tagja
- E-MRS: Protective Coatings and Thin Films, Symposium C, 2001, Strasbourg, Radnóczy György a program bizottság elnöke
- 6th European Workshop on Modern Developments and Applications in Microbeam Analysis; Tampere, 2001, Lábár János a nemzetközi tudományos és szervező bizottság tagja
- 12th International Conference on Thin Films, Bratislava, 2002, Radnóczy György a program bizottság tagja, Barna Péter a tanácsadó bizottság tagja
- 36th IUUSTA Workshop on Ion Beam Effects in Thin Film Formation, Plzen, 2002, Barna Péter a szervező bizottság tagja

9. A kutatócsoport tagjai (a *-gal jelöltek jelenleg is a kutatócsoportban dolgoznak)

Kutatók

Adamik Miklós
 Barna Árpád*
 Barna B. Péter*
 Bene Erika
 Czigány Zsolt*
 Dobos László*
 Geszti Tamásné*
 Gosztola László
 Hegedűs Éva*
 Ignác Péter
 Kovács András*
 Kovács István*
 Lábár János*
 Marhás (Marót) István
 Misják Fanni*
 Pécz Béla*
 Pozsgai Imre
 Radnóczy György*
 Sáfrán György*
 Szűts Tobán*
 Tóth Lajos*
 Veisz Bernadett*

Diplomamunkásként, doktoranduszként tagjai a kutatócsoportnak

Csordás-Tóth Anna
 Ibrahim, M.L.
 Király Szabolcs
 Kóti László*
 Kovács György*
 Makkai Zsolt*
 Khidr, S. M.
 Radi Zsolt
 Radnóczy György Zoltán*
 Reicha, F. M.
 Székely Lajos*
 Tompa Kálmán
 Zsigmond Géza

Technikusok, laboránsok

Barcza Gyula
 Barna Árpádné*
 Csepreghy Sándor*
 Eckhardt Edéné
 Glázer Ferencné*
 Hajmásy Tiborné
 Haskó Ferencné
 Lányi Péter
 Puskás László*
 Selmeczy Tiborné
 Stark Gyula
 Vincze Mária
 Vincze Gyula

AZ ELEKTRONIKUS MÉRŐKÉSZÜLÉKEK GYÁRA SZÁMÍTÁSTECHNIKAI FEJLESZTÉSI ÉS GYÁRTÁSI TEVÉKENYSÉGE

Klatsmányi Árpád

telefon: 275-0406

Az Elektronikus Mérőkészülékek Gyára (EMG) – a „TUNGSRAM” csoportból kivált elektronikai cég – kezdetben elsősorban a híradás-technikában és azzal rokon területeken alkalmazható, elektronikai elven működő műszerek, mérőberendezések fejlesztésével és gyártásával foglalkozott. Termékeit, melyek túlnyomórészt vezető nyugati műszergyárak típusait követő fejlesztések voltak, hazai és KGST relációban forgalmazta. Gyártási technológiája klasszikus készülék-konstrukcióra és elektroncsövek alkalmazására épült. Dinamikus fejlesztési tevékenysége révén kezdetben sikeresen tartott lépést a fejlett ipari országok műszergyártásával, helyzete az ötvenes években részben az erősen fellendülő nemzetközi verseny, részben a technológiában egyre inkább lemaradó hazai alkatrészgyártás és az egyre nehezebben hozzáférhető alkatrészimport (embargo) romló lehetőségei miatt meglehetősen nehézkessé vált. Emiatt jelentős erőfeszítéseket kellett tenni a vállalat profiljának rugalmas, a kereslethez alkalmazkodó bővítésére. Ennek egyik jelentős lépése az elsősorban szovjet exportra kifejlesztett és gyártott orvosi elektronikai műszerek gyártása és forgalmazása volt. A vállalat helyzetét a gyártási profil kibővülése kezdetben javította, de a függése szinte monopol helyzetű felhasználótól néhány éven belül meglehetősen kiszámíthatatlan állapotba hozta.

Ilyen előzmények szorították a vállalatvezetést a helyzet stabilizálására, a gyártási profil rugalmassá tételére. Kézenfekvő volt a műszeriparral kapcsolatos világpiaci tendenciák intenzív figyelése és elemzése. A piacelemzés során megállapítható volt egyrészt a félvezetőtechnológia-használat felerősödése, másrészt a digitális és logikai eljárások alkalmazása mind a mérés-technika, mind a vezérlés, automatizálás területén.

A vizsgálat eredményei az 1960 nyarán Londonban rendezett „OLYMPIA” elektronikai kiállításon váltak mérhetővé és értékelhetővé. A begyűjtött adatok alapján megállapítható volt, hogy az elektronikai műszergyártás profiljában mindenütt jelentős változás indult meg: nevezetesen ebben az évben a világon gyártott és eladott digitális elektronikus műszerek, eszközök forgalma felülmúlta az analóg elven működő műszerek forgalmát. A digitális rendszerek piaca dinamikusan emelkedő tendenciát mutatott, az analóg rendszereknél stagnálás, illetve visszaesés volt észlelhető és prognosztizálható. Ez a szinte kizárólag analóg elven működő műszereket gyártó EMG számára regressziós veszélyt jelzett.

A digitális technika hazai viszonylatban ez ideig sem a gyakorlatban, sem az oktatásban nem játszott jelentős szerepet, csak az MTA KFKI (Központi Fizikai Kutató Intézet) és a VKI (Villamosipari Kutató Intézet) ez irányú kezdeményezései voltak ismeretesek.

A fent vázoltak alapján alakult ki a gyár termékprofil-módosításának gondolata: tervbe vették az EMG fejlesztés- és gyártás-politikájának fokozatos átállítását, a digitális technika be-

vezetését mind a gyártmány választék, mind a fejlesztés, mind a technológia, valamint a gyártás területén. Ez egyben egy új digitális gyáregység létrehozását, minden részlegének fokozatos kialakítását igényelte, beleértve a fejlesztő állomány kiképzését, a szükséges új technológiák (IC alkalmazás, többretegű nyomtatott áramkör, új ellenőrzési módszerek stb.). Ugyancsak létre kellett hozni a digitális mérési és automatizálási, majd később számítástechnikai területen a felhasználók részére kiképzést, tervezési-, szervezési-, programozási- és szerviz-szolgáltatást nyújtani tudó saját szervizrészleg létesítését és/vagy az ezt biztosító kooperáció (VILATI, szervező intézetek) megszervezését.

Külön gondot kellett fordítani a hazánkban ez idő tájt hiányzó, vagy elmaradott digitális technikai kultúra kialakítására, elterjesztésére. Erre szolgált a fejlesztés és gyártás alapjainak megteremtése mellett az időben megindítandó propaganda, a kereskedelmi bevezetés és a szélesebb körű terjesztés céljából külön vállalkozási és propaganda részlegek kialakítása és felkészítése is.

Mindezek megalapozására első lépésben teljesen új fejlesztő laboratórium felállítására került sor a hagyományos műszer-fejlesztő gárdából kiválasztott, kiváló minőségű mérnökökkel, majd a bővítés során frissen végzett mérnökök felvételével és vállalaton belül szervezett továbbképzéssel. Az egyetemeken folytatott toborzás során tapasztalt nagy érdeklődés lehetővé tette, hogy a bővítést kiváló képességű fiatal mérnökök válogatásával oldjuk meg.

Kezdetben 5 fővel induló, nagy súllyal az önképzésre beállított mérnökcsoport, majd 5–6 év alatt további 130 munkatárs, mérnök és technikus állt munkába a téma vitelére, kiegészítve a párhuzamosan életre hívott gyártó és értékesítő részlegekkel.

A fejlesztés tervezésénél, a megcélzott gyártmányok kiválasztásánál tekintettel kellett lenni az eladhatóságra, az akkor még fejletlen hazai igényre, a technológiai korlátokra, tehát a fokozatosságra. Ezért – első lépésben – univerzálisan felhasználható automatika építőelem-rendszert, majd ezekből építhető logikai és automatizálási célrendszereket készítettünk, majd elektronikus asztali számológépeket, digitális automatikákat, végül elektronikus számítógépeket fejlesztettünk és vittünk gyártásba.

Elsőnek az építőköcka elvű épülő EDS típusjelű logikai elemek (elemi áramkörök és kiegészítő elemek) kialakítását kezdtük meg az akkori technológiai színvonal (elemi alkatrészekből épített logikai áramkörök, elvéve alkalmazott vékonyréteg, illetve vastagréteg áramkörök és tranzisztor chippek) lehetőségeinek kihasználásával. A fejlesztés célja olyan – tömeggyártásban előállított – logikai építőelemek kialakítása volt, melyekből elsősorban logikai tervezőmunkával, minimális szereléssel digitális elven működő eszközök rentábilisan voltak készíthetők. Ezt szolgáltatta a modulárisan kialakított mechanikai és szerelési elem-rendszer, mely egyszerű eszköztárával kis és közepes digitális rendszerek (mérőberendezések, vezérlések, automatikák) egyszerű összeállítását biztosította. Az EDS elemeket a gyár vállalati részlege és a felhasználók nagy mennyiségben alkalmazták.

Érdekes példaként megemlíteni, hogy az EDS elemek alkalmazásával tervezte és építette az EMG Egyedi Automatika Vállalkozási osztálya a budapesti Kis- és Nagykerületi kísérleti szakaszának keresztezésein felszerelt és használt közúti forgalomirányító közlekedési lámparendszer vezérléseket (szinkronizált és programozható Zöldhullám Automatika), valamint a VILATI ezekkel az elemekkel építette az első elektronikus vezérlésű (mozgó szöveget megjelenítő) villanyújságot, és a (sor-oszlop szervezésű szöveget megjelenítő színes) stadion eredmény-hirdető táblákat is.

Az EDS logikai elemcsaládot a felhasználók igénye szerint több változatban és sebességfokozattal állítottuk elő, (pl. VILATI részére nehézüzemi tokozással is). Az elemválaszték teljes körű készletet biztosított digitális automatikák, műszerek, vezérlések, mérésadatgyűjtők stb. tervezéséhez, kivitelezéséhez. Elemei: digitális jelgenerátorok, inverterek, diódás logi-

kai kapuk (AND,OR,NAND,NOR), kóder és dekóder mátrixok, tárolók, decimális és bináris számláló egységek, regiszterek, késleltetők, teljesítmény kapcsolók, optikai kijelzők, fotoérzékelők, valamint a rendszer építéshez szükséges modulárisan összerakható rack-állványok, tápegységek. Az egyes elemek nyomtatott áramkörü lapon szerelve, keretezve, későbbi változatban (logikai kockák) műanyag tömbben kiöntve is készültek.

Az EDS elemcsaládot több iparágban használják mérési, automatizálási és vezérlési rendszerekben.

A logikai elemek fejlesztése, gyártása, valamint az erre épülő alkalmazási vállalkozás megteremtette a további terveknek mind a szellemi, mind az anyagi alapját, kialakította a szakterület műveléséhez szükséges gyakorlatot, tapasztalatot. A gyár új tevékenysége általános érdeklődést keltett különösen a pályakezdő fiatal mérnökök körében. Így a fejlesztéshez, gyártáshoz, alkalmazáshoz szükséges kiművelt emberfők toborzása eredményes volt, a válogatott, dinamikusan fejlődő csoportok belső továbbképzése biztosította minden – a témával foglalkozó – részleg eredményességét.

A világpiacon az 1963-ban megjelent elektronikus asztali számológépek kihívását követve, a rendkívüli kereslettől ösztönözve a METRIMPEX külkereskedelmi vállalat és az EMG vezetése igényelte, hogy a fejlesztő laboratórium versenyképes asztali számológépet dolgozzon ki mind a hazai, mind az exportpiacra. Az ekkor már összeszokott, ütőképes csapat 6 hónapos fejlesztési munkával kidolgozta az EMG 131 típuszámmal gyártásba vitt konstrukciót, majd két évvel később ennek továbbfejlesztett EMG 158 változatát. Az első: egy 13 decimális kapacitású, négy műveletes asztali elektronikus számológép, az utóbbi ugyanezt a feladatot ellátó számológép-rendszer, amely központi logikai egységet és arra csatlakoztatott, maximálisan négy (kijelzőt és klaviatúrát tartalmazó) munkahelyet biztosító elektronikus számológép-rendszer volt. A fejlesztési munka során itt alkalmaztuk első alkalommal a „PERT” (programming evaluation and revision technique) szervezés-irányítási módszert, amellyel a fejlesztési időt látványosan sikerült leszorítani (elvi terv felvetéstől szerszámmal gyártott prototípusig 6 hónap). A fejlesztéssel párhuzamosan készült a számológép formaterve is olyan sikerrel, hogy az EMG 131 számológépet formatervezési díjjal is kitüntették.

A fejlesztés célkitűzése volt – a kedvezőtlen hazai alkatrész beszerzési árszint ellenére – versenyképes önköltségű, piacképes termék kidolgozása. A célt a jól kiválasztott „közelítő pontosságú” iterációs algoritmus megválasztásával, minimalizált alkatrészt tartalmazó logikai elemek kidolgozásával, regiszterek szimultán felhasználásával, valamint a gyárban csak erre a termékre alkalmazott szalaggyártási sor megszervezésével sikerült megoldani. Így a termék a gyár egyik legnagyobb nyereséghányaddal, nagy sorozatban előállított siker-gyártmánya lett.

A siker láttán az iparági vezetés foglalkozott egy új – csak számológépet gyártó – vidéki gyár-egység kialakításával is, ez a szándék azonban az ipari vezetés, a vidéki megyei tanács és a gyártó vállalat egyeztető tárgyalásainak eredménytelensége miatt nem valósult meg.

A várható igény nagyságára tekintettel a fejlesztő laboratórium kereste a lehetőséget az akkor megindult magyarországi CMOS technológiát fejlesztő HIKI-vel (Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet) kooperáció kiépítésére, ezen belül CMOS elemekből épített zsebszámológép kifejlesztésére, de eredménytelenül, így a zsebszámológép piacra a gyár már nem aspirálhatott.

Az időközben létszámában is jelentősen megerősödött fejlesztő és gyártó részlegek elég alapot adtak nagyobb projektek tervezésére. Így 1966-ban intenzív fejlesztésbe kezdtünk hazai számítógép- típus kivitelezése érdekében. Az akkori iparvezetés ideológiai felfogása nem viselte el ezt a szándékot: A számítástechnika terén nyugaton publikált eredményeket félreismerve, azt „kapitalista huncutságnak” bélyegezve kényszerítették a gyárat, hogy terveiben

ipari automatizálás címszó alatt szerepeltesse a témát. Így a későbbi EMG 830 típuszámmal gyártott számítógépet kezdettől fogva mint folyamatirányító gépet szerepeltettük, annak ügyviteli változata csak a belső tervekben szerepelt – noha a két változat sem technológiájában, sem felépítésében nem tért el egymástól jelentősen. A fejlesztés meggyorsítása céljából figyelemmel kísértük a hazai hasonló digitális fejlesztési kezdeményezéseket, azokkal kooperációra törekedtünk. Így például a ferrit gyűrűs mátrix memória technológiáját a KFKI technológia alapján honosítottuk.

A számítógép-fejlesztés technikai környezete jellegzetesen kezdetleges volt. Világviszonylatban még nem hatott a számítástechnikai eszközök területén az IBM, valamint a fontosabb periferiáeszköz-gyárak későbbi egységesítő hatása, minden gyártó saját elképzelése szerinti architektúrában dolgozott. Alkatrész és periferiális eszközök terén kezdetleges és útkereső megoldások léteztek. Az áramköri integrálás elsősorban fejlesztési szinten jelentkezett (SSI-elemek), a germánium-bázisra alapozott félvezető gyártás átállítása szilícium bázisra mindenütt megkezdődött, vagy intenzíven folyt. Az információ-tárolás technikai alapját zömmel a ferrit-gyűrűs mátrix technológia képezte. Adatbevitel és -kiadás elterjedt eszközei a papír alapú lyukkártya és lyukszalag voltak. A mágnesszalagos tárolás egységesítése még nem indult meg. Még útkeresés folyt a mágnesdobos és mágneslemezes tárolók megtervezésére.

Hasonló változatosság volt tapasztalható az adat- és programkezelés különféle módozataiban is. Az operációs rendszerek megszerkesztése már megkezdődött, így a kiszolgáló rendszerek területén a kézi indítástól (boot) az egyszerűbb operációs rendszerekig, valamint a számkódos programozástól az interpreter, illetve fordító rendszerekig minden megtalálható volt.

Az EMG fejlesztési célkitűzése olyan moduláris elven összeállítható számítógépelem-rendszer kidolgozása volt, melyben a részfeladatok (tárolás: ROM és RAM, aritmetika, index kezelés, periféria kezelés stb.) ellátására egy-egy modul (elemi blokk) szolgál és ezeknek célszerűen választott kombinációjával a gépesítendő folyamat-, vagy számítástechnikai feladat igényének megfelelő méretű és összetételű modulok segítségével a feladatot elvégezni képes, hatékony konfiguráció összeállítása biztosítható.

Az így megformált rendszer egy címes processzor-egységet tartalmazott, mely az összes többi modullal (index regiszterek, ferrit mátrix tár (RAM), diódás fix tár (ROM), aritmetikai egység, perifériális byte-, és blokktranszfer csatoló egységek stb.) belső sínrendszeren keresztül kommunikált. Az egyes modulok együttműködését a vezérlő rendszer ütemjelei és a modulokba szétosztva beépített prioritás logika hangolta össze. Az egységek cím-, megszakítás- és adatkommunikációs rendszerét vezérlő logika tehát a modulokra szétosztva, a belső sínrendszeren keresztül kapcsolódva működött. Ugyanakkor a blokkátviteli elven működő perifériális csatoló egységek az adatblokk-átvitel idejére felfüggesztették a belső adatfeldolgozási vezérlést, átvették és ellátták a rendszer adattanszfer vezérlését és adatblokk forgalmazását (perifériákat ellátó külső sínrendszer). Az egyes logikai modulok csak a sínrendszerre kapcsolódtak, semmilyen más kapcsolatuk nem volt, ezzel el lehetett érni a rendszer egyszerű helyszíni szerelését és szervizellátását (hibás modul cseréje dugaszolással). Az így létrehozott rendszer – mint később megállapítható volt – több szempontból hasonlított az ebben az időben fejlesztés alatt álló IBM 360 rendszer családj felépítéséhez. (két szintű busz-rendszer).

A címzési rendszer numerikus, direkt, relatív, vagy indefinit hosszúságú indirekt és/vagy indexelt címlánccal működött. A címzési flexibilitása a rendszer szoftver fejlesztésében mutatkozott hatékonyan. Az aritmetikai szervezés bináris rendszerben működött, decimális kezelés csak szoftver útján volt lehetséges.

A mechanikai tervezés is a modularitás elvét követte: a számítógép alapszekrénye két egymás felett elhelyezett tartópolcot tartalmazott, melyekbe a hátoldalon kifeszített párhuzamos vezetékcsort (belső busz-rendszer) helyeztek el, ezek szolgálták mind a tápfeszültségek szétosztására, mind az egyes modulok közötti vezérlés és adatkommunikáció biztosítására. A szekrények modulárisan egymás mellé szerelhetően garantálták a nagyobb konfigurációk létrehozását. A szekrények biztosították egyben a hűtési légutak terelését is, ami kis konfigurációnál célszerűen természetes léghűtésre, nagyobb konfigurációnál, vagy meleg környezetben mesterséges szellőzésre állítva szolgáltatta a szükséges üzemi hőfokot. A szekrények sínrendszere limiterekkel korlátozta a jel-tranziensek kialakulását. A szekrényeket egyszerű mozdulattal leakasztható, festett pozdorjalemezek borították s adtak a rendszernek modern, formatervezett külsőt. A tápegység, illetve az egyes modulok betolható és a sínrendszerre dugaszolható egységként a polcokon egymás mellett helyezkedtek el egy, vagy több modul-dugaszolható dobozban, amelyek bonyolultsági fokuk szerint egy vagy több nyomtatott áramkört tartalmaztak egy sín-csatlakozóval. A modulok sorrendi elhelyezése tetszőleges volt. A perifériális eszközök csatoló moduljai ezen felül hátoldalukon tartalmazták a szükséges kábelcsatlakozásokat (külső buszrendszer) is, ezekre sorosan felfűzhetően illeszkedtek az azonos elven működő (byte-, illetve blokk-transzfer) perifériás egységek. Az operátori munkahely festett pozdorjalemezből készült, formatervezett íróasztal volt, minimálisan 1–1 darab lyukszalag-olvasó, illetve lyukasztó egységgel (FACIT gyártmány), valamint dialógus eszközként írógép egységgel (IBM gömbfejes), és bővítési lehetőséggel. Tartalmazott továbbá optikai kijelző egységet, melyre elemzési célból a gép belső regisztereinek tartalma és státusa lehívható volt.

A számítógép szóhosszúsága 3 byte (24 bit) volt. Ebből az utasítások ábrázolásánál 1 byte szolgált a műveletek kódolására, 2 byte a címzés és index kezelésére, adatkezelésnél a teljes szó, azaz 3 byte (24 bit) volt használatos. A folyamatirányító változatnál az egyes byte-ok hét bites információ-tartalommal és paritás-ellenőrzéssel működtek a nagyobb biztonság elérése céljából. Az ügyviteli változatnál az egyes byte-ok teljes bináris tartalma érvényesült, belső paritásellenőrzést nem alkalmaztunk.

A gép indítása (boot-processing) fix (ROM) tárba épített indító programmal történt, mely kijelölt perifériáról olvasta be a gép indító (BIOS) és operációs rendszerét (BOSS = Basic Operating Software System). Ezután a dialógus írógép segítségével az operátor interaktívan vette át a gép irányítását. A fejlett megszakítási rendszer lehetővé tette több program párhuzamos futtatását, az erre a célra kialakított operációs rendszerrel (MOS = Multiprocess Operating System), ez elsősorban folyamatirányítási célra kellett, de ügyviteli célra is kifejezetten jól alkalmazható volt.

A géphez a gyár szoftver osztályán és a gyári megrendelésre bedolgozó kooperáló, vagy önálló szervezőintézetekben részben alkalmazási, részben (autokód szintű) fordító nyelvek és programok készültek. Az ügyfélszolgálat keretében a szoftver osztály és a kereskedelmi részleg feladatköre volt a vevők gépkezelési és programozási támogatása, az oktatás megszervezése is.

A fejlesztés 1964-ben kezdődött, első ütemének lezárása, átállítása a germánium bázisról szilícium bázisra és a kísérleti gyártás 1968-ban volt. Erre az időre már kialakult és felépült a hagyományos analóg-műszerek gyártórészlege mellett a teljes kapacitással funkcionáló digitális gyáregység is, nem volt akadály a folyamatos gyártásnak és értékesítésnek.

A felfutó létszám és a kiforrott gárda a gyárra irányította a szakmai és az iparági vezetés figyelmét. Időközben megindult a KGST-ben is a számítástechnika iránt az érdeklődés, „úri huncutság” helyett „igénnyé” vált a számítógép, így természetesen az időközben az OMFB (Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság) által alapított SZKI (Számítástechnikai Koordinációs Intézet) mellett az EMG szakértői gárdája is helyet kapott a nemzetközi tárgyaláso-

kon. A tárgyalások eredményeként Magyarország vállalta a legkisebb KGST típus, az R10 számítógép-kategória fejlesztését és gyártását.

Az OMFB – mint a nemzetközi kooperáció koordinátora – az EMG-t tekintette ebben az időben az R10 számítógép leendő fejlesztő és gyártó bázisának, így jelentős részt vállaltunk az előkészítésben, a technológiai és kivitelezési alapként megcélzott konstrukciót gyártó francia CII céggel lefolytatott licenc-átvételi tárgyalásokban és a licencgyártásában. A francia cég az EMG beható átvizsgálása után a gyárat alkalmasnak találta az R10 gyártására és e célból leszerződött a CII 10010 gép licencének átadására.

A francia kooperáció 1968-ban indult, és ennek eredményeként az EMG felkészült mind technológiában (IC alkalmazás, több rétegű nyomtatott áramkör gyártása), mind szellemi fogadás szintjén a típus gyártására. A termelés francia import alkatrészekre alapult. A felkészülés nagy intenzitással megindult (gyártórészleg-technológia modernizálása, saját mérnökök franciaországi kiképzése), majd 1970-ben a kísérleti gyártás sikeresen lezárult, a francia fél minőségileg átvette az elkészült mintadarabokat.

Ekkor a KGM, mint a kohó- és gépipar irányítója úgy határozott, hogy a most már évtizedes tapasztalattal rendelkező, megfelelő számú szakembert foglalkoztató EMG helyett a témában kezdő VIDEOTON céget jelölte ki a profil gazdájának. A profil átadás-átvétele 1970. nyarán megkezdődött.

E rendelkezés hatására és más személyi okokból az EMG szakgárdája úgy reagált, hogy nagy része más munkaterületekre távozott, de nem a VIDEOTON-hoz és ezzel az EMG-t és az iparágat a legnehezebben pótolható, tömeges szakember-veszteséggel sújtotta.

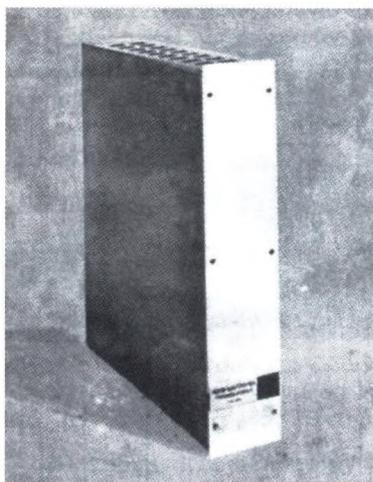
Ezután az EMG gyártási profilja a számítástechnika területén bizonytalanná vált, ez irányú tevékenysége visszaesett, a hetvenes években nem egy alkalommal került csődhelyzetbe. Annak ellenére, hogy újabb, EMG 840 típuszámmal jelölt (integrált elemekkel épített) számítógépet is kidolgozott szerszám-gép-vezérlési célra, a gyár a visszamaradt és megmaradt termelése zömét kitevő analóg elektronikus műszerek gyártásában a piaci helyzet alakulása folytán elvérzett, egy évtizeden belül a cég teljesen megszűnt.

Az 1970-ben mutatkozott fejlődési csúcsra még a társadalmi szervezetek is felfigyeltek. Részben az iparág, részben az akkori ifjúsági szervezet anyagi támogatásával filmet akartak készíteni a gyár, de különösen a fejlesztő laboratórium életéről „Fényes tekintetűek” címen (a film KGM-MTTI film laboratóriumában készült), de a kb. egy évig forgatott film készítését keresztelte a számítógépgyártást átprofilozó rendelet, így végül a film – forgatása során – egy „kór-történeti alkotássá” sikeredett. A film azonnal megkapta a vetítési tilalmat, máig is dobozban várja (ha még fellelhető), hátha megnézné valaki.

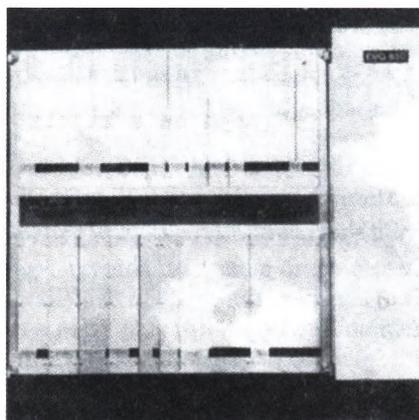
Így ért véget az EMG számítástechnikai dicsősége. Természetesen az EMG fejlesztő és gyártó tevékenységének hatása országos viszonylatban nem állt meg a téma átprofilozásával és visszafogásával. A fejlesztési laboratórium által kidolgozott, bevezetett módszerek, konstrukciós elemek és eredmények, a megszerzett számítástechnikai gyakorlat gyors és országos elterjedése megindult. Annak ellenére, hogy az EMG Digitális gyáregység laboratóriumában kiemelkedő képzettséget és gyakorlatot szerzett mérnök- és technikus-gárda nagy része nem került a VIDEOTON állományába, új munkahelyeiken, később saját vállalkozásaikban jó szellemi és gyakorlati alapot képeztek az ország általános számítástechnikai fejlődésének felgyorsulásához.



1. ábra. Logikai részegység felépítése (microcard szerelt lemez)

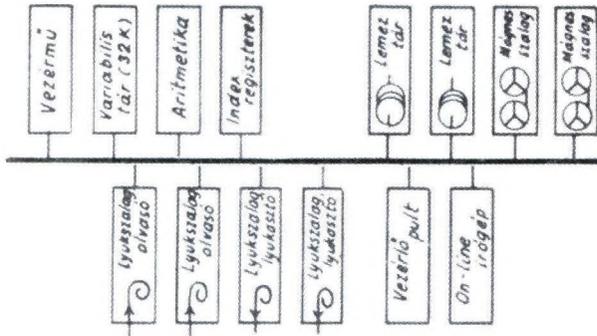
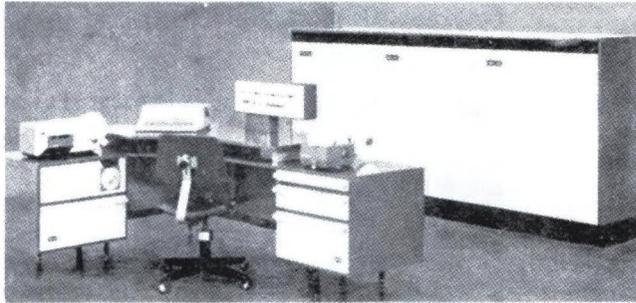
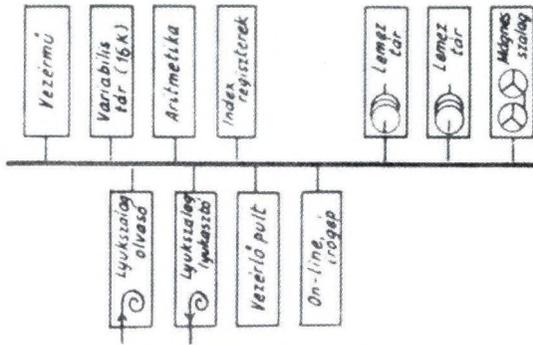


2. ábra. Funkcionális egység (vezérmű, regiszterek, index,...)



3. ábra. Szerelt számítógép szekrény (tápegység, rendszer, hűtés, ...)

MŰSZAKI-TUDOMÁNYOS SZÁMITÓGÉP



ADATFELDOLGOZÓ SZÁMITÓGÉP

4. ábra Teljes rendszer (Kezelőpult, számítógép, ...)

A HAZAI FÉLVEZETŐKORSZAK HAGYATÉKA: A GYÖKEREK MEGMARADTAK, ÚJRA ÉS ÚJRA KIHAJTANAK ÉS TERMÉST HOZNAK

Giber János

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Természettudományi Kar
Atomfizika Tanszék

A félvezetőgyártás '60-as évek elejei megerősödése, léte döntően kihatott arra, hogy a hazai félvezető-elektronikai ipar az ország egyik húzó ágazatává vált. Nem véletlen az sem, hogy Valkó Iván Péter professzor révén 1963-ban a tranzisztor hivatalosan is bevonulhatott a BME oktatásába: az Elektroncsőtechnikai Tanszék Elektronikus Eszközök Tanszékké alakulhatott, amely Valkó professzor, majd utódai – Tarnay Kálmán és Székely Vladimír – vezetése alatt e terület nemzetközileg elismert kutatóbázisává vált és maradt.

Napjainkban is virágzik a félvezető-tudomány az MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézetében.

A KFKI-ban 1969 után indult a félvezető-kutatás Gyulai József vezetésével, aki – az 1960-as évekbeli Izzó-kapcsolatait és az USA-beli ionimplantációs tapasztalatait kamatoztatva – az 1970-es évek elejére egy működő kísérleti gyártást is létrehozott. A kialakult „műhely” emlékezetes eredményeket ért el az első hazai mikroprocesszor létrehozásával (Keresztes Péter, 1980). Technológusként dolgozott itt az Izzóból átigazolt Andrásiné, Schillerné, Erdélyi Katalin, Gyimesi Jenő és mások. Az Izzóból jött át az IC-konstruktőr: Mohácsi Tibor is.

Az MFKI a saját tudományos bázisán haladt. Ferenczy György, Lendvay Ödön, Belezny Ferenc, Lőrinczy András voltak itt a munkatársak. Az MFKI kiemelkedőt alkotott, amikor Lendvay Ödön vezetésével nemzetközi elismerést szerzett optoelektronikai eredményeivel, különösen a LED-család megteremtésével.

A MEV felszámolásával a legkiválóbbak máig élő centrumokat hoztak létre. Így pl. Huszka Zoltán vezetésével létrejött egy mikroelektronikai fejlesztő vállalkozás, amely ma AMS Austria Microsysteme International Fejlesztő és Forgalmazó Kft. néven virágzó nemzetközi cég. Gyimesi Jenő ma a Dunasolar Rt. egyik vezetője. Endródi Béla, az Izzó FFF egykori munkatársa, ma az Optiris Kft-ben az optikai vékonyréteg-előállító részleg vezetője. Az „utódok” között kiemelkedik az 1987-ben, 100%-os magyar céggé lett létrejött Mikrovákuum Kft. – a Szendrő István és Erdélyi Katalin házaspár vezetésével – az Izzóban, majd a MEV-ben felnövekedett szakemberek részvételével.

A HIKI vékony- és vastagréteg-hagyományait máig őrzi a mostani nevén Microsensor Kft. (Ligeti Róbertné, Bársony István): jelenleg egy svájci céggel (a Contimex-szel) vannak szoros kapcsolatban. Ez a csoport a MEV széthullása után hőmérséklet- és nyomásérzékelőket gyártott, ma pedig optikai és induktív közelítéskapcsolókat (szerelőszalagok számára) gyárt.

Az MTA SZTAKI, amely a '60-as évek végén elsőként karolta fel az integrált áramkörök fejlesztését, ma kiemelkedő, világhírű eredményeket ér el a legújabb számítógéprendszerek területén (például Dr. Roska Tamás akadémikus).

Giber János ma a BME Atomfizika Tanszékén dolgozik. A félvezető-hagyományok itt is élnek: a Siemensszel együttműködve félvezető-alapú szenzorok kutatásával foglalkoznak, ma Richter Péter professzor által vezetett sokprofilú tanszéken, egy témakör keretében.

Az „utódok” között ma a legjelentősebb a MEV bázisain (Bp. Fóti út, Gyöngyös), „feléledt” nagy vállalkozás a Vishay világcég (a német Telefunken tulajdonosa) magyar vállalata, a Vishay Hungary Kft. vezérigazgatója, dr. Balogh Béla, aki az Izzó Félvezető Fejlesztése nőtt fel és egy ideig a MEV-et, majd az INTERMOS Rt-t vezette. A Vishay nem véletlenül vásárolta fel a magyar bázisokat: az itt dolgozók (korábbi izzós és HIKI-s fejlesztők) magukra hagyva is bizonyítottak. A Telefunken gyár számára szállítottak kiváló termékeket.

A Vishay Hungary ma mintegy 1200 főt foglalkoztat, egyelőre megosztva a gyöngyösi és a budapesti telephely között. Gyöngyösön hagyományosan diódák és egyenirányítók gyártása folyik (a Motorola-kooperáció részeként gyártott fémházas tranzisztorok előállítására 2000 elején megszűnt). Budapesten a hagyományos tranzisztorgyártás mellé 1998 óta felnőtt az optoelektronikai termékek előállítása.

Mindkét telephelyen teljes rekonstrukciót hajtott végre az anyacég; a nemzetközi minőség tanúsítványok lényegében teljes sorával (ISO 9002, QS 9000/VDA 6.1, ISO 14001, OH-SAI 18001) rendelkező cég kiemelkedő minőségben állít elő alkatrészeket; vevői a világ vezető elektronikai gyártó cégei.

A NEMZETKÖZI HELYZET, A TUDOMÁNY, A TECHNIKA ÉS A TANULÁS KAPCSOLATA A XX. SZÁZADBAN

Kovács Magda

Gábor Dénes Főiskola
telefon: 436-6500

Bevezetés

A tudományos mérnöki munka – mint közvetlen termelőerő – funkciójában és helyében az elmúlt évszázadban minőségi változás következett be. Ennek a változásnak hatásai világviszonylatban a következők:

- A tudományos kutatás-fejlesztés szakterületei nagymértékben bővültek, és ezzel kiadásai is több ezerszeresre növekedtek.
- A tudományos eredmények:
 - lényegesen több jövedelmet termelnek, mint bármely más beruházás;
 - növelik a társadalmi munka termelékenységét;
 - csökkentik a tőke megtérülési időtartamát; különösen gyorsan térülnek meg a kutatásokra fordított költségek, gyorsuló megtérülést tendenciát mutatva (jelenleg 3-5 év).
- Csökken a felfedezéstől a találmányig és a termelésbe történő bevezetésig szükséges időtartam.

Néhány adat:

Téma	Felfedezés	Találmány	Időtartam (kb.)
fényképezés	1768	1870	102 év
telefon	1820	1876	56 év
rádió	1864	1899	35 év
TV	1922	1936	14 év
radar	1926	1940	14 év
atombomba	1939	1945	6 év
számítógép	1942	1946	5 év
tranzisztor	1949	1953	5 év
integrált áramkör	1959	1961	3 év
mikroprocesszor	1969	1971	2 év
személyi számítógép	1973	1975	2 év

Téma	Felfedezés	Találmány	Időtartam (kb.)
Internet hálózat (TCP/IP)	1983	1985	2 év
ISDN telefon	1993	1995	2 év

- A mikroelektronikai eszközök területén is felgyorsult ez a folyamat. Egy-egy minőségi ugrást előidéző technológiai vagy rendszertechnikai találmány 3–5 évenként jelentkezik a mikroelektronikai kutatások-fejlesztések gyakorlatában.
- A tudományos kutatás-fejlesztés mértékétől és hatékonyságától függ a nemzeti jövedelem nagysága. A műszaki kutatás-fejlesztési témák kiválasztásánál figyelembe veszik a várható hatékonyságot, és optimumot keresnek a műszaki és gazdasági lehetőségek mérlegelésével.
- A tudományos kutatási feladatok kidolgozásának gyorsítása érdekében növekszik a technikai felszereltség színvonala, az eszközök egy részét már a tudomány termelési eszközeként alkalmazzák; ilyen eszköz pl. a számítógép.
- Kialakult a komplex kutatási forma (az adott témát végigvizsgálja a téma felvetésétől a gyártás bevezetéséig, sőt a marketingig), annak következtében, hogy a kutatási munka célkitűzéseiben és tartalmában egyre közelebb került a közvetlen anyagi termeléshez.
- A kutatási tevékenység támogatása, irányítása központi állami feladattá válik, tekintettel arra, hogy az a gazdasági fejlődést alapvetően alakítja. Nem véletlen, hogy az alap- és az alkalmazott kutatást jelentős állami támogatással végzik a fejlett ipari országokban.
- A tudományos termelőerő személyi feltételeinek biztosítása érdekében legtöbb ország nagy állami befektetésekkel alakítja át a meglévő iskolarendszerét, oktatási módszereit a felsőoktatásban, továbbá felkészül az egy életen át tartó (life long) továbbképzésre.

Fejlődési tendenciák világviszonylatban

Az elektronika tudománya 100 éves múltra tekint vissza. Edison felfedezései alapján francia mérnökök elkészítették az első elektronsövet. Ezzel megindult egy olyan – az anyag szerkezetén és mozgástörvényein alapuló – felfedezés-sorozat és annak gyakorlati alkalmazása, amely visszahatva az alaptudományokra, óriási lendületbe hozta azok fejlődését, minden szakterületen. De a kultúra széles körű terjesztésében is elvitathatatlan szerepe van az elektronikus készülékeknek, a rádióknak, televízióknak stb.

A további jelentős térhódítást a professzionális elektronika jelentette, ahol a megoldásra váró feladatok következtében egész sor új tudományág jött létre. Ilyen tudományág a logikai elektronika, melynek tulajdonságaihoz legjobban a digitális technika alkalmazkodik.

A következő nagy előrelépést Neumann János, magyar származású matematikus terve alapján a tárolt programú rendszerek megalkotása jelentette. Új távlatokat nyitott az elektronika további fejlődésében, amikor megalkották a programvezérlésű digitális elektronikus számítógépet.

A kettes számrendszer alkalmazása, a logikai döntések kétértékűsége, illetve a számítási és logikai műveletek áramköri megvalósítása az egyre nagyobb integráltsági fokú félvezető eszközökkel – vagyis e három tényező szerencsés találkozásának eredményeképpen – olyan műszaki-gazdasági eredmény született, hogy ma egy Ford gépkocsi néhány centbe kerülne, ha az autógyár ugyanolyan mértékben tudta volna csökkenteni az árait, mint a félvezető gyárak.

Az elektronikus adatfeldolgozás, folyamatszabályozás, a gondolkodó gépek, az összetett tudományos feladatokat megoldó berendezések elterjedése és továbbfejlesztése alapjaiban vá-

toztatja meg az ipart, a mezőgazdaságot, az oktatást, a gyógyászatot, az adminisztrációt, és fokozatosan átszövi társadalmi, gazdasági életünket.

A számítógépek alkalmazása a társadalmi, gazdasági jelenségek területén új vizsgálati lehetőségeket tár fel, melyeknek segítségével új módon lehet előre becsülni a társadalmi folyamatok eredményeit, és következtetni lehet arra, hogy milyen új társadalmi folyamatok kialakulása várható a jövőben.

Az elektronika térhódítása a műszaki-gazdasági folyamatokban olyan minőségi változásokat eredményezett, amely megsokszorozta a fizikai és a szellemi munka termelőképességét.

Nehézséget okozott a digitális számítógépek gyakorlati kivitelezése. Már egyszerű logikai feladatok megoldása is nagyon nagy mennyiségű elektroncsövet, kondenzátort, ellenállást és egyéb alkatrészt igényelt. A hagyományos alkatrészekkel felépített, több szobát betöltő, elektronikus programvezérlésű számítógépek energiaigénye jelentős volt. A megépítésükhöz felhasznált alkatrészek nagy száma miatt problematikussá vált bonyolultabb berendezések készítése.

A fejlesztések során elértek egy olyan ponthoz, amikor az elektronika – egy új elméleti tudományággal gyarapodva – lehetségessé tette bonyolult feladatok megoldását: pl. digitális számítógépek tervezését, de a gyakorlat kivitelezésnek határt szabtak az alkatrészek megbízhatósági adatai. Új megoldásra volt szükség, mert a diszkrét alkatrészek technológiai korlátai miatt, a számítógép elméletileg bizonyított legfőbb jó tulajdonságai megvalósíthatatlannak voltak.

Új technológiai irányzatok kidolgozásának szükségessége

Nagy számítástechnikai rendszereket csak áramköreinek, „építőköveinek” technológiai fejlesztése alapján lehetett megvalósítani.

Ez a szükségszerűség ösztönözte a technológusokat, és megszületett az új felfedezés a szilárdtest integrált áramkörti technológia, amit az elektronfizika, szilárdtest-fizika, kémia és a többi társtudományokban elért eredmények tettek lehetővé.

A kutatási eredmények megoldották – az anyag szerkezetéből eredő tulajdonságok ismeretében – a félvezető technológiákkal egyre bonyolultabb berendezések megvalósítását, egyre jobb műszaki és gazdasági mutatókkal. A félvezető eszközök konstrukciójának, előállításának technológiájának és alkalmazásának fejlődése a II. világháborút követő időszakban minden korábbi várakozást felülmúlt, és a fejlett ipari országokat példátlan anyagi és szellemi tőke koncentrációjával alig egy emberöltő alatt az *ipari társadalomból* – nem minden társadalmi feszültség nélkül – az ezredfordulón az *információs társadalomba* vezeti át. E fejlődés elképzelhetetlen volt hazai viszonylatban a villamosmérnök-képzés (1. melléklet), továbbá az elektronikai kutatási-fejlesztési tevékenység nélkül és ennek egyik csúcsterméke, a számítógép, fejlesztési elképzelései nélkül. Egy 1980-ban végzett felmérés adatai szerint Magyarországon 470 féle asztali számítógép készült.

A tranzisztorhatásnak, 1948-ban később Nobel-díjjal elismert felfedezését követően, alig egy évtized kellett ahhoz, hogy az egyszerű germánium tús tranzisztorral megkezdődött rövid germánium korszak átadja helyét a szilícium-egy kristályból készített eszközöknek; nevezetesen az integrált áramköröknek.

Ismeretes, hogy a digitális technikai berendezéseket, a számítógépeket alkotó nagy számú áramkör, 2–3 különböző alapáramkörből tevődik össze, melyek minden digitális készülékre

vonatkozóan azonosak lehetnek. Ezzel lehetővé vált az áramkörök szabványosítása, az egységáramkörök tömeggyártása.

A tranzistorok, diódák különálló elemként való gyártása és összeszerelése egyéb alkatrészekkel egységáramkörökké, nagy technológiai előrelépést jelentett a készülékszerelésben mert nem alkatrészekkel, hanem előre gyártott áramkörköcskékkel, kártyákkal történt, de a sok forrasztás miatt gyakran fellépő hibák és a magas költségek további technológiai kutatásokra ösztönöztek.

Nagyarányú technológiai kutatások folytak nagy befektetésekkel, az egyedi alkatrészekből készülő, megbízható, olcsó egységáramkör-technológiák kidolgozása érdekében. Magyarországon is gomba módra szaporodtak a különböző automatizált szerelést biztosító technológiák (mikromodul), de a félvezető integrált áramkör (Integrated Circuit – IC) 1959-es megjelenésétől számítva, néhány év alatt minden korábbi fáradozást és befektetést elsöpört. Műszaki és gazdasági előnyei elvitathatatlanok voltak, egyeduralmukodóvá vált először a digitális majd az analóg technikában is.

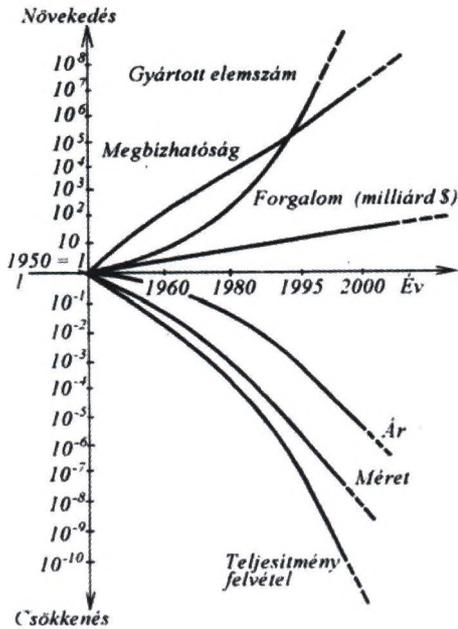
Az elektronikai alkatrész- és berendezés-gyártás kölcsönhatása a digitális technika területén

Az elektronikai ipar fejlődési lehetőségeit alapvetően meghatározzák az alkatrészek, funkcionális egységek minőségi és mennyiségi paraméterei.

Ismeretes, hogy a nagyszámú alkatrészből felépülő digitális számítógépek elkészítésének és gyakorlati alkalmazásának sok évig határt szabtak az elektronikai alkatrész-paraméterek korlátai. Új megoldásokra volt szükség a berendezések megvalósításához, ami ösztönzően hatott a kutatásra. Ennek eredményeképpen az alkatrészek megbízhatósági, teljesítményfelvételi, méret-, ár-adatai 10 nagyságrendet meghaladó mértékben javultak (1. ábra). Ez a javulás nagyrészt a technológiai kutatásfejlesztés hatására megvalósítható egy chip-en belüli alkatrész-szám, vagyis az integráltsági fok növelésének következménye.

A fejlesztések már 1950-ben arra irányultak, hogy egyedi alkatrészek helyett a kapcsolóüzem követelményeinek megfelelő áramköröket készre szerelve hozzanak forgalomba.

A hagyományos egység-áramköröket egyedileg előállított alkatrészekből a berendezésgyártók tervezték, szerelték, tokozták, a helyi adottságoknak, felkészültségnek, igényeknek megfelelően. A nagy költségek, a sok hibaforrás (forrasztás) további kutatásra ösztönöztek. A mikromodul (MM), noha nem felelt meg a gazdasági várakozásoknak az automatizált szerelhetőség ellenére sem, mégis az első lépést jelentette az egységes – szabvány – áramkörök megalkotása terén azzal, hogy az áramkörgyártás átkerült az alkatrészgyártókhoz. Ez a folyamat folytatódott az IC technológia megjelenésével, ami a gazdaságos megoldás eszköze lett, és ezzel megindult a számítástechnika tömegméretű fejlődése.



1. ábra. Az aktív elemek jellemzőinek alakulása (becsült értékek)

A bázis-év: 1950.

A jellemző aktív alkatrészek:

- 1950-ben az elektroncső,
- 1960-ban az elektroncső és a diszkrét félvezető,
- 1970-ben a diszkrét félvezető és az IC (SSI, MSI),
- 1980-ban az IC (MSI, LSI, VLSI),
- 1990-ben az IC (LSI, VLSI),
- 2000 az IC (VLSI és biochipek).

SSI (Small Scale Integration) = kis bonyolultságú integráltság

MSI (Medium Scale Integration) = közepes bonyolultságú integráltság

LSI (Large Scale Integration) = nagy bonyolultságú integráltság

VLSI (Very Large Scale Integration) = nagyon nagy bonyolultságú integráltság

Biochip, biolapka olyan funkcionális elemekből álló chip, amelyet biológiai vagy szerves anyagokból bio-eljárásokkal készítenek.

Az integráltsági fok növelésével egyre inkább a szilárd anyagon belüli szerkezet kialakításából, és nem alkatrész-összeszerelésből áll a technikai berendezégyártás elektronikai része, vagyis a szerelés az IC gyártás színvonalára emelkedett (2. ábra). Ugyanakkor az integrált áramkörök, funkcionális egységek belső felépítése, konstrukciója is egyre tökéletesebbé vált, mert a piacok megszerzése érdekében a nemzetközi versenyt kell minden alkotó-elemnek kiállnia. A technológiai fejlesztések a gyorsasági stb. paraméterek javítása mellett elsősorban az egy chipen belüli alkatrész-sűrűség növelésére, vagyis az integráltsági fok növelésére irányultak.

Áramkör és integráltsági fok	Egy aktív eszköz ára	Alkatrész gyártónál	Berendezés gyártónál
Hagyományos áramkör 1 kapuáramkör	0,1\$		
MM mikromodul 1 kapu	0,1\$		
IC SSI=1-10 kapu MSI=10-10 ² kapu	0,01\$ 0,01-0,001\$		
IC LSI=10 ² -10 ⁴ kapu	0,002-0,0001\$		
IC VLSI=10 ⁴ kapu felett	0,0001\$ alatt		

● Digitális berendezés tervezés-szerelés

2. ábra. Iparszerkezeti változás az elektronikai iparban a digitális áramkörök és berendezések tervezése és szerelése területén

A rendszertechnika fejlődése az integráltsági fok növelése tükrében

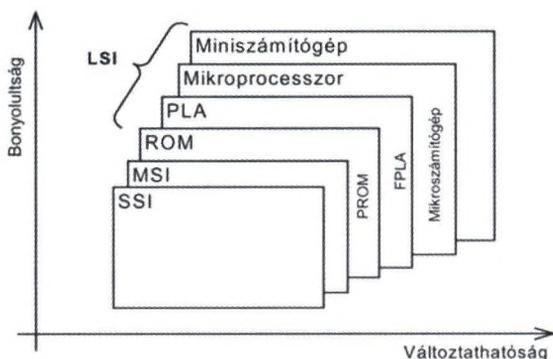
A rendszertechnika által legkorábban sürgetett és a legkönnyebben meghatározható célkitűzés volt az olcsó, nagykapacitású és gyors táruk kifejlesztése.

Az IBM 360-as számítógéprendszer megjelenésével (1964) igen jelentős irányzat lett a vezérlőegység helyettesítése „tárolt logikával”, azaz mikroprogramozott vezérléssel. Ennek fő oka, hogy a mikroprogramozott számítógépek gyártása kezdett gazdaságossá válni.

A digitális rendszertechnika igényeinek kielégítésére valósították meg a nagy kapacitású, gyors és olcsó félvezető memóriákat. A memória gyártócégek a MOS-LSI technológiai lehetőségeinek birtokában olyan vezérlőegység kifejlesztését tűzték ki célul, amely a táruk alkalmazási lehetőségét kibővíti, az igényre 1969-ben megszületett a mikroprocesszor.

Megvizsgáltuk az integrált áramkörök spektrumát a „bonyolultság” és a „változtathatóság” függvényében (3. ábra). Az SSI áramkörök megjelenése felszabadította a tervezőket a diszkrét áramkörös logikákkal való tervezés alól. Az MSI áramkörök sok logikai funkciót tartalmaznak, pl. multiplex, demultiplex, dekóder, számláló stb., így az előbbiekhöz hasonló tervezési ráfordítással több vagy bonyolultabb feladat vált megoldhatóvá.

Az MSI-hez képest forradalmi változást jelentettek az LSI áramkörök között a ROM, PROM memóriák mikroprogramtárakként való alkalmazása és a mikroprocesszorok megjelenése. Ezek jelentős strukturális változást idéztek elő a számítógép vezérlőegységében és a digitális célberendezésekben, de nemcsak egy-egy berendezésen belüli strukturális változást eredményeztek, hanem létrehozták a berendezések strukturális közeledését is.



3. ábra. Az integrált áramkörök spektruma

Tervezőink viszont kiszorultak először az alapáramkörök, majd sorban az egyre bonyolultabb funkcionális egységek tervezésének munkáiból is. Hiszen egy világvetélyt kiállt funkcionális egység újratervezése értelmetlen munka lett volna.

Az integrált áramkörök megváltozott szerepe

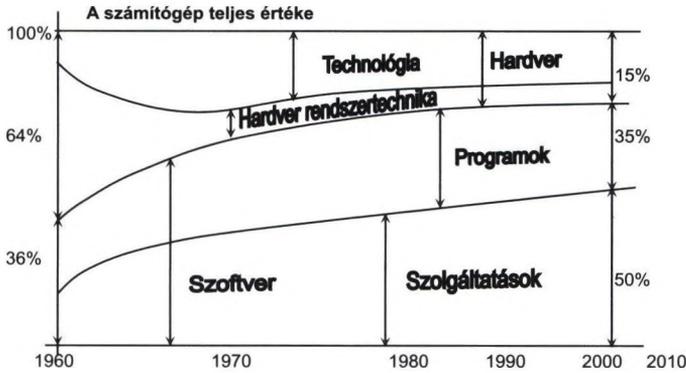
Az eddigiekből következik, hogy az integrált áramkört (IC-t) nem kezelhettük úgy, mint egy alkatrészt a sok közül, nemcsak azért, mert az előállítás sokirányú tudományos munkát és egy gazdaságilag kis- vagy közepesen fejlett ország erejét meghaladó tőkebefektetést igényelt, hanem főleg azért, mert a digitális IC- gyártás és a számítógép elektronikai részének gyártása rövidesen gyakorlatilag azonossá vált. A számítógép kulcsfontosságú szerepe pedig közismert a tudományos technikai forradalomban. A számítógép mint termelőeszköz, és mint a szellemi munka termelőeszköze, egyre gyakoribb minőségi ugrásokra készíti az ipar minden ágát, a gyógyászatot, a mezőgazdaságot stb. – de magát a tudományos kutatást is – beleértve az összes szakterületet.

Az IC jelentőségének korai felismerésére utal a kezdeti USA tőkebefektetések nagysága, ami akkor a stratégiai úrkutatási szempontoknak megfelelően állami támogatással is párosult, és így óriási előnyhöz jutottak, tekintettel az 5–6 évenkénti szintugrásokra. A befektetések nagyságára utalt az a tény is, hogy a gazdasági siker biztosítása az IC gyártásában a nyugat-európai cégeknek már 30 évvel ezelőtt is csaknem elérhetetlen feladatot jelentett. (2. melléklet)

Hozzájárul ehhez az USA által diktált árak nyomán kialakult iparpolitikai helyzet, amivel a piacon való egyeduralmat igyekeztek megtartani, ami természetesen a számítógép-piac feletti egyeduralmat is jelentette.

A szoftver-hardver arány

A hardver arány a számítógép értékében nagymértékben csökkenő, míg a szoftver és a helyi alkalmazás költségének aránya növekvő tendenciát mutatott, lásd IBM becslés (4. ábra). A 15% hardverből 3% a központi egység értéke, vagyis a perifériák nélküli számítógép, ami főleg az integráltsági fok növekedése folytán bekövetkezett IC és berendezésgyártás önköltség-csökkentésének eredménye.



4. ábra. A szoftver-hardver értékarány változása a számítástechnikában (IBM adatok, becsült érték)

A fejlődési folyamatok törvényszerűségei a digitális technikában a szintemelő mozgások számítása és ábrázolása

A fejlődési folyamatok vizsgálatához a gazdasági mozgások időbeli és térbeli törvényszerűségeit kellett felderíteni. A gazdasági változások gyakorlatában folyamatos és szakaszos mozgási formákat különböztetnek meg. Folyamatos változásnak tekinthető például az egyes technológiák aprólékos, állandó jellegű fejlesztése, a rész megoldások tökéletesítése. Szakaszos, ugrásszerű (mutációs jellegű) emelkedést váltottak ki az olyan nagyszerű találmányok, mint a tranzistor, integrált áramkör stb. A folyamatos fejlődésáramlást analitikus függvényekkel lehetett kifejezni, az idősorok extrapolálására használt trendvonalak egyenleteivel. Tekintettel a dinamikus fejlődésre, a gazdasági növekedés trendjeit lineáris, exponenciális vagy hatvány-függvényekkel számíthatjuk. Feltételezve, hogy

az y szintnövekedés lineáris, $y=f(t)$ -re

az extrapoláció: $y=y_0+bt$ (t = idő, y_0 = bázis szint, b = az éves állandó növekmény).

Exponenciális szintemelkedésénél $y=f(t)$ extrapolációja: $y=y_0(1+p)^t$ (p = az éves növekedési ütem). Hatványfüggvénnyel közelíthető az extrapoláció, ha az évi növekedési ütem nem állandó, hanem monoton növekvő vagy csökkenő

érték-sorozat: $y=f(t)$, $y=a \cdot t^b$ (a = technológiai tényezőktől függő konstans).

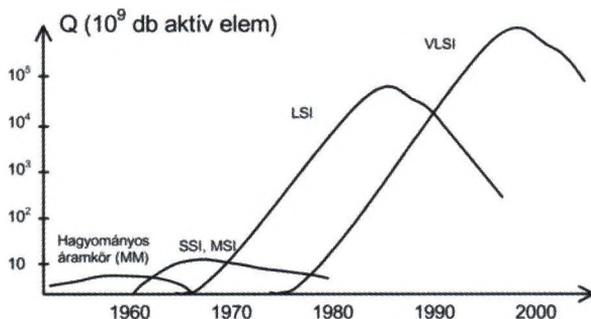
A szakaszos fejlődés-ugrások esetén a fejlődés tendenciáinak vizsgálatára a prognosztika módszertana a burkológörbe extrapolációs eljárást ajánlja, amelyre akkor van lehetőség, ha az egyes lépcsőket reprezentáló eszközök, eljárások, paraméterei, meghatározó fő tényezői, részfejlődési szakaszai, gyakorlati lehetőségei, megoldásai stb. egységes rendszert alkotnak.

Megvizsgáltuk az áramkör-felépítés fejlődésének menetét, azt tapasztaltuk, hogy a folyamatos minőségjavulás mellett egy-egy nagyszerű új eljárás vagy új rendszertechnikai megoldás, mint pl. az IC vagy az IC technika belül az LSI, alapvető változásokat hoz létre az elektronikában. A digitális áramköröknél minőségi változást (szintugrást) jelent a bonyolultsági fok nagyságrendekkel való növelése, ennek megfelelően rajzoltuk fel az életgörbékét (5. ábra).

Az életgörbékéből, illetve azok empirikus sűrűségfüggvényének integráljával nyert fejlődés-görbékéből, az úgynevezett S görbékéből szerkesztettük meg az X trendvonalat (6. ábra). Az X

trendvonal – a tudományos-technikai fejlődés trendje – az egyes minőségi változást jelentő bonyolultsági foknak, vagy egyéb még korszerűbb megoldásnak (molekuláris elektronika, bioelektronika stb.) megfelelő fejlődési görbék burkoló görbéje.

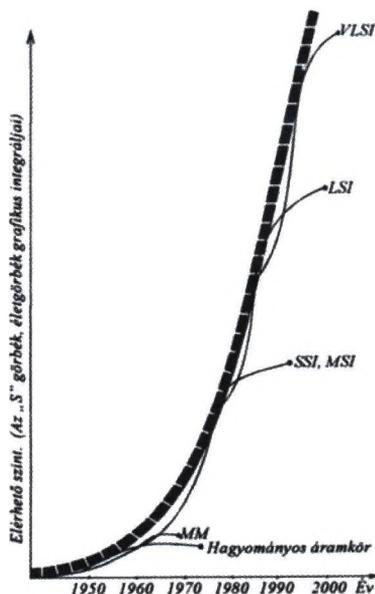
Az X egyre meredekebb lesz, jelezve, hogy az egyes típusok gyártása, illetve piacon maradása egyre rövidebb ideig tart, amivel jelzi a következő szintugrás bekövetkezésének feltételezhető idejét.



5. ábra. A digitális áramkörök életgörbéi a bonyolultsági foknak megfelelően

Az itthon tapasztalható lemaradás csökkentése a hardver vonalon reménytelen. A fejlődési folyamat szinte objektív, vagyis a szintugrások várható következményeivel számolni kell.

A hazai digitális technika kutatás-fejlesztésének egyik legfontosabb szerepe, hogy az így szerzett ismeretek alapján meg tudjuk határozni a szintugrást. Reméltük, hogy licenc vagy know-how vásárlására vonatkozó adatokat kapunk.



6. ábra. A digitális áramkörök fejlődésének burkológörbéje

Fő feladatunk volt a változások – a fejlődési folyamat – figyelése, ugyanakkor a gazdasági mozgások időbeli, s egyben térbeli törvényszerűségeinek felderítése és ezek megfogalmazása. Vagyis elfogadható megbízhatósággal kellett előre jelezni a jövőt alakító mozgásformákat és a következmények várható variánsait, hogy saját jövőnk kialakításában alkalmazkodni tudjunk azokhoz, mégpedig:

- a képzésben, ami mindent megalapoz,
- a kutatásban, fejlesztésben,
- a licencek vásárlásában,
- és a fentiek gyakorlati hasznosításában.

Megállapítottuk, hogy a jövő kutatása az idő függvényében történik, ugyanakkor állandóan szükség van a gazdaságokban zajló térbeli mozgások értelmezésére.

A fejlődési folyamat számunkra valóságos, vagyis számolni kell a várható szintugrások következményeivel.

Az egyes szakterületeken, az egyre rohamosabb fejlődés következtében, egy-egy alapvető változást jelentő technológiai szintugrás jelenleg kb. 3–5 évenként következik be.

Extrapolációs matematikai, prognosztikai, tudományos módszerekkel a technológiai szintugrásokkal kapcsolatosan megítélhető egy-egy technológiával vagy termékkel összefüggésben, hogy:

- Milyen hosszú a várható élettartam?
- Mikorra várható erkölcsi elavulás?
- Mi az az időhatár, ameddig érdemes egy technológiai kutatás-fejlesztés munkálatait elkezdeni?
- Mikor, milyen rendszerre vagy technológiára érdemes licencet vásárolni?
- Mi az az optimális időhatár, ameddig egy már elkezdett témát folytatni szabad?
- Mikor kell abbahagyni egy technológiai irányzat fejlesztését, mert az a rohamos fejlődés következtében már elavultnak mondható?
- Várható-e, hogy a kérdéses termék gazdaságilag sikeres lesz?
- Mi az az időhatár, ameddig a termék gyártása még gazdaságos lehet?
- Mekkora a kockázat?

Prognosztikai vizsgálati módszerekkel biztosítani lehet az általános megítélés lehetőségét, és azt, hogy a nemzetközi színvonal által diktált gyors fejlődési ütemnek megfelelően végezzük el a szükséges változtatásokat.

A tapasztalatok azt mutatják, hogy az egységes rendszert alkotó fejlődési menetbe tartozó eszközök vizsgálata megbízhatóan jelzi az egész rendszer fejlődési ütemét.

Az elemzés szempontjai a következők:

- Az elemzés során szükség van a fejlődő rendszer felső határán belül elérhető szint kitzúzására.
- A tudomány – technika – termelés sorrendjében a tudományos felkészültség szintjének fejlődési sebessége az adott témakörben szükségszerűen meg kell előzze a technikai felkészültséget, aminek alapján létrejöhet a korszerű termelés.
A tudományos és technikai felkészítés a felsőoktatás feladata, amely minden országban előfeltétel egy-egy szakterület kellő színvonalú műveléséhez, a kritikus tömegű tökéletesítés és a jól felkészült menedzsment mellett.
- Meg kell vizsgálni:
 - a társadalmi szükségletek változását,

- a bruttó nemzeti termelés növekedését (csökkenését),
- a népesség alakulását.

A kitűzött szint eléréséhez szükséges:

- a társadalmi igény,
- a nemzetközi viszonylatokhoz igazítottan is megfelelő személyi és tárgyi feltételek,
- a tudomány emelő potenciálja,
- a technika átütő erejű mozgékonyasága,
- megfelelő minőségű termelés,
- tömegenergiát mozgató szervezés,
- mindehhez az alapot biztosító, különböző szintű szakmai képzés; a tudományos kutatói szinttől a termék használatbavételének betanításáig – ami sok esetben mérnöki felkészültséget igényel.

A számítógépek alkalmazása a társadalmi és gazdasági jelenségek területén új vizsgálati lehetőségeket tár fel, melyek segítségével új módon lehet előre becsülni a társadalmi-gazdasági folyamatok eredményeit, és következtetni lehet arra, hogy milyen új társadalmi-gazdasági folyamatok kialakulása várható a jövőben.

A nagybonyolultságú áramkörök alkalmazásának gazdasági értékelése

Az elektronikai ipar fejlődésének jelentős fordulópontjához érkeztünk a nagybonyolultságú (LSI) integrált áramkör technológia által nyújtott lehetőségekkel, melynek kiemelkedő reprezentánsa a mikroprocesszor volt.

A Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet alapítása óta feladatának tekintette az elektronikai alkatrészek technológiájának, alkalmazástechnikájának kutatás-fejlesztése mellett az elektronikai ipari kultúra terjesztését.

Az LSI IC előállítás, kutatás-fejlesztése sok szakma kutatóinak összehangolt munkáját igényelte. Ennek érdekében K + F társulás jött létre a HIKI, KFKI, MFKI, ÉKI és az EVIRT részvételével. az EVIRT-ben létrehozandó tömeggyártás megalapozására. Ez idő tájt a hazai IC-ellátást nyugati, illetve KGST forrás biztosította (1977).

Az első kísérleti mikroprocesszorok 1969-ben készültek. Az első gyártók, az INTEL (1971), a FAIRCHILD, a ROCKWELL, a Motorola, a TEXAS, az RCA, a ZILOG stb. félvezetőgyárak voltak.

Hazai viszonylatban a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet K + F tevékenységi körébe tartozott a komplex hibrid integrált áramkörök gyártása, melynek során a szigetelőalapú és félvezető áramkörök összeszerelését végezték el oly módon, hogy bizonyos célokra kielégítő megoldást csak a hibrid áramkörökkel tudtak készíteni.

A hibrid áramkörök előállítási költsége oly magas volt, hogy a gyártás gazdaságtalannak bizonyult.

A berendezések tényleges élettartamát nagymértékben lerövidítette a gyors elavulás.

Az integráltsági fok növelése a berendezésgyártás oldaláról vizsgálva

Megvizsgáltuk mit jelent az integráltsági fok növelése a berendezés-készítők szempontjából, ha kétszer nagyobb integráltsági fokú integrált áramköröket használnak.

Egy átlagos bonyolultságú, 16 kivezetésű hagyományos IC kb. 36 csatlakozási pontot (forrasztás, fémezett átvezetés, csatlakozás) jelentett. Ha egy 1000 áramkörös berendezésben, a bonyolultsági fok növelése következtében az IC-k számát 500-ra csökkentettük, akkor 18000 csatlakozási pont maradt el.

A kevesebb külső kötés következtében nagyobb a berendezés megbízhatósága, alacsonyabb a zavar szint, nagyobb a sebesség.

Az INTEL cég adatai szerint egy IC berendezésbe szerelésével kapcsolatos költség a vételár-ral együtt 2–6 dollár között mozgott (1. táblázat). Hazai viszonylatban az MTA SZTAKI, VT, SzKI, VEIKI, HIR, KTSZ, TKI, KFKI, TRT számítástechnikai becslései alapján ugyanez átlagosan 250–1000 Ft között lehet. (3. melléklet)

Egy IC berendezésbe szerelésének a költség szerkezete

Megnevezés	Ár (dollár)
IC ár (SSI, MSI)	50
IC bevizsgálás, raktározás	5
IC bevizsgáló berendezés amortizáció, minimum	15
átlagos	25
különleges	50
többrétegű	100 felett
wire-wrap foglalattal	200
Hullámforrasztás	5
Kártyavizsgálás és -javítás	5
Csatlakozók	5
Kiegészítő diszkrét elemek (R, C stb.)	5
Rendszerhuzalozás automata berendezéssel	10
Energiaellátás	10
RACK-ek	10

1. táblázat

Ennek alapján a következő egyszerű számítást végeztük el: 1000 db SSI, MSI IC-ből felépíthető berendezés elektronikai részének szerelési költsége – ha 1 db IC ára és berendezésbe szerelési költsége átlagosan 300 Ft, akkor a szűkített önköltség = 300000 Ft. Ha a felhasznált áramkörök, IC-k integráltsági fokát megkétszereztük és a berendezést 500 db SSI, MSI, LSI IC-ből építettük fel, a magasabb IC árak miatt a költség átlagosan 330 Ft, a berendezés-szerelés szűkített önköltsége: 165000 Ft.

A mikroprocesszor családokkal (mikroprocesszor, ROM, RAM) készülő berendezésekben (MSI, LSI) az átlagos bonyolultság kb. egy nagyságrenddel növekszik a hagyományos (SSI, MSI) megoldásokhoz képest.

Műszaki és gazdasági összehasonlítás a hagyományos logikai IC garnitúrával készült és az azonos feladat ellátására alkalmas mikroprocesszoros készülékek között

A gyártási ciklus lerövidülése és a gyártási költségek csökkenése kézenfekvő volt, amikor összehasonlítottuk a pár elemből – funkcionális egységből – összetevődő mikroprocesszoros berendezés készítését, a hagyományos, több száz vagy ezer integrált áramkörből álló logikai áramköri rendszerfejlesztéssel. Ez a sok áramkör-tervezési és gyártási, szekrényszerelési stb. munka, idő és költség szempontjából is a töredékére csökkent.

Egy logikai kapuáramkört 8 – 16 bit tároló-kapacitású tárrekesz (2. táblázat) helyettesíthet (Intel adatok).

ROM (PROM) kapacitás (bit)	Helyettesíthető logikai kapuk száma (db)	Helyettesíthető IC szám (db)	Megtakarítás a hagyományos megoldáshoz képest (\$)
2 048	128-256	13-25	19,5-75
4 096	256-512	25-50	37,5-150
8 192	512-1024	50-100	75-300
16 384	1024-2048	100-200	150-600

2. táblázat

Egy IC berendezésbe szerelése 2-6 \$. Egy IC tok = 10 kapuáramkör. Pl.: egy 15 Kbyte-os mikroprocesszoros berendezés 50 \$, ugyanaz logikai kapukkal felépítve 150-600 \$.

Összehasonlító számítások hazai adatok alapján

A hazai tapasztalatok szerint a helyettesíthető IC szám nagyobb, mint az USA-ban, mivel átlagosan alacsonyabb integráltsági fokú IC-eket alkalmaztunk.

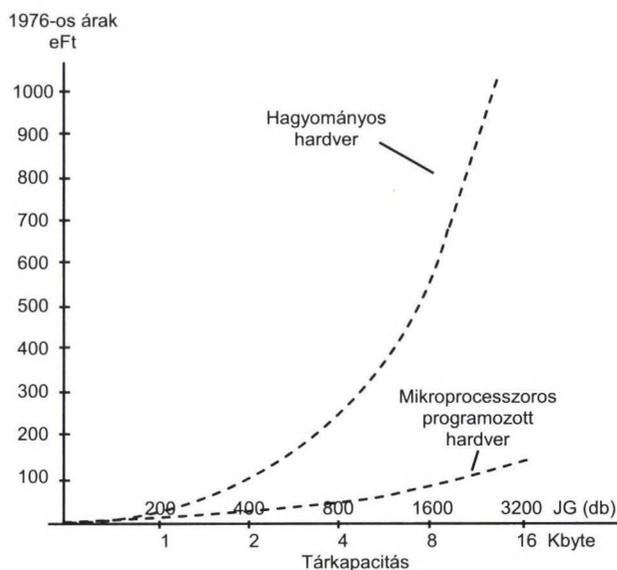
A mikroprocesszoros berendezések előállítási költségeit az Intel 8080 CPU családkhoz tartozó eszközök árai alapján (Intel 8702 REPROM stb.) állapítottuk meg. (Alapul szolgáltak a HIR KTSZ-ben, a VEIKI-ben végzett számítások, az egyéb intézmények adatai és az EMO áradatok).

Az alábbi számításokban egy IC berendezésbe szerelési költsége 280,-Ft (3. táblázat, 7. ábra)

Tárkapacitás (Kbyte)	Helyettesíthető IC szám (db)	Hardware előállítási költség (eFt)		Az elmaradó forrasztási, csatlakozási pontok száma a P-os megoldásnál a hagyományos hardware-hez képest becslés (Intel)
		Hagyományos 1976-ban	Mikroprocesszoros 1976-ban	
1	200	55	25	~ 6 800
2	400	110	35	~ 12 000

Tárkapacitás (Kbyte)	Helyettesíthető IC szám (db)	Hardware előállítási költség (eFt)		Az elmaradó forrasztási, csatlakozási pontok száma a P-os megoldásnál a hagyományos hardware-hez képest becslés (Intel)
		Hagyományos 1976-ban	Mikroprocesszoros 1976-ban	
4	800	220	55	~ 25 000
8	1 600	440	90	~ 50 000
16	3 200	900	150	~ 100 000
32	6 400 elvi	1 800	240	~ 210 000
64	12 800 elvi	3 700	400	~ 430 000

3. táblázat



7. ábra. A hagyományos és a mikroprocesszoros hardware költségének alakulása a készüléknagyság függvényében

Az egyes berendezéseket vizsgálva, az itt megadott adatoktól nagymértékű lehet az eltérés. De mivel a számításokban a gazdasági előnyöknek csak kis részét lehetséges biztonságosan számszerűsíteni és az IC beszerzési költségeknek megközelítőleg a felső határát vettük figyelembe, a fenti mikroprocesszoros alkalmazás gazdaságossági előnyét kimutató adatok – a felhasználók véleménye szerint – a legkedvezőtlenebb esetben sem túlzottak.

A nem számszerűsíthető tényezők vizsgálata

Az ismertetett számítások csak az anyagköltség és a gyártási költségváltozásokat tartalmazák. Hátra van még a nem számszerűsíthető tényezők vizsgálata, melyet az alábbiakban foglalnunk össze.

Az elemszám nagyságrendekkel való csökkenése következtében kb. egy nagyságrenddel javul a megbízhatóság. A jobb minőségű készülék utáni kereslet és az eladási ár nő, ugyanakkor csökken az üzembe helyezési, garanciális és a szerviz költség.

A tárolt program előnye a kiépített hardverrel szemben:

- rugalmas a berendezés ROM cserével (átprogramozással) bizonyos határokon belül más célú berendezéssé alakítható, a változtatáshoz szoftver munkát kell végezni,
- új program esetén a szubrutinok zömét változtatlanul lehet felhasználni,
- megbízhatóbb a feladatvégrehajtás (nem kell a programot beolvasni.)

A tapasztalati adatok azt mutatják, hogy a fejlesztési és gyártási idő 50-60%-kal csökken és ez a szoftver szolgáltatások előrelátható javulásával, valamint az alkalmazástechnikai tapasztalatok növelésével tovább fog csökkenni. A fejlesztési költségek 25-35%-os csökkenésével számoltak, de az előbbieken alapján perspektivikusan sokkal nagyobb arányú csökkenés várható.

A korszerűségi adatokból következik, hogy a hagyományos megoldáshoz képest megnő az alkalmazhatóság időtartama, vagyis később következik be az elavulás.

Jelentős költségmegtakarítást eredményez, hogy a kis méretből és fogyasztásból adódó infrastruktúrális beruházásokra nem volt szükség.

A korábban kialakult korszerű berendezésgyártó technológia és konstrukciós megoldások közvetlenül felhasználhatóak a mikroprocesszoros berendezések gyártásához.

A szűk típusválaszték eleve adott, mert a mikroprocesszoros berendezések funkcionális egységei egy-egy funkció viszonylatában közel azonosak.

Az importhányad kb. 50%-kal csökkent a mikroprocesszoros megoldásnál a funkciójában azonos hagyományos logikai áramkörökkel kivitelezett berendezésekhez képest.

A fenti számítások alapján belátható volt, hogy csak annak az országnak szabad monolit IC gyártására gondolnia, amelyik képes arra, hogy a világpiacon kapható IC-k legmagasabb integráltsági fokát elérje.

Az LSI áramkörök és a mikroprocesszor gyártásának alakulása világviszonylatban

Az integrált áramkörök világpiaci helyzetének alakulása jól mutatja azt az alapvető változást, ami jelentőségében az IC-k megjelenésével (1960-as évek első fele) vethető össze. Az adatok azt mutatják, hogy 1975-ben a kis- és közepes bonyolultságú (SSI, MSI) IC fogyasztás visszaesett, ugyanakkor az LSI áramkörök – ROM, PROM, REPROM, RAM stb. – és a mikroprocesszorok gyártása és felhasználása 4. táblázatban foglaltak szerint alakult (Electronics 1975. 1. sz.).

Jól mutatja ezt a tendenciát az árak alakulása. Az SSI és MSI IC-k ára 30%-al csökkent, aminek oka az, hogy a kereslet LSI irányban tolódott, vagyis az elavultabb típusok eladhatóságát akarták az árak csökkenésével biztosítani. Ugyanakkor az LSI IC árak is nagymértékben csökkentek. Ez egy váratlan árpolitika volt. A tervezőket le akarták szoktatni az elavult típu-

sokról. Ez a tendencia az 1980-as években oda vezetett, hogy a régebbi típusú áramkörök árát megemelték.

A μP gyártásfelfutása (millió \$)

	1974		1975		1976		1977	
USA	45,9	68%	67,7	100%	133,6	197%	483	713%
Japán	10,5	68%	15,4	100%	56,5	367%		
Ny-Európa	2,3	34%	6,7	100%	16,6	348%		

4. táblázat

A mikroprocesszor- családok hazai alkalmazása

A világgpiaci trendeket követve a hazai digitális technikai berendezések fejlesztésénél is nagy szerepet kap az LSI áramkörök és a mikroprocesszorok (μP) alkalmazása (5. táblázat)

A μP -ok hazai alkalmazásának felfutása; 1972–1977-ig

1972-ben	5 db
1973-ban	10 db
1974-ben	50 db
1975-ben	1000 db
1976-ben	1-2000 db
1977-ben	10^4 nagyságrend

5. táblázat

1977-ig 30 hazai intézmény kezdte el a mikroprocesszorok alkalmazását kb. 420 különféle mikroprocesszoros berendezés gyártását tervezték, főleg a célgépek széria-tartományában, de foglalkoztak alkalmazásával mikro-, mini- és kis számítógépekben is.

PROM beégetővel, illetve REEPROM programozási lehetőséggel 1976-ban az SZKI, KFKI, VT, HIKI, EMG stb. intézmény rendelkezett.

Tekintettel a rohamos fejlődésre a mikroprocesszor családok választékára vonatkozóan is csak 2–3 év távlatában lehetett reálisan megítélni az igényeket. A feladatok megoldásához a hazai felhasználók a 6. táblázatban foglalt mikroprocesszor családokat igényelték. A KGST országokban fejlesztés alatt állt típusokat a 7. táblázat tartalmazza.

μ P család típus- szám gyártó cég	Tech- noló- gia	Cik- lusidő	Szó- hossz	Csat- lakoz- tatha- tó tár- kapa- citás	Hasonló, vagy azo- nos tí- pust fej- lesztő KGST ország	MSZR előze- tes ja- vaslata	Ár	Megjegyzés
6800 Motorola Mostek American Microsystem	NMOS	1 μ s	8 bites	64 Kbyte	BNK	x	4400 Ft	Az egyik leg- korszerűbb tí- pus SV
8080 Intel Texas Advanced	NMOS	2 μ s	8 bites	64 Kbyte	SZU, NDK	x	2970 Ft	
Dev. Nippon Electric Applited System								
3000 Intel Signetics	SBIP	100 μ s	2 bites BIT SLICE	512 Kbyte	SZU	x		perspektivikus MP
6701 MOM, MEM	BIP	0,9 μ s	BIT SLICE	64 Kbyte		x		Az Intel 3000 család tagjaival összeépíthető MP
SBPO 400 Texas	IL	100 μ s	4 bites BIT SLICE	64 Kbyte	SZU	x	1820 Ft	perspektivikus CC MP
TMS 9900 Te- xas	NMOS	6 μ s	16 bites	64 Kbyte				perspektivikus SV
IPM 16 Nat. Sem.	PMOS	3 μ s	16 bites	64 Kbyte		x		MP, MC
CDP 1802 D CD Cosmac RCA	CMOS	1,25 μ s	8 bites	64 Kbyte		x		perspektivikus igen nagy za- varérzékenl- ségű
F8 Fairchild	NMOS	2 μ s	8 bites			x		CC
MC 10800 Motorola	ECL	65 μ s	4 bites BIT SLICE	64 Kbyte	SZU			KI számítógép CPU, MP, CC
8008 Intel	PMOS	12,5 μ s	8 bites	64 Kbyte	SZU, NDK, CSSZS ZK BNK	x	2100 Ft	viszonylag el- avult típus
4040 Intel	NMOS	10,6 μ s	8 bites	4 Kbyte		x	882 Ft	egyszerű fel- adatokra
Scamp. Nat. Sem.	PMOS		8 bites	64 Kbyte		x		egyszerű fel- adatokra CC, SV

μ P család típus-szám gyártó cég	Tech-nológia	Cik-lusidő	Szó-hossz	Csat-lakoz-tathat-ó tár-kapaci-tás	Hasonló, vagy azo-nos tí-pust fej-lesztő KGST ország	MSZR előze-tes ja-vaslata	Ár	Megjegyzés
6100 Intersil National	CMOS		12 bites	4 Kbyte		x		SV, CC
MC 6700	NMOS							egyszerű
Motorola								perspektivikus
CP 1611/21/31	NMOS	0,3 μ s	8 bites	64 Kbyte				Mikroszámító-gép, MP
2650 Signetics	NMOS	4,8 μ s	8 bites	32 Kbyte		x		CC, SV
mk 5065 Mostek	PMOS	1 μ s	8 bites	32 Kbyte		x		

6. táblázat

A táblázatban a megjegyzés rovat rövidítéseinek jelentése:

SV (Single Voltage) egy tápfeszültség szükséges a mikroprocesszor működtetéséhez.

CC (Clock on Chip) a mikroprocesszor tokban benne van az óragerátor is.

MC (MultiChip) a mikroprocesszor több tokból áll

MP (MicroProgrammed) mikroprogramozott, ez azt jelenti, hogy a felhasználó saját utasítárendszerrel készíthet. A miniszámítógépek szoftver kincsét ilyen módon át lehet menteni a mikroprocesszoros rendszerekre.

Megjegyzés: A fenti összeállítás pontossága kb. 80%-osnak volt ítélnélhető: a felhasználói kör, a KGST-országokban történő gyártás, az ár stb. adatok folyamatosan változásban voltak.

A KGST-országokban a következő félvezető tároló típusok gyártásba vitele folyt 1976-ban:

Típus-szám	Gyártó cég	Tárolás	Techno-lógia	Tárkapaci-tás (bit)	Gyártást vállaló KGST-ország
1101	INTEL	RAM	PMOS	256	SZU, BNK CSSZSZK
1103	INTEL	RAM	PMOS	1024	NDK, CSSZSZK
2107	INTEL	RAM	MOS	4096	SZU, BNK
2102	INTEL	RAM	PMOS	1024	SZU
AMS 700	ADV, DEV.	RAM	PMOS	1024	SZU, BNK
MK 4006	MOSTEK	RAM	PMOS	1024	SZU, BNK
MK 5260	MOSTEK	RAM	PMOS	1024	SZU
SG 605	AMI	RAM	PMOS	4096	BNK
IPC 504	N.S.	RAM	MOS	256x4	BNK
505	N.S.	ROM	PMOS	512x8	BNK
506	N.S.	ROM	MOS	1024x6	BNK
TMS 2500	TEXAS	ROM	MOS	2560	CSSZSZK, NDK

Típus-szám	Gyártó cég	Tárolás	Technológia	Tárkapacitás (bit)	Gyártást vállaló KGST-ország
S 8223	SIGN.	PROM	MOS	256	SZU, MNK
1302	INTEL	ROM	BIP	256x8	NDK
1702	INTEL	REPROM	BIP	256x8	SZU
93410	Fairchild	RAM	BIP	256	SZU
93412	Fairchild	RAM	BIP	1024	SZU
			BIP		

7. táblázat

Megjegyzés: Az egyes KGST-országok mikroprocesszor családok fejlesztését jelentették (7. táblázat)

Az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság (OMFB) kezdeményezésére a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet (HIKI) egyik alapvető feladatának jelölte meg a hazai elektronikai kultúra fejlődésének gyorsítását. Az LSI integrált áramkörök funkcionális egységei hatására létrejött technológiai szint, a félvezető technológiák és az alkalmazástechnika fejlődésének, valamint ezek kölcsönhatásának eredménye.

A műszaki-gazdasági hatékonyság biztosítása érdekében OMFB (dr. Hoffmann Tibor) kezdeményezésre a 20. e témában érdekelt intézmény, technológiai kutató-fejlesztő bázis munkájának összehangolását kezdtük meg 1977-ben. Az LSI Gazdasági Társulat – mint magánintézmény – 1979-ben jött létre hivatalosan; LSI Alkalmazástechnikai Tanácsadó Szolgálat Gazdasági Társulat (LSI ATSz GT) néven bejegyezve. Tagintézményei: HIKI, KFKI, MFKI, TKI, EIVRT, VILATI, BHG, HIR. SZÖV, GAMMA, EMO, OMIKK, OKL, EMG, TRT, MIKI, ORION, VIDEOTON, MOM, MKKL, MMG.

Hazai kezdeményezések a félvezető eszközök gyártására és gyakorlati alkalmazására

1959-ben a Csepel Vas- és Fémműben 6500 A-es és 120 V-os forgógyenirányító bizonytalanul működött, mivel havonta egy-két alkalommal leégett. Találnunk kellett egy megbízható egyenirányító berendezést. Ebben az időben már ismeretes volt a germánium, szelén, szilícium félvezetők, egyenirányítók által kínált lehetőség. Hosszas vita után a választás a szilícium egyenirányítóra esett, annál is inkább, mivel az általunk felkért szakértő (AEG részről) szintén ezt javasolta. Tudomásom szerint első alkalommal történt, hogy a nagy gépi monstrokot lecseréltük az új technológia adta kis, szekrény nagyságú szilícium egyenirányítóra. Ez nagy vihart kavart az idős szakemberek körében. Féltek az új megoldástól, mert a szilícium egyenirányító az egész hazai rézelektrolízis áram- és feszültségellátására szolgált.

Híradástechnikai-, műszer-, automata- és ipari vonatkozások

A híradástechnikai iparággal együttesen kell ismertetni egyes műszeripari vonatkozású automatizálási területeket. Ezek a digitális logikai elemek, funkcionális egységek, berendezések és gépészeti berendezések automatizálása.

Kutatóintézetek a HIKI, TKI, MFKI és az OFKL. Ezek munkáját szervesen kiegészítették a gyári fejlesztő részlegek, elsősorban a BHG, TRT, EIVRT, EMG, FMV, BRG, Csepel HITEKA, HAGY, HTV, KÓPORC, REMIX.

A fenti gyárak egy része (pl. HAGY, REMIX, KÓPORC, EIVRT) alkatrészeket gyártott, amelyeket a korszerű berendezésekben nagy mennyiségben használtak fel.

Az automatizálás legfiatalabb ága volt a digitális logikai elemekkel épített vezérlőberendezések. Ezek elemeit az EMG és a TRT gyártotta. A legújabb fejlődési lépcső, illetve a legkorszerűbb elemek területe az integrált áramkörök, melyek gyártására az EIVRT kívánt berendezkedni. Alkalmazásuk egyre szélesebb körű volt az ipari vezérlő- és szabályozó berendezésekben. A hazailag elkészített ilyen berendezésekből megemlíthetők pl.: az erőművi szén-előkészítő és vízlágyító, szállítószalagos ércelőkészítómű logikai reteszelve, az adatgyűjtő, regisztráló és hibajelző berendezések (pl. FÉTIS, TELNAUT), a diszpécser berendezések, a zöldhullám forgalom-irányító vezérlő berendezések, a villanyújságok, a lyukszalagvezérlésű szerszámgépek, a léptetőmotoros koordináta rajzológépek és az ipari általános, valamint tudományos digitális számítógépek.

A nukleáris érzékelőkkel működő automatika berendezéseket ott használják, ahol a nehéz ipari körülmények, illetve a környezeti viszonyok más érzékelők használatát nem teszik lehetővé. Ilyenek pl. az izzó kemencék és kohók elegyszintjeinek érzékelése, az ércelőkészítő berendezések tárolóinak szintjelzése, a lemez- és szalaghenger műveknél a folyamatos vastagságmérés stb. Fejlesztője és gyártója a Csepel Izotóp laboratóriummal együttműködve a GAMMA.

A híradástechnika és automatizálás közös területe volt pl. a telemechanikai és az adatközlő berendezések jeleinek távátviteli csatornái, különféle impulzus és frekvencia kódrendszerekkel, a mágnesszalagos és tárcsás adattörzítés, az ipari televízió alkalmazása stb.

A teljesség kedvéért meg kell még említeni, hogy a relés automatika berendezések elektromechanikus reléit elsősorban a TRT és a BHG gyártották, amelyeknek legújabb fejlődését a miniatürizált nagybiztonságú relék és a gázzal védett érintkezőjű relék jelentették. Ez utóbbi elemmel az elektronikával versenyképes, illetve ennél üzembiztosabb automatika rendszerek is építhetők voltak.

Az iparágankénti áttekintő összeállításon kívül az automatizálás egyéb hazai vonatkozásai és intézményeit az alábbiakban tekintjük át.

Elsősorban a MTA Automatizálási Kutató Intézetben és a Műszaki Egyetemek tanszékein végzett alapkutatói tevékenységek voltak nagyjelentőségűek, melyek az ipari automatizálási kutatás- és fejlesztés munkáját segítették elő, illetve anélkül az ipari alkalmazás évekké maradt volna le az automatizálási feladatok megvalósításában.

Az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság Automatizálási Állandó Bizottsága erősáramú, kibernetikai és híradástechnikai főosztályai az ország legjobb szakembereiből álló munkabizottságaiban dolgozták ki a műszaki-fejlesztési koncepciókat, melyek irányt szabtak az automatizálás távlati megvalósítására és tájékoztatták a legfelsőbb vezető szerveket.

Az automatizálás tudományos és gyakorlati kérdéseivel a társadalmi egyesületek is behatóan foglalkoztak. E munkát a MTESZ-ben a KAB és az AIOT fogta össze. A legtöbb munkát az egyesületek között a MATE, MEE, GTE, ETE, MÉTE, KTE, SZTE, TMTE, HKE, ÉTE, OMBK és a PNYME végezte. Az egyesületek folyóirataiban számos automatizálással foglalkozó szacikk jelent meg.

A műszaki tudományos képzés és gyakorlati oktatás elsősorban a műszaki egyetemeken/főiskolákon és technikumokban folyt. Igen fontos volt még a Mérnök Továbbképző Intézet munkája, valamint a tudományos egyesületekben tartott tanfolyamok.

A továbbképzés és tájékoztatás feladatát elsősorban a Műszaki Könyvkiadó Vállalat, az OMIKK, KGM MTTI, a NIMDOK és az ÉMDOK által kiadott könyvek, folyóiratok, bro-

súrák, témadokumentációk, témafigyelő szolgálatok, könyv- és dokumentációtárak stb. látta el. A kutató-, tervező- és gyártóvállalatok dokumentációs részlegei is hathatósan segítettek a vállalatok dolgozóinak munkáját.

A szabványosítás területén az MSZB Automatika Osztályán kívül a szabványosítási központok (elsősorban a KGM Aut. Szabv. Központ és a KGM Műszeripari Szabv. Közp.) végezték az elemek és rendszerek egységesítését, tipizálását; biztonsági előírásokat, és terminológiai egységesítést készítettek stb., a nemzetközi intézményekkel együttműködve. Ezek közül elsősorban a KGST SZÁB-ot, az IEC-t, az IFAC-ot, az IFIP-et és az IMEKO-t kell megemlíteni.

A szabványosításon kívül egységesítési, együttműködési és szakosítási munka folyt az automatizálás terén a KGST GAB. 8. és 10. szekciójában. Megemlíthető még, hogy az ENSZ Európai Gazdasági Bizottságában automatizálási téren is beindult egy együttműködési munka.

Az automatika elemek fejlődése világszerte a miniatürizálásban, az üzembiztonságban, az élettartam növelésében, új fizikai elvekben és nem utolsósorban az árak csökkenésében mutatkozott meg.

Az integrált szilárdtest áramkörök 1970-es évi technológiai irányzatai:

- fotorezisztek expozíciója elektronsugárral,
- elektronrezisztek expozíciója elektronsugárral,
- maszk-készítés termikus eljárással,
- maszk-készítés kémiai folyamatoknak elektronsugárral történő helyi aktivitása segítségével,
- ötvözéses technológia
- diffúziós technológia
- ionimplantációs technológia.

Az ionimplantációs technológia eszközei, berendezései:

- a berendezésekkel szembeni követelmény, hogy az ionsugár mentes legyen idegen ionoktól;
- ionforrások;
 - nagyfrekvenciás,
 - mágneses,
 - porlasztásos.

Félvezető technológiai újdonságok:

- krómmaszk használata,
- optikában a reflexiómentes bevonat,
- ionbombázásos szelektív marás,
- epitaxiális réteg kialakításának újdonságai.

Újdonságot jelentett továbbá a bipoláris tranzistoroknál a feszültséghatár növelése, a MIS-áramköri technológia, a Schottky-diódás integrált áramköri rendszerek megvalósítása. A Schottky-diódát laterális és négyrétegű eszközökhöz is be lehetett építeni.

Hazai bekapcsolódási lehetőségek, KGM intézkedések

Felismerve a fejlődési tendenciákat a Kohó- és Gépipari Minisztérium első miniszter-helyettese 1962-ben közvetlen felügyelete alá helyezte a Villamos Automatikai Intézetet (VILATI) annak érdekében, hogy az automatizálási feladatokat magas színvonalon, a teljes gazdaság szintjén valósítsa meg. Létrehozta a KGM Automatika Titkárságot.

A KGM Automatika Titkárság iparigazgatósági feladatokat látott el (gesztorintézete a VILATI volt), munkatársai főmérnöki rangban végezték munkájukat.

A Kohó- és gépipari minisztérium személyi összetétele szakterületi megoszlásban:

Dr. Kovács István	a miniszter első helyettese felügyelete alatt dolgozott a KGM Automatika Titkárság (1962. 08. 01.)
Lipkay László	a Titkárság vezetője
Horváth Zoltán	a Titkárság vezetőjének helyettese. Kohó- és gépipar
Cseh Zoltán	Közgazdaság (tárcák keretében)
Kovács Magda	Híradástechnikai iparágazat; gyengeáramú elektronikai elemek, rendszerek
Kovács László	Műszaki fejlesztés; Gazdasági, nemzetközi automatikai együttműködés
Mayer László	Műszeripari iparágazat, vezérlés, mobilitás elemek és rendszerek
Márkus Ferenc	Élelmiszeripar (mezőgazdaság)
Sajber István	Gépipar
Szalay Ferenc	Erősáramú ipar, vezérlő és szabályozó elemek, rendszerek
Takács Géza	Közlekedés, szállítás, MÁV
Bódi Gyula	Automatika, export- importra-orientált együttműködés (szabvány stb.)
Reiter Károly	Minőségbiztosítás, szabvány
Szopkó József	Közgazdasági témakörök
Balogh Béla	Nehézipar

A KGM Automatika Titkárság feladata volt, hogy a nemzetközi trendek vizsgálata alapján állapítsa meg: milyen gyors ütemben vagyunk képesek az alkotómunka hasznosítására, az új technikai megoldások befogadására és annak megállapítására, hogy milyen szakterületen tudunk a nemzetközi versenybe a műszaki és gazdasági siker reményével bekapcsolódni.

A KGM Automatika Titkárság Minisztériumi Főmérnökségen, ill. később az LSI Informatikai Oktatóközpontban végzett kutatómunka, elemzések, számítások

Az alkotómunka társadalmi méretű hasznosítása és az új technikai lehetőségek adaptációja területén az utóbbi 50 évben a legkritikusabb helyzetben az elektronikai és ennek alapvető alkatrész bázisát szolgáltató – bizonyos területeken vele azonosuló – félvezető ipar van. Az elektronikai szakterületeken egy-egy minőségi változást jelentő szintugrás, amely az utolsó időben, világviszonylatban – az integráltsági fok függvényében – kb. 2–5 évenként következett be, gyökeresen változtatta meg az egész iparág struktúráját. A várható szintugrásokat észlelni, értékelni, az azokat reprezentáló eszközöket, berendezéseket csak több éves késéssel tudtuk megvásárolni, és mire a követést célzó fejlesztési munkák megindultak a különböző döntési szintek határozata alapján, a legtöbb esetben 5–10 éves lemaradással számolhattunk.

Jellemző a fejlődési ütemre, hogy a fejlett elektronikai iparral rendelkező országokban a statisztikai elemzések szerint az aktuálisan gyártott elektronikai alkatrészek, berendezések érték szerinti 80–90%-a – minden időpontra vonatkoztathatóan – olyan termék, amelynek 10–15 évvel ezelőtt még a létezéséről sem tudtunk.

A KGM Automatika Titkárság

Céljaink az 1970-es, 80-as évek reményei szerint fogalmazódtak meg. Legfőbb cél volt, hogy az EIVRT LSI IC tömeggyártását megalapozzuk, széles körű hazai felhasználással.

A világpiacon egyre szélesedett azoknak az LSI IC-knek a választéka, amelyek révén a mikroszámítógép rendszerek variációs lehetősége, teljesítőképessége, műszaki színvonala és gazdaságossága nagymértékben növekedett. A teljesítőképesség- növekedés egyre inkább biztosította, hogy a mikrogepek a minigépek kategóriájának megfelelő paraméterekkel rendelkezzenek.

A KGM Automatika Titkárság munkája arra irányult, hogy a már hagyományosnak nevezhető és várhatóan hazai, vagy KGST forrásból beszerezhető, mikroprocesszorokból kialakítható mikroszámítógép-rendszerek teljesítményét nagymértékben növelő eszközöket ismertessünk meg a felhasználókkal.

Ekkor még nem láttuk világosan, hogy nemhogy Magyarországnak, de már Európának sincs reménye az USA -beli előny behozására, és távolságunk az élvonaltól egyre növekszik.

Hazai viszonylatban a kutató-fejlesztő teamek a szakmai-kulturális fejlődésben nem értek el olyan színvonalat, amely a korszerű technikai berendezések, eljárások optimális alkalmazását lehetővé tették volna.

Az elektronikai alkatrészek, illetve integrált áramkörök kutatás-fejlesztési munkái mind hazánkban, mind a KGST országokban szétszórtak voltak.

A KGM Automatika Titkárságon az integrált áramkörök kutatás-fejlesztési, gyártási lehetőségeivel 1963-ban kezdtünk el foglalkozni. Szakmai vita keretében annak eldöntése volt a feladat, hogy itthon lehetőleg a legmegfelelőbb integrált áramköröket alkalmazzuk. Figyelembe vettük a gazdasági, műszaki- és beszerezhetőségi szempontokat. Ennek megfelelően állandóan figyelemmel kísértük az integrált áramkör-piacokat a KGM és a KGM intézményei képviselőiben.

Továbbképző tanfolyamokat szerveztünk az integrált áramkörökkel történő fejlesztésekről, valamint azok műszaki és gazdasági hatékonyságának vizsgálatáról.

Hazai viszonylatban megvizsgáltuk az integrált áramkörök alkalmazásához szükséges cél-műszerek beszerzési lehetőségeit, a különböző hazai intézmények fejlesztési osztályain.

Terveztük egy számítógéppel vezérelt, nyomtatott áramköröket gyártó országos központ létesítését.

A technológiai fejlődés ismeretanyagának folyamatos követése érdekében rendszeresen tájékoztattuk a hazai alkalmazói intézményeket. Ennek érdekében állandó szakmai kapcsolatot tartottunk a BME illetékes tanszékeivel.

A KGM intézményeinél belső tanfolyamokat szerveztünk a világszerte bevezetett, új integrált áramkörtípusok ismertetésére, különös tekintettel az eltérő kezelési módokra.

A speciális integrált áramkörök kifejlesztését az illetékes kutatóintézetekkel, gyárakkal összefogva végeztük el.

Tájékoztató rendszert dolgoztunk ki a következő témakörökben:

- az integráltáramkör-alkalmazással foglalkozó intézmények tapasztalatai,
- kooperációs lehetőségek az IC-alkalmazás területén,
- a fejlesztők és berendezés-gyártók tájékoztatása az új alkalmazási lehetőségekről
- KGST piaci kérdések,
- az árak alakulása,

- a kereskedelmi helyzet,
- a számítógép perifériális készülékeinek piaci helyzete.

A magyar híradástechnikai ipar kutatás-fejlesztése: mikromodul, mol-elektronika

A kutatás-fejlesztési munkák célkitűzései 1960-ban:

- a megbízhatóság növelése,
- a térfogatkihasználás növelése,
- az energiafelhasználás csökkentése,
- az alkatrészgyártás és készülékszerelés teljes automatizálásának biztosítása,

Akkoriban úgy tűnt, hogy a híradástechnikai iparon belül a fenti kérdések megoldása alapjaiban változtatja meg gazdasági életünk struktúráját. Az automatizálás gondolatától még a híradástechnikai szakemberek is idegenkedtek, hivatkozva a kis darabszámra. Ugyanakkor új technológiai megoldások, új konstrukciók kialakítása útján lehetett oldani a kis darabszámú eszközgyártás automatizálását.

A fentieknek megfelelően a hazai híradástechnikai ipar megtette az első lépéseket, amikor szakított a mintegy 30 éves hagyományos huzalozási rendszerrel. 1958-ban Vácott, a Híradástechnikai Anyagok Gyárában megindította a hazai nyomtatott áramkör üzem létrehívásának munkálatait. 1960-ban már ezrével kerültek ki szerelőüzemeinkből (ORION, Telefongyár, EMG) nyomtatott huzalozású készülékek.

1950-ben az Amerikai Szabványügyi Hivatal megalkotta a Tinkertoy programot. Ezzel megkezdődött a miniatűr modullapkák és alkatrészek tömeggyártása. 1956-ban jelent meg az első televíziós készülék, amely modulegységekből alakítottak ki. Ezzel leegyszerűsödött a hibakeresés a készülékekben, a javítás az egységek cseréjét jelentette.

A Tinkertoy program új szerelési rendszert jelentett. Eredményei:

- 3 dimenziós nyomtatott áramköri egység,
- megeremtette a miniatűr elektronikát,
- tömeggyártásban alkalmazta a modulrendszert,
- jelentős lépést tett a szerelés mechanizálása, illetve automatizálása terén,
- növelte a térkihasználás fokát,
- növelte az alkatrész-szabványosítás lehetőségét.

1959-ben Vácott megkezdődött a nyomtatott huzalozású, papír- és üvegalapú szerelőlapok nagyüzemi sorozatgyártása.

A magyar híradástechnikai iparnak a miniatürizálás területén ekkor már egy évtizedes lemaradása volt.

Azzal a céllal, hogy mikro-miniatűr elektronikai eszközök gyártásában a lemaradást behozzuk, nagyarányú kutató-fejlesztő munkák indultak meg a híradástechnikai iparban. Ez a törekvés a mikromodul technika területén fejlődött legintenzívebben, amikor is a tranzisztorokat, diódákat kerámialapokban helyeztek el. A tranzisztorok MESA típusú rétegtranzisztorok voltak. A legnagyobb gondot az indukciós tekercsek megvalósítása jelentette. Ez a probléma azonban a digitális technika győzelmével automatikusan megoldódott. A kerámialapú mikromodulokban az eszközöket vékony illetve vastagréteg-technikával állították elő. A tranzisztorok, diódák, tekercsek előállításán kívül foglalkozni kellett a rétegellenállások kutatás-fejlesztési témáival is. A kondenzátoroknak két típusát lehetett megkülönböztetni: a gőzölt kondenzátorokat, illetőleg a tantál lapkás kondenzátorokat.

A modullapkák egységgé szerelése, a csatlakozó vezetékek méret- és minőségi adatai, valamint a forrasanyagok összetétele szintén kutatás-fejlesztési témakörbe tartoztak.

A Mol-Elektronika ekkortájt már megszabta a fejlődés útjait világszerte, ugyanakkor hazai viszonylatban érzékeltük a híradástechnika jövőjét biztosító új irányzatot, mely az anyag alapvető szerkezeti tulajdonságait elektromos funkciók végzésére fogja felhasználni. Mégsem léptünk erre az új útra, aminek tudományos felkészültségben anyagi lehetőségeink tekintetében akadályai voltak.

A híradástechnikai ipar kutatása válaszút előtt állt, és ezzel egy időben válaszút előtt állt a híradástechnikai szakemberképzés is. Olyan híradástechnikai szakemberekre volt szükség (fizikusok, matematikusok), akik tisztában voltak az anyagszerkezet minden kérdésével, és akik ennél fogva képesek annak tudatos irányítására és alakítására.

A mol-elektronika kutatásainak élvonalát nem ismerhettük, hiszen azok hadititkok voltak. A Két irányzatát ismertük: a szilárdtest áramköröket és a réteg áramköröket. 1950-ben a rohamos fejlődést leginkább a germánium félvezető fejlesztésekben mérhettük le (1950).

A szilárdtestek fizikájának ugrásszerű fejlődése akkor következett be, amikor 1948-ban a Bell-laboratóriumban felfedezték a germánium tranzisztor tulajdonságait. Ugyanakkor az igazi győztes a félvezető fronton a szilícium technológia lett.

A réteg áramkörök 1951-ben olyan új elektronikai irányzatot jelentettek, melynek rendszerét egy nagy dielektromos állandójú hordozólapon építették fel. Az egymás mellett elhelyezett rétegekről nem egyedi, hanem kollektív funkciókat alakítottak ki.

Már a legegyszerűbb osztott paraméterű áramkörök karakterisztikája is szabályozható volt.

A REMIX Gyárban, a kutatóintézetekben megindult a mol-elektronika kutatási programja.

Témakörök:

- miniatűr elektronika,
- szub-miniatűr elektronika,
- mikro-miniatűr elektronika,
- mol-elektronika
 - szilárdtest áramkörök,
 - réteg (gőzölt) áramkörök.

A KGM automatika titkárság 1963. évtől elvégzett feladatai az egységáramkörök kutatás-fejlesztése területén

- Felmérés készítése, elméleti és gyakorlati tájékozottság megszerzése érdekében.
- Hidegkatódos gáztöltésű csövek hazai gyárthatósági körülményeinek tisztázása (javaslat elkészítés).
- Mikromodullal kapcsolatos elméleti és gyakorlati problémák tisztázása, a gyártásbevitel megvalósításának elősegítése.
- A digitális technikai megoldások gyakorlati bevezetéseinek elősegítése a TKI-ban.

Foglalkoztunk annak megállapításával, hogy melyik egységáramkör típus felel meg legjobban a távlati igényeknek. Hazai viszonylatban az egységáramkörök kidolgozásával az EMG, a TRT és a EIVRT foglalkozott, továbbá országos bizottságot hoztunk létre annak eldöntésére, hogy melyik az Egyedül Üdvözítő Áramkör (EGYÜDÁR). A tárgyalások vezetését a KGM Automatika Titkárság főmérnökei végezték. További versenytárs a REMIX volt, ahol a mikromodul előállításával foglalkoztak. Ugyanakkor ebben az időben a nemzetközi

információs vonalakon befutott adatok alapján látható volt, hogy az integrált szilárdtest áramkörök újabb versenytársként jelentkeznek be. Az Egyesült Izzóban kezdődtek el a kísérletek a szilárdtest áramkörök hazai megvalósítására. A szilárdtest áramkörökkel kísérletet folytattak továbbá a következő hazai intézmények: KFKI, VEIKI, KONVERTA, TKI, HIKI, BME, MFKI.

A fentiekből látható, hogy a kutatás-fejlesztési munkák hazai viszonylatban milyen mértékben szóródtak, amikor egyetlen intézetnek sem volt elegendő pénze, hogy a gazdasági siker reményével kapcsolódjon be a szilárdtest áramkörök K+F munkáiba.

Állandó figyelemmel kísértük a híradástechnikai alapanyaggyártás minőségi kérdéseit. Felszínre került a mágneses logikai áramkörök elméleti vonatkozású problémáinak tisztázása (1964-ben) az OMFB támogatásával.

Gondot okozott, hogy a perifériális készülékek gyártására nem volt megnyugtató hazai megoldás.

1965-ben az EMG és TRT digitális alapáramkör gyártása és a gyártás ellenőrzése felfutott. A TRT kockaáramkörei és az EMG kártyaáramkörei viszonylag megbízhatóak voltak, de igen költségesek; ami azt jelentette, hogy az azokból készített berendezések is költségesek voltak. Hasonló költséget jelentett a mikromodul is, így azután az integrált áramkörök megjelenése ezeket, és a további próbálkozásokat is elsöpörte. Hiszen olyan kedvező áron tudták már az első integrált áramköröket is szállítani, hogy a hagyományosnak nevezett áramkörökkel szerelt készülékek nem voltak versenyképesek a szilárdtest áramköri technológiával előállítottal szemben.

Az előírásoknak megfelelően a KGM Automatika Titkárság munkatársai számításokat, elemzéseket végeztek az új technikai lehetőségekből eredő gazdasági eredményekről. A számítások alapján számunkra világossá kezdett válni az árrobbanásos fejlődés menete, amelynek hatására bekövetkezett a tudományos technikai forradalomnak ez a megélt szakasza.

Úgy döntöttünk, hogy a szilárdtest áramkör kutatás-fejlesztése, illetőleg gyártása ügyében minden lehető el kell követni annak érdekében, hogy az integrált szilárdtest áramköröket mihamarabb gyárthassuk. Ennek érdekében eldöntöttük, hogy

- megvásároljuk a Vacwell gépsort,
- összevonjuk az áramkörökkel foglalkozó szakembereket.

A négyszöghiszterézis-hurkú ferritgyártást precíz, tudományos alapon indítjuk be. Gondoskodunk a megfelelő mérésről, válogatásról, amit abban az időben a Híradástechnikai Anyagok Gyárában (HAGY) végeztek oly módon, hogy nem álltak megfelelő műszerek, készülékek rendelkezésre, pedig ha a 2 mm átmérőjű kis ferritgyűrűk anyaga nem volt megfelelően előkészítve, a nehéz munkával összefűzött ferrit-tárak használhatatlanná váltak. A ferritanyag homogenizálására, a kész gyűrűk válogatására Lengyelországból (ELWRO) ajánlottak berendezéseket.

Az EMG által gyártott kártyát és a TRT által gyártott áramköröket a következő intézmények használták fel: az MKKL, a GAMMA, a KFKI, a VEIKI és a VILATI. Az Országos Tervhivatallal és a KSH-val egyetértésben elkészítettük a digitális áramkörök nomenklatúráját.

A KGM Automatika Titkárság az Import Bizottságban közreműködött olyan módon, hogy intézkedett

- a négyszöghiszterézis-hurkú ferritválogató berendezés behozataláról, a hazai igény szóródásának megállításáról oly módon, hogy ne a világ minden tájáról importáljunk, sokszor azonos alkatrészeket,
- a KONVERTA diódagyártás támogatásáról, az import kiküszöbölése érdekében,

- közbenjárt a félvezető árak leszállítása ügyében; ugyanis igazodni kellett a nyugati árleszállításokhoz,
- az elektronikus asztali számológépekkel kapcsolatos feladatokról:
 - igényfelmérés,
 - ármegállapítás (MIGÉRT, METRIMPEX),
 - az EMG fejlesztési munkáinak elősegítése.

Feladat volt a mikromodul csúcscbizottságban döntési fórum kialakítása, amelynek konkrét döntésre váró témája: milyen digitális alapáramköröket célszerű gyártani a jövőben.

Közreműködők:

- REMIX, mikromodul (Dutka István, Rátki József)
- Budapesti Műszaki Egyetem, szilárdtest-áramkör (Dr. Valkó Iván Péter)
- Egyesül Izzó, szilárdtest-áramkör (Dr. Giber János)

A KGM Automatika Titkárságnak az volt a véleménye, hogy legcélszerűbb a szilárdtest-áramkör mihamarabbi megvalósítása. Annál is inkább, mert a Vacwell-gépsor behozatalára már döntés született (2. melléklet).

A négyszöghiszterézis-hurkú ferritgyártás hazánkban kátyúba jutott, amiben nagyrészt a HAGY-gyártási problémái okozták a fennakadást, pedig a KGM Automatika Titkárság segítségével megfelelő ferritválogató berendezést szereztünk be külföldről. A TKI már háromféle reprodukálható alapanyagot tudott előállítani, ami megfelelt a Siemens minőségeknek.

A perifériális készülékek K + F munkáival az OKL és a GAMMA foglalkozott. Az előrehaladás nehézkes volt, mert nagyon sok finommechanikai munkát igénylő technológiai lépés tartozott a perifériák előállításához. A perifériák megbízható gyártásához igényfelméréssel és a párhuzamos fejlesztések kiküszöbölésével nyújtottunk segítséget (1965).

1971-ben az integrált áramkör témakörben felhasználói érdekképviseletet szerveztünk, amelynek tagjai a következők voltak: HIKI, EVIRT, REMIX, EMG, EMO, KGM-ISZSZI, BME, KFKI, Országos Árhivatal.

1970-es felmérési és kereskedelmi adatok alapján az országos integrált áramkör-igény várható alakulása a következő volt:

(1000 db)

IC technológiák szerinti bontásban	1970	1971	1972	1973	1974	1975
félvezető-alapú IC	320	820	1600	2760	3560	5070
réteg (vékony-vas-tágréteg) IC	230	450	830	960	1050	1160

Az országos igények kielégítésénél a fenti számadatok figyelembe vétele szükséges a gyártókapacitás kiépítéséhez.

- A félvezető alapú IC-technológiánál szereplő db-számadat IC-tokra vonatkozik, melyek általában 4-5 alapáramkört tartalmaznak.
- 1974-75-ben a megadott mennyiség 8-10%-a közepes- vagy nagyintegráltságú (MSI, LSI) félvezető technológiájú IC lesz.
- A félvezető alapú IC-igény 80-85%-a a következő IC-típusokban tevődik össze:

Digitális:			Analog:	
SN 7400 N	SN 7453N	SN 7495N	SN 74 702N	
01 N	60N	96N	709N	
02N	70N	121N	710N	
04N	72N	180N		
10N	73N	150N		
20N	74N	154N		
30N	75N	181N		
40N	76N	182N		
41N	90N			
50N	93N			

Ezek equivalentenseit fogadtuk el szűkített választéklistának.

1970-ben készült igényfelmérés szerint az integrált áramkörigény a hazai ipar teljes vertikálumban megjelent.

A KGM Automatika Titkárság további feladatai

- Belső tájékoztató a legkorszerűbb integrált áramkörtéchnológiákról (MOS integrált áramkörök, ioninplantáció, OVONIC.).
- Katalógus készítése a csehszlovák integrált áramkörökről.
- Siemens integrált áramkörök behozatala, kipróbálásra.
- Integrált áramkörök behozatala külföldről, kipróbálásra.
- Megalakítottuk a felhasználói érdekképviseletet. Ennek keretében konzorciumot hoztunk létre a következő tagokkal:
 - HIKI, REMIX, EIVRT
 - EMG, TKI
 - EMO, KGM, ISZSZI
 - BME, KFKI, Országos Árhivatal stb.
- Aktív alkatrész- és integráltáramkör-felmérés készítése.
- Közgazdasági számítások és prognosztikai vizsgálatok végzése az új technológia bevezetésének elbírálásához.
- Mikroelektronikai iparpolitika kialakításához tanulmány készítése.
- Integrált áramkörök szabványosítása.
- Harc az ellen, hogy ne sújtsák 300%-os vámmal az integrált áramköröket (elég volt nekünk az embargó).
- Kialakítottuk az országos ipari integrált áramkör választékot.
- Szakirodalmi anyaggal való ellátás biztosítása a hazai felhasználók körében.
- Országos felmérés készítése KGM megbízásból.
- A KGST integrált áramkörtéchnológiai helyzet figyelemmel kísérése, és arról rendszeres belső tájékoztató anyag készítése.
- A KGM különböző főosztályain a számítógép és integrált áramkör témakörben előadások tartása.

Kialakítottunk egy felhasználó érdekképviselőt a mikroelektronikai alkatrészek és integrált áramkörök területén. Az érdekképviselő munkáját műszaki- gazdasági és kereskedelmi szempontok alapján határoztuk meg.

- Kidolgoztunk egy országos választéklistát.
- Közreműködtünk az árpolitika kialakításában.
- Integrált áramköri alkalmazástechnikai katalógust adtunk ki folyamatosan annak megfelelően, ahogy a változásokat észleltük.
- Együttműködő partnerek voltak a KGM-hez és az OMFB-hez tartozó intézmények, az EMO, REMIX, HIKI, EIVRT stb.
- Részt vettünk iparpolitikai kérdések kidolgozásában a mikroelektronikai alkatrészekkel és alkalmazástechnológiákkal kapcsolatban.

Megállapítottuk, hogy integrált áramkör-technológiai vonatkozásban szükség lenne egységes irányításra, a legkorszerűbb ismeretekre alapozva.

- Technológiai utasításokat készítettünk az új technológiai irányzatoknak megfelelően, pl. MOS IC-alkalmazásra.
- Új technológiák bevezetését szorgalmaztuk REMIX-VILATI együttműködésben.
- Megszerveztük a hazai intézmények közötti kapcsolattartást, kölcsönös tájékoztatást.
- Megszerveztük belső tudományos előadások tartását és az írásos tájékoztatást.

Közgazdasági kutatás-fejlesztési témákat dolgoztunk ki az áramkörök alkalmazásának gazdasági megítéléséhez.

- Kockázati számítások a Közgazdasági Egyetemen tanult számítási módszerek gyakorlati alkalmazása a következő intézmények bevonásával:
 - Közgazdasági Egyetem
 - TKI, REMIX
 - INFELOR
 - OMFB
 - KGM
 - KGST országok témában érdekelt szakemberei

A miniatürizálás területén a legnagyobb nehézséget az aktív alkatrészek, vagyis az elektroncsövek jelentették. A tranzisztor térhódításával ez a helyzet megváltozott. Ezután a passzív alkatrészek méretcsökkentése lett a fő gond.

A mikromodul áramköröket Magyarországon, továbbá az összes KGST országban elkezdték gyártani, ugyanakkor az integrált áramkörgyártás előretörése néhány év alatt versenyképtelenné tette a mikromodul technikát, az összes hagyományos áramkörgyártást ugyanis, az áramkörök felépítéséhez az alább felsorolt alkatrészek, anyagok szükségesek:

Áramkör kutatók, fejlesztők és gyártók	Alkatrészek, anyagok	Gyártók, ill. beszerzési hely
EMG, TRT hagyományos technológia	tranzisztor dióda kondenzátor ellenállás induktivitás nyomtatott áramkör lemez kiöntőanyagok	Egyesült Izzó, import KONVERTA, import REMIX HAGY HAGY import
REMIX mikromodul	tranzisztor dióda induktivitás kerámia lapka kiöntőanyagok	Egyesült Izzó KONVERTA HAGY Kőbányai Porcelán import

MIKI, HIKI, OKL, TKI rétegáramkörök	tranzisztor dióda induktivitás kerámia lapka kiöntő anyagok	Egyesült Izzó KONVERTA HAGY Kőbányai Porcelán import
Egyesült Izzó, HIKI szilárdtest áramkör	Si egykristály, tok	Balatonfűzfői gyár, import

Ebből a felsorolásból a gazdaságos megoldás lehetősége eleve az IC gyártásban volt adott.

Az LSI Informatikai Oktatóközpont létrehozásának elméleti és történeti háttere

A XX. sz. második felében világossá vált, hogy az emberi alkotóképesség kibontakozásának tárgyi és anyagi feltételeit – az objektív alapot – a tudomány eredményei teremtették meg. A munkaerő struktúrája oly mértékben alakult át, hogy megváltozott az ember helyzete a termelésben, munkája a korábbiaknál nagyságrendekkel nagyobb mértékben kutatásra, fejlesztésre csoportosul át.

Mindezen fejlődési tendenciák egyik alapvető – vagy talán a legfontosabb – pillérét, a mikroelektronikai technológiákon alapuló iparágak teremtették meg. Ez nem véletlen, hiszen a mikroelektronikában összpontosulva hasznosulnak a gyakorlat számára a fizika, az atomfizika, a kémia, a matematika, az elektronika és lassan a biológia kutatásainak eredményei is, visszahatva az alaptudományok fejlődésére. Az anyagi termelésre közvetlenül fordított idő csökkenő tendenciát mutat, ugyanakkor a kutatásra-fejlesztésre, a termelő folyamat tudományos-műszaki előkészítésére fordított idő és a tőkebefektetés – egy-egy szakterület fejlődésének függvényében – négyzetesen, exponenciálisan vagy ugrásszerűen növekszik. Vagyis miközben a termelés kutatási munkaiigénye nő, az egységnyi termék előállításához szükséges összetársadalmi munkaráfordítás csökken.

A kutatási-fejlesztési munka eredményeinek gyakorlati megvalósítási ideje jelentősen lerövidült, de a kutatási-fejlesztési költségek „kritikus tömege” sok esetben olyan nagy, amelyet egy kis vállalat, vagy egy kis ország már nem képes vállalni. Az iparilag fejlett országok kutatási ráfordításainak egyre nagyobb részét fedezi az állam. A termelőerők elemeinek összehangolása egységes gazdasági folyamatba, a tudatos irányítás szükségszerű. A nemzetközi gazdasági integrációval létrejött multinacionális monopóliumoknak lehetőségük van arra, hogy egy-egy szakterületen a piacszabályozást cégen belüli döntéssé változtassák. Döntéseikhez hatalmas információmennyiséget dolgoznak fel, melynek során kimutatják, hogy szoros korreláció van a kutatási ráfordítás és a nemzeti jövedelem növekedése között. Az egy dolgozóra jutó nemzeti jövedelem növekedésének 90%-a kutatási-fejlesztési munka eredménye.

A röviden vázolt gazdasági átalakulás – mely a tudományos eredmények gyakorlati alkalmazásának hatására jött létre és az „akcelerator”-hatás következtében gyorsuló folyamattá vált – a multinacionális monopóliumok által objektívan meghatározónak tekinthető. E folyamat minősített komponense a mikroelektronikai technológiák fejlődése, ami jelenleg a gyakorlatban az integráltsági fok növelésében mutatkozik meg.

A vizsgálódások során kimutatták, hogy a műszaki fejlesztés eredményeinek alkalmazásában a világviszonylatban is vezető, illetve a gyorsan fejlődő országok sikere nem véletlen; oktatásukat alapvetően átformálták oktatástechnológiai és módszertani fejlesztéssel. Ez a fejlesztés nemcsak a graduális képzésben résztvevőket érinti, hanem azt a széles népréteget

is, amelynek minden munkáltató és munkavállaló tagja, tovább kell tanulnia bármilyen végzettséggel rendelkezék is. A tudásanyag elavulási ideje ugyanis ma már a legtöbb szakmában lerövidül, csökkenő tendenciájú, így senki sem számíthat bizton arra, hogy az iskolában és az egyetemen tanultak egész életében elegendőek lesznek a boldogulásához.

Az új műszaki eredmények gyors alkalmazása elsősorban az elektronikai eszközöket gyártó vállalatoknak állt érdekében. Ezért – már az 1960-as években is – csak úgy tudták termékeiket a kívánt mennyiségben értékesíteni, ha széles körben maguk a gyárak tanították (tanították) meg azok alkalmazását. Ehhez alapvetően változtatták meg a képzés iskolarendszerét, módszereit és eszköztárát.

Ma már az új oktatási formák és módszerek polgárjogot nyertek a műszakilag élenjáró országokban, s az állam támogatja az átalakítást, hiszen ezzel a leggyorsabban fejlődő iparágak infrastruktúráját úgy lehet kialakítani, hogy elegendő számban legyenek olyanok, akik alkalmasak a fejlődési folyamatba való bekapcsolódásra. Büszkén jelentik be, pl. az angol OPEN UNIVERSITY vezetői, hogy az egész országot egy nagy tanteremmé alakították át. A mikroelektronikai eredmények hatására kialakult szakmai területeken folyó képzés tartalmi, szervezeti és módszertani kérdéseinek vizsgálata, kutatása szükséges és országos érdek. Indokolt tehát, hogy az Európai Unió országai részére is diktált felzárkózás a szakmai színvonalhoz, nemzetközi példák alapján, a hazai adottságok, sajátosságok által determinált feltételek mellett, az ahhoz igazodó képzés elméleti alapokra, és gyakorlati tapasztalatokra épült rendszerének kidolgozása megtörténjék.

Az Európához való integrálódás folyamatában az egyik legfontosabb lépés a csúcstechnológiai ismeretekhez tartozó tudományágak korszerű, széles körű felsőszintű oktatása, különös tekintettel azokra a témakörökre, amelyeknek gyakorlati művelése a gazdasági siker reményével kecsegtet hazai viszonylatban is. A fejlődés új feladatok elé állítja oktatási intézményeinket, új tanítási módszerek és formák váltak szükségessé, amelyeket újszerű technikai eszközök támogatnak.

A századvég nagy kihívása, és egyben az emberiség történetének a legnagyobb műszaki és gazdasági fejlődési lehetősége a mikroelektronikában, a számítástechnikában, azok gyakorlati alkalmazásában, vagyis az informatikában rejlik.

Új távlatok nyílnak az élet minden területén, amelyeket minden országnak korszerű tudásanyag elsajátításával kell követni. Ezt felismerve hoztuk létre a KGM Automatika Titkárság tapasztalataira alapozva közel 25 évvel ezelőtt, 20 magyar elektronikai ipari és kutató intézmény társulásával az LSI Oktatóközpont a Mikroelektronika Alkalmazásának Kultúrájáért Alapítványt. Ugyanakkor a gyakorlati élet követelményeinek megfelelően a nevünket „LSI Informatikai Oktatóközpont”-ra változtattuk.

Márkanévünk az LSI (Large Scale Integration) betűszó jelentése nagybonyolultságú integrálás. 1979-ben az LSI technológia a csúcstechnológia élvonalát jelentette, de jelenleg is benne foglaltatik – mint a legfontosabb jellemző – a nemzetközi jelölésekben, mint minőséget és gazdasági sikert meghatározó tényező.

Az LSI Informatikai Oktatóközpont fejlődésének fontosabb lépcsői szakterületi, illetve kronológiai sorrendben. Egy megvalósult terv

KÉPZÉS

– Az LSI Informatikai Oktatóközpont szervezői, jelenlegi vezetői már a 70-es évek elején prognosztizálták az integrált áramköri technológia fejlődésének hatására létrejövő válto-

zásokat. Így azzal a céllal készültek egy oktató intézmény létrehozására – nemzetközi minták alapján –, hogy a hazai felkészítés a világviszonylatban bekövetkezett változásoknak megfelelő legyen.

- 1977-ben született meg az a konkrét terv, hogy a mikroelektronika, mikroszámítógép alkalmazásának megtanulására az angol OPEN UNIVERSITY példájára kell a hazai felkészülést megszervezni.
 - 1979-ben az LSI Informatikai Oktatóközpont gazdasági társaságként jött létre azzal a céllal, hogy a mikroelektronika, a számítástechnika és az informatika legújabb eredményeit a lehető leggyorsabban ismertesse meg a hazai szakemberekkel.
 - Teljes körűen megindult a felkészülés hazánkban is a csúcstechnológiák által meghatározott színvonalú képzésre, de különböző szinteken.
 - A cél megvalósítása érdekében az LSI Informatikai Oktatóközpont évente 2000 főt képzett ki különböző szintű tanfolyamain. A szintek a vezetőképzőtől a kutatási eredmények ismertetésén át a konkrét betanításig minden területet felöleltek.
- Az informatikai tudásanyag széles körű elsajátítására oktatóközpontunk olyan képzési lehetőségeket hozott létre, amelyek mindenki számára biztosítják a világban bekövetkezett gyorsuló technikai fejlődés követését.

OKTATÓGÉPEK

- 1980-ban az LSI Informatikai Oktatóközpont készítette el Magyarországon az első nyitottan szerelt, a képzést támogató számítógépsorozatot, amelyen a logikai döntések útjait fényemittáló diódákkal lehetett követni (NEBULÓ I-II).
- 1980 második felében elkészült a Z80-as mikroprocesszorra épülő számítógépsorozat Mickey '80 névvel 120 példányban, ami azt jelentette, hogy hazai viszonylatban nagy sorozatgyártónak számítottunk.
- Az oktatást több ezer hardver-kittel támogattuk, amelyeket a tanfolyamokon adtunk át a hallgatóknak.

KÖNYVKIADÁS

- Az 1980-as év vége felé megindítottuk a könyvkiadói tevékenységet. Első könyveink a tanfolyamok támogatásához készültek. Nagy gyakorisággal adtuk ki a számítógép- és a szoftverkatalógusokat is, melyek segítségével a hazai számítógépkészítői törekvések megismerhetővé váltak, de a katalógusok legfontosabb szerepe a hazai fejlesztések összehangolásában mutatkozott meg.

Könyvkiadásunk szakkönyvkiadási rendszerünk rövid idő alatt közismertté és népszerűvé vált. USA-beli és kanadai kapcsolataink útján sikerült a műszaki naprakészséget biztosítani.

Könyveinket az ország legjobb professzorai, szakemberei írják. Kiadónk tankönyvkiadói tevékenysége elsősorban az LSI Informatikai Oktatóközpont és az 1992-ben alakult Gábor Dénes Főiskola igényeit elégíti ki, ugyanakkor általánosan használtak főiskoláinkon, egyetemeinken is. Tankönyvkiadásunk sajátossága, hogy távoktatásra is alkalmas tananyagokat kell készítenünk, így a könyvek tartalmi felépítése, külső megjelenése ezt a speciális igényt is kielégítik. Napjainkban már a tankönyvek, video stb. anyagok minőségi előkészítésében döntő szerepet játszik Didaktikai Bizottságunk.

NYITOTT EGYETEM

- A tanfolyami képzés már 1980-ban sem bizonyult teljes körűen kielégítőnek a kellő mélységű tudás biztosítására, ezért az LSI Informatikai Oktatóközpont 1982-ben megkezdte tárgyalásait egy hazai OPEN UNIVERSITY létrehozására. Célunk az volt, hogy valamelyik egyetemhez vagy főiskolához csatlakozva hozzuk létre a hazai nyitott rendszerű képzést, amelyhez a Művelődési és Közoktatási Minisztérium segítségét kértük. A célhoz vezető göröngyös út igen nagy hasznunkra vált a felkészülésben. A külföldi tapasztalatok nagy segítséget nyújtottak magyarországi lehetőségek módszertani kutatómunkájában.
- Nyitott rendszerű, távoktatás jellegű képzés korszerű módszertani ismeretei alapján már 1984-ben intenzívvé tettük a felkészülést a kitűzött feladat ellátására. A célt segítő eszközök voltak a többi között:
 - tanulóbarát tananyagok készítése
 - tananyagok videóra, CD-re rögzítése
 - INTEK oktatócsomagok honosítása
 - angliai minta-tananyagok beszerzése
- 1988-ban engedélyt kaptunk (az LSI-ben) a hazai nyitott rendszerű képzés megvalósítására – az interdiszciplinaritás jegyében kétévi informatikai felkészülést követően a hallgatók valamelyik magyar egyetemen vagy főiskolán szerződés alapján kapják meg a diplomájukat. Ennek során 24 egyetemmel, illetőleg főiskolával kötöttünk szerződést.
- 1988 őszén már elkészültek az első szemeszter oktatócsomagjai (5000 db), amelyeket a beiratkozó 2000 hallgatónak tanévkezdéskor átadtunk. Távoktatásra készültünk, de hamarosan bebizonyosodott, hogy hazánkban ez az oktatási forma még nem érett meg. Szükségesnek bizonyult a hallgatókkal történő intenzív foglalkozás és a minden héten lefolytatandó írásbeli vizsgáztatás az előírt tananyagnak megfelelően.

GÁBOR DÉNES FŐISKOLA

- 1992-ben az LSI Informatikai Oktatóközpont a SZÁMALK Rt.-vel közösen megkapta az engedélyt egy alapítványi (magán) főiskola megalapítására, amelynek működését az alapítók 50–50% megosztásban vállalták. Ekkor már elegendő pozitív és negatív tapasztalat állt rendelkezésünkre, a magyar OPEN UNIVERSITY létrehozására, vagyis a hazai lehetőségekhez igazított, programozott képzés gyakorlati megvalósítására. 1992-ben létrehoztuk – államilag elismert főiskolaként – a Gábor Dénes Műszaki Informatikai Főiskolát, amely 600 hallgatóval kezdte meg az informatikus mérnökképzést. Az LSI Informatikai Oktatóközpont működteti a Gábor Dénes Főiskola Informatikai Rendszerek Intézetét, melynek öt tanszéke van.
- Jelenleg a Gábor Dénes Főiskola országos hálózatban, de egységes rendszerben működik 52 konzultációs központ keretében és közel 17 ezer aktív hallgatóval. A beiratkozott hallgatók száma 40000 többségük előtt még mindig nyitva a befejezés lehetősége.

INFRASTRUKTÚRA

- 1990-ben az LSI Informatikai Oktatóközpont épületeket igényelt egy volt szovjet laktnya területén, amelyet 1991-ben kaptunk meg. Ezzel először nyílt lehetőségünk arra, hogy saját erőből ugyan, de mégis méltó infrastruktúrát alakíthassunk ki nagy céljainkhoz. Az építkezésnek is beillő rendbehozatalhoz kerestünk társakat, de látva a hatalmas fel-

adatot, és a várható kiadásokat, akkoriban mindenki mereven elzárkózott a csatlakozástól.

- Az Oktatóközpont és a SZÁMALK Oktatóközpont infrastruktúrája, technikai felszereltsége közösen (50-50%) biztosítja az oktatás korszerű eszközszerzőt.
- Az Oktatóközpont Budapesten, a Bécsi úton – felújított és modernizált négy volt szovjet laktanya épületben – mintegy 8000 m² hasznos alapterületen helyezkedik el, egy 500 és két 400 férőhelyes nagy előadóteremmel és tucatnyi kisebb, egyenként 60–80 főt befogadó kisebb előadóterem.

A számítógépek kezelésének elsajátításához emellett rendelkezésre áll négy, egyenként 30 darab, hálózatra kapcsolt asztali számítógépet tartalmazó gyakorlóteremmel.

- A belső számítógépes hálózat a tanszéki és alkalmazotti gépekkel együtt összesen mintegy 250 korszerű, nagy teljesítményű asztali számítógépet tartalmaz, amelyek kiszolgálásáról, a külső Internet hálózathoz való kapcsolódásról és a belső elektronikus levelezésről 6 darab szerver gondoskodik.

Az előadótermekben az előadások jobb megértését szolgálja, hogy minden egyes előadáshoz vetített képes demonstrációs anyag tartozik. A demonstrációs anyagok vetítése általában közvetlenül számítógépről történik. A felkészülést vizsgákra megkönnyíti, hogy ezen vetítési anyagok utólag is bármikor megtekinthetők az intézet honlapján.

- A távoktatást segíti a videó tananyagok szakszerű kidolgozásához rendelkezésre álló videostúdió, amelyben eddig mintegy 70000 példány, egyenként 4 órás videoszalag készült el.
- Az intézet infrastruktúráját korszerű könyvtár egészíti ki, amelyben több mint 7000 kötetnyi szakkönyv és 64 féle szakfolyóirat segíti a tanulást.

A könyvtárban 12 nyilvános használatú számítógépet is felszereltek, amelyek segítségével internetes anyagokhoz is hozzá lehet férni.

Az eltelt közel 10 év alatt az LSI Oktatóközpont nagy igyekezettel, de egyedül is igen barátságos és a célnak megfelelő infrastrukturális feltételeket – Campust – alakított ki a volt szovjet laktanya épületeiből.

Az épületeinket Göncz Árpád a Magyar Köztársaság elnöke avatta fel, a főiskolát levélben üdvözölte Dr. Simonyi Károly (4. melléklet).

A campus kiépítésével egy teljesen újszerű feladatot kellett elvégeznünk, amelyre még nem volt példa Magyarországon. Hiszen egy olyan felsőoktatási intézmény campust kívántuk megvalósítani, amelynek oktatási módszere, rendszere és formája tekintetében az angliai OPEN UNIVERSITY-t kívántuk követni, annak sok évtizedes tapasztalataihoz igazodva. Ezért az infrastruktúra kialakítását teljes körű oktatástechnológiai-, prognosztikai-, piactb. kutatás-fejlesztési munka előzte meg. Ennek a széles körű K+F munkának alapján alakítottuk ki a belső struktúrát. Így intézményünk alkalmas szakembergárdája, területi elrendezése, berendezése és eszközei újszerű képzésben részesíti a hallgatókat és a tanárokat. A fejlődési tendenciákhoz igazodva feladatai a következők:

- előadások, konzultációk tartása országos szervezéssel, minden tantárgyhoz videofelvétellel; diplomáztatás,
- számítógépes tantermek kialakítása,
- mérési lehetőség megteremtése országosan,
- tananyagellátás: írásos, videó, diszk stb. hordozón; belső előállítással,
- oktatástechnológiai kutató-fejlesztő laboratórium létrehozása,
- könyvtár, könyvtárközi kölcsönzéssel,
- belső számítógépes struktúra kialakítása hálózati rendszerekben,
- WEB alapú csatlakozás.

SZAKOK

- I. Műszaki informatikai; ezen belül szakirányok:
 1. Számítógép-alkalmazási, 2. Műszaki menedzser, 3. Biztonságszervező
- II. Gazdasági informatikai; ezen belül szakirányok:
 1. Számviteli, 2. Általános menedzsment
- III. Műszaki menedzser; ezen belül szakirányok:
 1. Informatikai alkalmazás menedzsment, 2. Vállalkozás menedzsment

A KÉPZÉS MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSÁNAK MÓDSZEREI

- Valós idejű irányítás
 - A tananyagokat, a tantárgyi útmutatókat, az oktatási és a számonkérési módszereket a tanszéki szűrésen kívül Didaktikai Bizottság is véleményezi.
 - A magas követelményeket támogató szigorlatokat megfelelő összetételű bizottság előtt kell letenni.
 - A diplomamunka megkezdését megelőző felzárkóztatást egy – minden diákra kiterjedő – tutor-rendszer támogatja.
 - A diploma készítését a GDF által felkért konzulens segíti.
 - Az egyes tantárgyak oktatásáról a hallgatók véleményét rendszeresen gyűjtjük és feldolgozzuk.

A vidéki nagyvárosokban Konzultációs Központokban is fokozottan ügyeltünk arra, hogy olyan helyen működjön a főiskola, ahol közvetlenül vagy a közeli városokban biztosítottak a korszerű oktatás feltételei.

A hallgatók a beiratkozásnál oktatócsomagban kapják meg az aktuális szemeszter tananyagát: a tankönyveket, az oktatási segédleteket, útmutatókat, házi feladatokat, példatárakat, mágneslemezeket, CD-ket, egyéb információhordozókon megjelölt tananyagokat, és kiköszönözhetik a tanulást segítő videokazettákat.

- Végellenőrzés, visszacsatolás
 - A diplomamunkák bírálata egységes szempontrendszer szerint történik. Bíráló csak egyetemi diplomával rendelkező szakember lehet.
 - A minőségbiztosítás érdekében a záróvizsgáztatást központilag, tehát Budapesten szervezzük, gyakran külső, sőt külföldi elnökkel, illetve vizsgáztató bizottsági taggal.
 - A diplomamunkák színvonaláról a főiskola hazai és külföldi felsőoktatási szakemberek, oktatók és kutatók, valamint gazdasági és államigazgatási szakemberek véleményét is kikéri.
 - A záróvizsgák tapasztalatait az oktatómunkában hasznosítjuk.

DIPLOMÁZÁS

Főiskolánkon 1996-ban végzett az első évfolyam, akkor került sor az első diplomamunkák megvédésére. 2002 végéig előreláthatólag mintegy 4000 hallgató szerez diplomát. A diplomamunkák témáit munka mellett tanuló hallgatóink túlnyomó többsége saját munkahelyéről hozza, ezek a napi munkához kapcsolódó, de nagyobb elmélyedést igénylő problémák. Sok munkahelyen eleve építenek is erre a lehetőségre, mintegy félreteszik főiskolai hallgató munkatársaiknak azokat a témákat, amelyeknek kidolgozását hatékonyabbá teszi a főiskolai háttér.

Hagyományos, nappali keretek között tanuló hallgatóink a tanszékek által kiírt több száz diplomamunka-téma közül választhatnak. Ezen témák egy része a főiskolán folyó kutató-

munkához kapcsolódik, más témák pedig az oktatók személyén keresztül ugyancsak nagyobb, külső projektekhez.

Hallgatóink így a diplomamunka elkészítése közben megtanulják, hogyan kell felépíteni egy valós informatikai probléma megoldását célzó szakmai tervet, vagy elkészíteni egy nagy, önálló programot, teljes dokumentációval. Azok, akiknek egyéni adottságai, körülményei ezt lehetővé teszik, ízelítőt kaphatnak a valódi tudományos kutatómunkából is (5. melléklet).

KUTATÁS-FEJLESZTÉSI TEVÉKENYSÉG

A tantárgyakhoz, mint diszciplínákhoz kötődő kutatási feladatok mellett a főiskola K+F tevékenységének fő iránya a tantervi és az oktatástechnológiai fejlesztés.

A vezetőtanárok, az oktatástechnológiai szaktanszék munkatársai új tantervek készítése előtt prognosztikai és szakirodalmi kutatásokat végeznek. Az oktatástechnológiai tananyagkutatás keretében, az oktatási folyamat összefüggésében foglalkoznak – az informatikai fejlődés által megszabott – gyors változtatásokat igénylő tantárgyi struktúrával. Az eredményes tanulás nézőpontjából vizsgálják a taneszközök, az eszközegegyüttesek szerepét, jelentőségét az oktatás, a tanulás folyamatában.

Az információelmélet és a rendszerelmélet kutatási eredményeit is felhasználják a taneszközök, médiumok alkalmazásához. A tantárgyak oktatásánál igen körültekintően választják ki az optimális taneszközöket. Az oktatási, tanulási folyamat értékelése folyamatos; rendszeres a zárthelyi dolgozatok íratása. A zárthelyi- és vizsgaeredmények, valamint az értékelő lapok elemzése segíti a tanulási folyamat időszakos értékelését, szemeszterenként a korrekciók megtételét.

A tankönyvek – általában – a távoktatási alaptankönyvekre kimunkált követelményekhez igazodóan készülnek. A tananyagot könnyen feldolgozható szakaszokra bontják, amelyeket ellenőrző kérdések követnek. A válaszadás ellenőrzése egy sajátos jelrendszer használatával megoldható. Speciális tankönyvek segítik a hallgatót az önellenőrzésben, illetve a tudás megerősítésében. Amelyik tantárgyból hagyományos tankönyv van, ahhoz a vezetőtanár hallgatói segédletet készít, megkönnyítve a tanulást. Az önellenőrzést munkafüzet, munkalap, feladatlap kiadásával segítik.

Az előadásokon, konzultációkon az audiovizuális eszközök (írásvetítő, episzkóp, számítógépes kivetítés) használata általános. A számítógép-termekek a hallgatók folyamatosan igénybe vehetik.

Minden tantárgyhoz videotananyag is készül, amely az előadásokon elmondottakkal azonos tartalmú, de kihasználja a videotechnika adta egyéb lehetőségeket is. A videokazetta olyan tanulást segítő eszköz, amely lehetővé teszi a főiskola hallgatói számára, hogy az előadások helyszínétől, időpontjától függetlenül tanulmányozhassák a tananyagot felhasználva képi megjelenítés adta előnyöket. A videofilm elősegíti az ismeretek megértését, azok hatékonyabb elsajátítását.

A videofelvételeket az országban és a határon kívül működő konzultációs központokban a hallgatók ingyenesen kölcsönözhetik.

Az oktatástechnikai eszközeink széles körű használatára, alkalmazására oktatóinkat felkészítjük.

K+F TÉMAKÖREINK

- Oktatástechnológiai K + F végzése minden GDF által tanított tárgykörben.
- Az INTERNET felhasználási lehetőségei a távoktatásban.
- Prognosztikai kutatás végzése az informatikai tárgykörök (hardver-szoftver) tartalmi megítélésére.
- Az informatikai fejlődés társadalmi hatásának vizsgálata.
- A minőségbiztosítás irányítása.
- Gyakorlatorientált műszaki informatikai képzés.
- Az informatikai eszközök alkalmazásának gazdasági hatékonysági elemzése.

Vezető tanáraink az OMFB, az OM és az OTKA támogatásával saját szűkebb szakterületükön végeznek intenzív tudományos-kutatómunkát, részt vesznek az Európai Unió INCO-COPERNICUS és PHARE programjai keretében nemzetközi K + F projektek megvalósításában. Fejlődésük eredményeik az oktatás magas szintű technikai felszereltségének, továbbá a K + F munka tanári és hallgatói oktatócsomag kimunkált logisztikájának rendszerzettségének köszönhető. A hallgatókat tankönyvek, szakkönyvek, hazai és nemzetközi publikációk arzenálja segíti a tanulásban.

A jövő útja: authoring rendszerek működtetése, úrtávközlés alkalmazása az oktatásban, WEB alapú IP, interaktív oktatás hálózaton keresztül, biochipek alkalmazása optikai csatlással bioanyag és fém között és a felsorolás hosszan folytatható.

Mellékletek

1. melléklet

Tuschák Róbert: 50 éves a magyar villamos mérnök képzés

Tisztelt Hölgyeim és Uraim!

Kereken 50 éve 1949-ben alakult a Budapesti Műszaki Egyetemen Villamosmérnöki Kar. A fél évszázados múlt nagy vonalakban három szakaszra osztható. Az első a 60-as évek végéig tartó extenzív növekedés korszaka, amelyben kialakult a képzési profil és a tanszéki struktúra. A következő két évtized a hatékony oktatási rendszer és a laboratóriumi infrastruktúra megteremtésének az időszaka. Végül az utolsó tíz év az 1990 évi társadalmi és gazdasági változásokhoz való alkalmazkodás kora.

A második világháború után a későbbi viharos tudományos fejlődés előszele már érezhető volt, iparszerűvé vált a kutatás, gyorsan nőtt a kutatók és a mérnökök száma, világszerte új egyetemek és egyéb kutató intézmények alakultak.

Ezekre a változásokra reagált a becsúszó iparosítási terveket dédelgető magyar kormányzat is. Átszervezte a Magyar Tudományos Akadémiát és a tudományos minősítési rendszert, hozzálátott az akadémiai és az ipari kutatóintézeti hálózat kiépítéséhez és erőteljesen bővítette a műszaki egyetemi képzést.

Függetlenül a politikai indíttatástól a Villamosmérnöki Kar létrehozása indokolt volt. A műszaki fejlődés előre vetítette az elektrotechnika térhódítását. Magyarországon 1949 előtt nem lehetett villamosmérnöki oklevelet szerezni, pedig az ország villamos ipara már több évtizedes múltra tekinthetett vissza és világhírű műszaki eredményekkel dicsekedhetett.

Villamos szakismeretekre a Műegyetem Gépészmérnöki Osztályán az un. B tagozatos képzésben lehetett szert tenni. Ebben a gépész képzést az utolsó évre koncentrálnak a villamos tárgyak színesítették. Az erősáramú tárgyak a teljes óraszámnak 18 %-át, a híradástechnikai enciklopédiák kb. 2 %-át tették ki.

A Villamosmérnöki Kar erősáramú és gyengeáramú szakokkal indult. Szaktanszékei a Gépészmérnöki Osztálytól átvett, Liska József ill. Verebély László professzorok által vezetett Villamos Gépek és Mérések, ill. Villamos Művek és Vasutak Tanszékek valamint az újonnan alapított Vezetékes Híradástechnika Tanszék Kozma Lászlóval ill. Vágó Arthúrral, és a Vezetéknélküli Híradástechnikai Tanszék Barta Istvánnal az élén. Ezekhez csatlakozott a következő évben a Villamos Gépek Üzemtana Tanszék, amelynek vezetője Kovács K. Pál lett.

Az alap tárgyi tanszékeket a gépészekről átvett Fizika és Atomfizika Tanszékek valamint az ezeket rövid időn belül követő új alapítású Elméleti Villamosság, Villamosmérnöki Matematika, Villamosmérnöki Mechanika, Villamosipari Anyagok Technológiája, Géptan Tanszékek és az Idegennyelvi Lektorátus alkották. Akkori vezetőik Gombás Pál, Kovács István, Simonyi Károly, Fenyő István, Fáber Gusztáv, Vasvári Ferenc, Sváb János és Füves Ödön voltak.

Az első dékán Liska professzor, az első villamosmérnöki diplomát 1950-ben adták ki, a hallgatók létszáma akkor 682 fő volt.

A kar folyamatosan bővült, új tanszékek keletkeztek, a régebbiek közül egyesek meg szűntek, vagy átalakultak. Kiváló ipari szakemberekből lett docensek és professzorok új tudományágakat vontak be a képzésbe: Istvánffy Edvin a mikrohullámú technikát, Valkó Iván

Péter az elektron csöveket, Eisler János a villamos készülékeket és a szigeteléstechnikát, Benedikt Ottó a villamos hajtásokat és a különleges villamos gépeket. Verebély utóda Geszti P. Ottó a villamos művek anyagát hozta a 60-as évek nemzetközi szintjére.

Kar oktatói mindenek előtt a magyar nyelvű szakirodalmat teremtették meg nagyszámú új jegyzettel és könyvvel, amelyekből nemzedékek tanultak. Csak kiragadott példaként utalok Liska, Verebély, Retter, Simonyi, Barta, Valkó, Eisler, Fenyő, Karsa, Geszti, Vajta ötvenes évek első felében megjelent műveire.

Tudományos eredmények sem hiányoztak. Gombás professzor statisztikus atomelméleti munkái akkor már nagy hírnek örvendtek. A Villamos Gépek Üzemtana Tanszéken Kovács K. Pál és Rácz István vezetésével kibontakozott egy a hagyományos szemléletet korszerű módszerekkel egyesítő, nemzetközileg ismert és sokat hivatkozott erősáramú tudományos iskola, amelyhez Retter Gyula munkássága is csatlakozott. A Kovács és a Kovács - Rácz könyvek világszerte ismertek lettek. Itt születtek az első műszaki kandidátusi disszertációk is.

Ugyanezen a tanszéken az ipari alkalmazást messze megelőzve az Automatika már 1953-ban önálló tárgyként jelenik meg a kar későbbi professzorának Frigyes Andornak előadásában. Az ő általa akkor létrehozott kutató csoport volt a SzTAKI egyik elődje is. A korszakformálónak érlelődő irányítástechnika elméletéről pedig később az ugyancsak erről a tanszékről induló Csáki Frigyes professzornak az impozáns irodalmi munkássága adott átfogó képet. A tanszék 8 év múlva megszűnt ugyan, de az akkori asszisztenseiből később itthon és külföldön kilenc egyetemi tanár került ki.

1953-ban Kolos Richárd vezetésével Műszer és Finommechanika Tanszék és azonos nevű új szak kezd meg a működését. Átalakítások és új tanszékekkel való bővítés után 1963-ban ennek helyébe a műszer és irányítástechnikai ill. a híradás és műszeripari technológiai szakok lépnek. Az előbbi megszervezése és programjának kialakítása Schnell László és Frigyes Andor professzorok nevéhez fűződik, az utóbbit - Kolos professzor halála után Ambrózy András formálta elektronikai technológia szakká, amely a mikroelektronika otthonává vált.

A kar sokszor viharos körülmények között tette meg első lépéseit. Az első professzorok háborús generáció tagjai, akiknek életében tartós nyomot hagyott a történelem. Talán senkiében sem annyira mint Kozma Lászlóban, akinek életútjában, mint cseppben a tenger, tükröződnek a korszak bakugrásai, bűnei és aljasságai. A numerus clausus miatt nem veszik fel a Műegyetemre. Külföldön szerez diplomát. A Bel belgiumi gyárában a legnevesebb tervezők egyike. Már a harmincas évek végén, jelfogós digitális számítógépekkel foglalkozik. Hazatér és hamarosan Mauthausenben találja magát. Visszatérése után a Standard műszaki igazgatója, megkapja az először kiosztott Kossuth díjak egyikét, kinevezik egyetemi tanárnak, azután igen gyorsan a nép ellenségének A Standard perben letartóztatják.

Letartóztatásakor nála van egy kapcsolási rajzok céljára szolgáló kiskockás rajztömb. Miközben egy cellában a fejleményeket várja, erre vázolja fel egy számítógépes elképzelését. Az éber börtönőr megszemléli a rajzot és megkérdezi: "Mi ez"? "Egy digitális számítógép" hangzik a válasz. "Mindjárt láttam" így a közeg. E szerint az új környezet műszaki intelligenciájára nem lehet panasz.

A per fő vádlottját kivégzik. Kozmáról évekig nem lehet tudni életben van-e. Ekkor egy aláírás nélküli tervrajzról kiderítik, hogy csak ő rajzolhatta. Többek között Barta és Vágó professzor vezetésével mentőakció indul. Részben ennek hatására engedik szabadon. Elektromechanikus elemekből 1958-ban megépíti az egyetem első digitális számítógépét. Az Akadémia tagja, a villamos kar dékánja, majd az egyetem díszdoktora lesz.

Az ötvenes évek elejének erőltetett iparosítása gyakori téma a magán beszélgetésekben is. Egy alkalommal Arutjunov a Műszer Tanszék létrejötténél bábáskodó, önálló gondolkodású szovjet vendég professzor egy kötetlen eszmecserén azt fejtegette, hogy szerint a vas és acél országának koncepciója helyett minden országnak olyan ipart kellene fejleszteni, amelyhez kellő nyersanyaga van. Valkó Iván Péter helyesel: "Mindig mondtam, hogy a vákuumcső gyártásnak van igazán jövője Magyarországon".

A beszéd kódolásnak és dekódolásnak, már akkor sem csak a híradástechnikában, hanem a hétköznapi életünkben is nagy szerepe volt. A Ganz Villamossági gyárban közzájon forgó történet szerint pl. egyik hőn szeretett főnök kezelő orvosától az együtt érző beosztottak így érdeklődtek: "Doktor Úr van remény az aggodalomra?"

De a karon is akadt példa Vágó professzor dékánisége alatt valamilyen szervezet, amely éberrel ügyelt arra, nehogy az ellenség keze betegyje a lábát, felfedezte, hogy a korábban sütőpor gyártásáról ismert család egyik tagja a kar hallgatója. Követelik a dékántól, hogy mint osztályellenséget zárja ki az illetőt. Vágó erre nem hajlandó, mert nem lát rá okot. Az esetből ügy lesz, vizsgálatokkal, fegyelmiel, amelyekben eleinte a kellő okot nem találó vizsgálatokat zárták ki innen onnan, végül azonban hatalmi szóval eltávolították a hallgatót is, a renitens dékánt pedig magához kérte Erdei Grúz Tibor miniszter. Amikor Vágó belépett hozzá azzal fogadta "Rossz színben vagy Arthúr" a dékán gyorsan dekódolta az üzenetet "Megértettem, egészségi okokból kérem a felmentésemet" "Es lőn.

A hatvanas évek második felére lényegében befejeződik a tanszékalapítások kora, kialakul az a kari struktúra, amely a folytonosan előtérbe kerülő új szakterületeket a meglévő keretekben belül tudja elhelyezni. A kar a Műszaki Egyetem legnagyobb karává válik, ami szerteágazó adminisztrációt kíván. Ennek olajozott működtetéséről hosszú időn át Suhai Ernőné gondoskodik.

Ebben az időben képzés a terveződésnek megfelelően erősen kötött és irányított volt. A legfontosabb peremfeltételek: szigorú felvételi vizsga, szakterületenként előírt felvételi létszám, a diplomások irányított és garantált elhelyezkedése. A névleges és a tényleges képzési idő közötti különbség minimumára törekedtek, ami szigorú tanulmányi és vizsgarendet szült.

A négy szakon egymástól csaknem teljesen független oktatás folyt, Az alaptárgyakat is szakonként adták elő. A szakirányú képzést teljes egészében a szakhoz rendelt kevésszámú tanszék látta el, amelyek a többi szakon általában nem oktattak. A tanszemélyzet állandó státusokon volt. A felsőbb években a szakok specializáló ágazatokra oszlottak, amelyekben az adott tématerületet igen mélyreható részletességgel tanították. A névleges tanulmányi idő 10 félév, 40-42 óra/hét kötelező óra számmal. A gyakorlatokat kis csoportosak

Ez a rendszer szakmailag a jobb nyugati egyetemekkel kiállta az összehasonlítást, de tékozlóan bánt a tanszemélyzeti létszámmal és párhuzamos kapacitásokhoz vezetett. Amikor például az elektronika, a digitális technika és a számítástechnika univerzális eszköztárrá vált, bázisaik egymással párhuzamosan csaknem valamennyi szaktanszéken kiépültek

Ugyanebben az irányban hatottak a továbbiakban a kutatási és fejlesztési megbízások is, amelyeknek a bevétele az akkor is alacsony fizetésű oktatókat jelentős mellékeresethez juttatta. Egyes tanszékek önálló kutató-fejlesztő vállalkozáshoz hasonlítottak, amelyek egymással rivalizáltak. Arra törekedtek, hogy a legmodernebb témákban kellően jártas személyzetük legyen. A jogcím megteremtése céljából helyet követeltek maguknak az új ismeretek oktatásában. Ezért sokszor a szak közös ismeretanyagának egy részét is ágazatonként elkülönítve oktatták.

Az ötvenes években világszerte jelentősen változott a mérnökképzés koncepciója. Az egyetemi oktatás mindinkább mellőzi a gyorsan cserélődő eszközök részletes tárgyalását. E helyett a természettudományos és a matematikai ismeretekre alapozott rendszertechnikára összpontosít. Igyekszik olyan időállóbb ismereteket adni és olyan képességeket fejleszteni, amelyek megkönnyítik a gyors haladás miatt elkerülhetetlen későbbi pálya módosításokat. Növekszik az egyetemi kutatás jelentősége, kutatóorientálttá válik a képzés is.

Magyarországon ezek a gondok késleltetve jelentkeznek ugyan, de a hatvanas évek végén a hangsúly a karon is a képzés minőségi változtatása, a korszerű eszköztár - pl. a számítógépes infrastruktúra- megteremtésére és a kutatás kérdéseire tevődik. Ebben az is közre játszik, hogy megindul a főiskolai üzemi mérnökképzés, ami a rutin feladatok jelentős részét átveszi.

1949-ben az egyetemeknek főleg oktatási szerepet szántak, az alap ill. az alkalmazott kutatás letéteményesei a kutatóintézetek lettek. A tudományos fokozatok adományozása csakúgy, mint a tudományos utánpótlás nevelése, az aspirantúra keretében az egyetemektől függetlenné vált. Az ötvenes évek fejlesztése döntően oktatás centrikus volt, ami sokszor torzulásokat okozott a belső értékrendekben. A hatvanas években egyre nyilvánvalóbbá válik, hogy az egyetem lényege a kutatás és az oktatás szerves egysége. A kutatás nélküli egyetem szakiskolává válik.

A reformlépéseket egyrészt olyan képzés megteremtésének a vágya inspirálta, amely a specializáció növelése helyett a fejlődéshez való adaptálódás, az önálló gondolkodás és a folyamatos önképzés képességét fejleszti. Másrészt a szakiskolai tendenciákkal való szakítás, a tudományos utánpótlás nevelés és a kandidátúra egyetemi hatáskörbe utalásának a törekvése is motiválta.

Külföldi példák és spekulatív megfontolások alapján számos reform javaslat született, amelyek élénk, esetenként szenvedélyes vitákat váltottak ki. A valóra váltott elképzelések közül itt csak néhány fontosabbra utalok. Csaknem két évtizedig működött a Geszti professzor által szorgalmazott intenzív oktatási forma, amely a letehetősebbeket egy erősen elméleti orientációjú, a hagyományostól elkülönített tanterv szerint képezte. Mások a hagyományos évfolyamokon a hallgatók önálló munkáját kívánták növelni. Ennek érdekében Frigyes és Schnell professzorok kezdeményezéséből keletkezett önálló laboratóriumi rendszert, amely ma is működik, valamennyi szak beiktatta a tantervébe. A hetvenes évek közepén Frigyes professzornak, mint oktatási rektor helyettesnek a sikerült elérni, hogy az Egyetemi Tanács az egész egyetemen bevezette a heti 30 órás tanterveket, ami az önálló munka feltételeit lényegesen javította.

A legfontosabb lépés azonban, amellyel a Villamosmérnöki Kar két évtizeddel megelőzte a teljes magyar egyetemi szférát, a nappali posztgraduális képzés bevezetése. Ez a mostani PHD képzés előfutára volt olyannyira, hogy a jelenlegi rendszer jórészt ma is azonos elvekre épül. A képzést, amellyel az egész kar egyet értett, eredetileg Frigyes dékán kezdeményezte, majd kissé eltérő formában utódja Geszti dékán is javasolta. Végül 1974-ben egyéb törvényi háttér hiányában kétéves nappali szakmérnök képzésként valósult meg. A hallgatók javadalmazását nagyobb iparvállalatok állták úgy, hogy mérnökként alkalmazták és két évre kihelyezett munkahelyként az illetékes tanszékre küldték őket. Az ipar nagyvonalú volt. Induláskor a vállalatvezetőktől öt évre évente negyven megpályázható álláshelyet kértem. Egy hónapon belül száznál több felajánlás érkezett.

A posztgraduális képzést a kar már akkor is a leghatásosabb egyetemi kutatási formának tartotta, amelynek eredményei az oktatókon keresztül a graduális képzésre is áterjednek. A többi egyetem másfél évtizedig nem követte a példánkat. A kar sokat tett azért is, hogy a rendszer általánossá váljék a magyar felsőoktatásban, ami végül a hároméves PHD képzés formájában megvalósult.

1987-ben. Schnell professzor dékánása alatt a kar ismét elébe ment a várható hazai fejlődésnek, megindította az informatika szakot.

A hetvenes és a nyolcvanas években a nem villamos alaptárgyi tanszékek nagy része egyetemi hatáskörbe került. A szaktanszékeken korszerű laboratóriumok létesültek, amelyekben intenzív tudományos munka folyt. Elméleti kutatási eredmények mellett fontos találmányok és műszaki alkotások egész sora keletkezett. Ezek részletezés túlságosan hosszúra nyúlna, így most csak egyetlen nem műszaki, hanem egyedülálló tudományos- kulturális alkotást Simonyi professzor híres könyvét, a Fizika Kultúrtörténetét említem.

Sok nehézséggel alakult a számítógépes infrastruktúra. Az első elektronikus digitális gép 1967-ben a Folyamatszabályozási Tanszéken telepített lengyel ODRÁ 1013 volt, amit hamarosan a nagyobb testvére követett. Ezekkel indult a programozás oktatás. Később a kar oktatói megszervezték az egyetemi számítóközpontot is. A nehézkes hozzáférés, a gyenge szoftver és hardver miatt a számítástechnika hosszú ideig sokkal inkább ünnepi viseletnek, mint hétköznapi ruházatnak számított. A fordulatot a személyi számítógépek elterjedése hozta meg. Az egyetemi hálózat is akkor épült ki, amikor a nyolcvanas évek második felében az Ipari Minisztérium támogatásával több száz ilyen gép került az egyetem tanszékeire.

A harmadik periódus az utolsó tíz év története, amely már a mába vezet.

Az 1990-es rendszerváltozás után a képzési struktúrát a megváltozott gazdasági és társadalmi viszonyokhoz kellett igazítani. Az iparilag fejlett országokban már korábban csökkent a termelő szféra munkaerő szükséglete, a foglalkoztatás súlypontja a szolgáltatásba és a kereskedelembe tolódott. Nálunk a piacvesztésből keletkező ipari összeomlás is erősítette a folyamatot. E közben a keresett szakmák gyorsan változnak, a mérnökök gyakran kényszerülnek pályamódosításra, ezért nagyobb súlyt kap az időállóbb ismeretek oktatása és szakítani kell a "lehetőleg mindent megtanítunk a semmiről" specializálási felfogással. .

A kar Villamosmérnöki és Informatikai Karrá alakult, amely két szakból - az informatikai és a villamosmérnöki szakból- áll. A korábbi szakok villamosmérnöki szakirányokká váltak. A szakokon belül egységes 3 éves alapképzést vezettek be, amely a természettudományi és a gazdasági ismereteknél kívül az általános eszköztárat valamint a későbbi szakirányok alapjait tartalmazza. Megoldásra várt a párhuzamos kapacitások és a személyzeti létszámok racionalizálása is. Eközben ügyelni kellett arra is, hogy megőrizzük az oktatási képességünket most esetleg nem vonzó szakterületeken is, amelyekre a jövőben kereslet jelentkezhethet, hiszen egy szakmai kultúrát könnyű leépíteni, de annál nehezebb újjá éleszteni. A hallgatói létszám növekedett, ma kb. 4000 hallgatónk van, az oktatói létszám jelentősen csökkent. Megszűntek a közvetlen gyártmányfejlesztési ipari megbízások, aminek nagyon komoly jövedelmi konzekvenciái voltak. A modern műszaki képzés költséges infrastruktúrája a jelenlegi adottságok mellett tisztán költségvetési eszközökkel nem finanszírozható, égetően szükség lenne a piaci szféra aktív közreműködésére. Ez az örömdetes fejlemények ellenére sok területen még messze van az európai szinttől.

Az átalakulás még nem fejeződött be, Számos probléma még felsőoktatási szinten sincs megnyugtatóan rendezve. A bérrendszer rosszul szabályoz, a piacképes profilokban az erős külső szívó hatás elnépteleníti a tanszékeket, a kevésbé keresett profilokban túl sok státust tartanak fenn és valószínűleg túl sok hallgatót képeznek. Nincs biztosítva az alapellátás eszközeinek automatikus megújítása, ami még mindig nem függetleníthető az amúgy túldimenzionált pályázati rendszertől. Meg kellene fontolni végre, hogy egy többgyermekes családban lehet a kerékpárt pályázati alapon kiosztani a gyerekek között, de a vacsorát nem. Sok az építménycentrikus fejlesztés akkor, amikor az

infrastruktúra nem kielégítő, a tanszékek dologi költségvetése abszurd. stb. Ezek a kérdések azonban túlnőnek ennek a megemlékezésnek a keretein.

A múlt felidézésekor hálával és kegyelettel emlékezünk azokra a kollégáinkra, akik nem érték meg a mai évfordulót. Kevesen vagyunk már, akinek a kezdethez még személyes emlémei fűződnek. Nem csak az alapító tanszékvezetők zöme, hanem sokszor a következő generációs utódaik sincsenek már az élők sorában. Csáki, Geszti, Frigyes, Schnell, Ambrózy már a túlvilágon reformálnak, elment Izsák Miklós, Ferenczy Pál, Kónya Albert, Rácz István, Tarnay Kálmán, Frey Tamás, Pásztorniczky Lajos, Szabó Imre is. Ha név szerint nem is tudjuk megemlíteni, ugyanilyen tisztelettel adózunk: a tanszemélyzet, az adminisztratív és a műszaki alkalmazottak halottainak is, nélkülük sem lett volna Villamosmérnöki Kar. Nem feledkezünk meg a külső oktatóinkról sem, 50 év alatt a magyar villamos szakma színe java közreműködött az oktatásban.

Tisztelt hallgatóság a történet végére érkeztem. Bízom azonban abban, hogy a regénynek nem az epilógusát, hanem új kötet elő szavát mondtam el. Ehhez kívánok mindenkinek sok sikert.

Összefoglalás

A fél évszázados múlt nagy vonalakban három szakaszra osztható. Az első a 60-as évek végéig tartó extenzív növekedésnek, a következő két évtized a hatékony oktatási rendszer megteremtésének, az utolsó tíz év az 1990 évi változásokhoz való alkalmazkodásnak a kora. A Villamosmérnöki Kar alapításának kiváltó okai, a kezdeti szervezet, az oktatási profil és a tanügyi szervezet fejlődési irányjai. Képzési struktúra az első periódus végén. A villamos kari reformtörekvések mozgató rugói és céljai, az oktatás és a kutatás egysége. Reformok, intenzív oktatási forma, nappali posztgraduális képzés, informatikai szak. A képzési struktúrának a piacgazdasághoz alkalmazkodó változtatása

Európa elveszett ügye (1976)

Amikor a hatvanas évek második felében az integrált áramkörök jelentőségét első ízben teljesében megállapították, a Nyugat Európai Kormányok igyekeztek a technológiai versenyben a kihívás elébe menni.

Anglia, Franciaország és Nyugat-Németország politikusai nem csak nyugtalanító beszédekben mutattak rá annak fontosságára, hogy Európa saját IC gyártással rendelkezzen, hanem a miniszterek is meggyőzték kormányaikat ezen cél elérésére szükséges pénzek beruházásáról.

Végül is ez a jól értelmezett aktivitás nem volt nagyon hatékony és Európa félvezető reményeinek nagy része a hetvenes évek elején csatáiban elhalt. Ennek a hibának következményei teljesen nyilvánvalóvá váltak mostanra.

A mikroprocesszor - μ P - mint ami majdnem biztosan a legjelentősebb fejlődés az IC megjelenése óta a mikroelektronikában, az európai félvezető gyárak csekély közreműködése mellett viharos sebességgel hódít tért az iparban.

A cégek többsége egy másfajta ütközetbe bocsájtkozott; a legkedvezőbbnek tűnő amerikai μ P gyártókkal egy másodszállítóból vagy belső elosztói egyezmény megkötéséért küzdenek. A figyelemre méltó tény nem a félvezető gyárak ilyen akciói - ők realista politikusok és belátható (elfogadható) a nézőpontjuk - hanem az európai kormányok és tájékoztatási szerveik teljes hiánya.

Vajon Európa politikusai nincsenek annak tudatában mi is a μ P? Vagy olyan mértékben elvesztették azt a reményüket, hogy Európában valaha is vezető szerephez juthatnak, ha döntésük/álláspontuk kialakításánál nem vettek tudomást a mikroprocesszorok megjelenésének döntő fontosságáról.

A potenciális versenytársak elkötelezik magukat.

Miközben felhívjuk a figyelmet a politikusok részéről megnyilvánuló nemtörődömségére, nehéz előre látni - mit is lehet tenni egy szóra érdemes (világszínvonalú/valóban európai μ P aktivitás megteremtéséért.

A számbajöhető partnerek többsége elkötelezte magát. A Philips a MPU (mikroprocesszor egység) előállítási képességét egy második vonalbeli amerikai félvezető cég, a Signetics megvásárlása révén biztosította.

A Siemens egyezményt írt alá a piacon vezető céggel, az INTEL-lel Franciaországban a Sescosem tárgyalásokat folytat az AVD-vel és a MOTOROLA-val. Angliában csak a FERRANTI cég maradt loyális a saját CDI (- collector diffusion isolation - a FERRANTI cég különleges IC technológiai megoldása) eljárásához egy μ P tervezés során, de ez eddig még nincs kereskedelmi forgalomban.

Úgy tűnik, hogy az európai félvezető gyárak egészében véve felismerték, hogy már ez elején lekésték a μ P-ok autobuszát és a félvezetők tanulási görbéjének kérlelhetetlen törvénye szerint már reményük sincs, hogy utolérjék.

Ez igen élesen eltér az USA-beli helyzettől, ahol a félvezető technológiát nem csak a piacon vezető szerepet betöltők uralják. Az INTEL maga is mint egy kis cég kezdte meg működését, egy kiváló és nagy gyakorlatú "team"-mel.

Megjegyzések
Az elektronikus elemek és alkatrészek
fejlesztésének és gyártásának célkitűzései
c. GB előterjesztéshez (1970)

M E G J E G Y Z É S E K

Az elektronikus elemek és alkatrészek
 fejlesztésének és gyártásának célkitűzései című GB előterjesztéshez:

Az elektronikus elemek, alkatrészek fejlesztése gyártása az egész elektronikai ipar további fejlődése, exportjának és speciális feladatok végrehajtásának előfeltétele. Mint az előterjesztésből kitűnik a korszerű elektronikus, alkatrészekkel való ellátás igen nagy jelentőségű általában, de ezek között alapvető fontosságuk az integrált áramkörök /IC/.

Célszerű a fejlesztés és gyártás célkitűzéseinek helyes kialakításához több variáns kidolgozása - általában - az elektronikai alkatrészek viszonylatában, de megfontolandó az IC területén. Az előterjesztés 5. oldalán leírtak alapján "az elektronikus elveik működő berendezések tervezése és gyártása lényegében áramkör tervezés és gyártás" /Cél: egy szelvényen egy számítógép/, ami azt jelenti, hogy az integrált áramkör fejlesztés és gyártásról való lemondás szempontjában az elektronikai iparról való lemondással egyenlő, így van ez még abban az esetben is, ha demokratikus impert lehetőség áll rendelkezésre.

KGSZ együttműködésben főleg a 19. oldal 4. bekezdésében javasolt intézkedés létrehozása jelentene előrelépést, kiegészítve a tervezett tevékenységet, közös IC gyártó gépek és műszerpark megteremtésével közös tájékoztató anyagellátással, kiterjesztve az együttműködés hasonlóan mint az IC gyártásnál az IC alkalmazástechnika összes kérdéseire is.

Egy ilyen döntő jelentőségű kérdéskörrel, mint az IC gyártás, amelyen perspektivikusan az egész magyar elektronikai ipar léte múlik, olyan megoldásokat kell biztosítani, amelyek nem egy-egy intézmény pillanatnyi anyagi adottságaitól függenek, esetleg ezek egy-egy műszaki vezetőgárdájának elképzeléseitől, hanem az egész iparra vonatkozó egyértelmű koncepciót kellene kialakítani. Pl. az EIVRT, VILBORO, FAV elképzeléssel vizsgálva látható, hogy pl. a VILBORO sokkal nagyobb anyagi előzetesre képes a sokkal kisebb jelentőségű szigetelt alapú IC gyártás bevezetésére, mint az EIVRT a döntő jelentőségű félvezető alapú IC gyártás bevezetésére.

Az eddi 1 IC behozatal 100000 db nagyságrendben mozog és ezt a volument erősen korlátozza a devizahiány. A jelenlegi választékosztás szerint az összes IC behozatalnak kb. 75-80 %-át teszi ki az SN 74 félvezető alapú IC sor első 10 tagja /vagy azok ekvivalensei, KGSZ választék is/, ennek 35-40 %-a az SN 74 00 típus. A behozatal további 20-25 %-a(kb) áll az összes további félvezető alapú IC típusokból. A felmérések szerint a következő 4-5 évben várható legyen az is hasonlóan alakul. Kérdés, hogy kb. közel 100 Mt értékben IC gyártást terveznek az EIVRT-ben, az SN sor alapvető típusaiból /az RIL áramköröket már nemigen alkalmazták/ miért szükséges ilyen óriási befektetés a volumen növeléshez hiszen a jelentős részbe kerülő optikai felszerelések, műszerek a kis gyártáskapacitás-hoz is kellenek így a szerelő géppark kiegészítése elegendőnek látszik ahhoz, hogy az IC legyen 75-80 %-a kielégítésre kerüljön több évre előre látottnak. Kiemelkedően fontosabb - perspektivikusan -, hogy a nagyintézettségű áramkörökkel foglalkozunk, hiszen, ott csúszik át a rendszertechnika az alkatrészyártáshoz. Az SN 74 sor, KGSZ választékba tartozó faggal még alkatrészek tekintetében realizástechnikai szempontból. Az országos érdekek növekedése figyelembevétele a szigetelt alapú IC gyártás kérdéseit illetően sem.

Hamár nem lehet megoldani azt a kérdést, hogy az egész IC gyártás egy intézményen belül folyjék, célszerű lenne legalább azt a kérdést megoldani, hogy a szigetelő alapu IC gyártás is alkatrészgyártó vállalatnál, pl. a REMIX-ben legyen koncentráva.

Az 1. számú melléklet első oldala közli, hogy a vékony és vastagréteg IC gyártás kérdéseivel a HIKI és a REMIX foglalkozik. A 7. és 8. számú melléklet viszont közli, hogy a szigetelő alapu IC gyártás a VEBELEN-ben és az FMV-ben lesz./

A 10-es számú melléklet 6. oldal 2. bekezdés szerint "a szigetelő alapu IC-nél a fejlődés részben a nagykomplexitású félvezető IC chipeket tartalmazó hibrid áramkörök, részben pedig a nagy pontosságú ellenállás hálózatok felé tart", amellezt szök, hogy a gyártás - perspektivikusan - nem egy-egy felhasználófeladata, hanem a népgazdaság érdekeinek szemelöttartása érdekében koncentrálni kell. /Ezt igazolják 11. sz. mell. 7. old. 3,5,6, bek. témái is.

A REMIX mivel alkatrészgyár, a felhasználók érdekeit összességükben képviselni tudja, Kutatás-fejlesztés területén IC vonatkozásban az eddigiekben már tapasztalatai vannak.

A gyártás egy intézményben koncentráva, az ismert közgazdasági tötelek alapján, gazdaságosabb.

Budapest, 1970. XI. 6.

Tisztelettel


Kovács Magdolna

Dr. Simonyi Károly levele

EMLÉKEZÉS Simonyi Károly professzorra

Legkedvesebb Professzorunk – így hívtuk – Simonyi Károlyt, az egyedülállóan nagy tudású tanárt és tudóst, aki melegszívű barátként állt tanítványai mellett.

Munkám legnagyobb elismerése, kitüntetésem ez a levél, amit Simonyi professzor írt nekünk. Íme a levél:

Tiszteelt Főigazgató Autzony,
kedves Magdolna!

Nagyon köszönöm levelét. Meghat az emlékezés és emlékeztetés, de a legnagyobb örömet lezsfizetésem utolsó mondata tárol, abban is egy idővel szerepelt: „A Göbör Dénes Műszaki Intézményi Főiskola... működik!”

Azt hiszem, nem kell magyaráznom, hogy miért. Annyi cikk, vitafórum olvasható-kalkulható a korszerű képzéstől, hivatalos és nem hivatalos fórumon, szakmai és laikus színen, hogy mit is kellene csinálni, hogyan fogjunk neki a felszárítkozásnak, csatlakozásnak Európához, a világhoz. Jme: ezt, rigy!! Irásomra, lezsfizetések hírelét, vejét a realizálás künja-öröme adja.

Eredményeire nagyon büszke vagyok, azok hasznosak a társadalomnak, az országoknak és rigy me csodálkozom, ha rigy bucsúzom:

Tisztelettel köszönl:

Budapest, 1996. május 29. hálás tanárja
Simonyi Károly

Néhány jellemző adat a GDF fejlődésére

ÉV	1992	2001
HALLGATÓI LÉTSZÁM (fő)	500	17.000
KONZULTÁCIÓS KÖZPONTOK SZÁMA (országosan, ill. külföldön)	5	52
OKTATÓK, GYAKORLATVEZETŐK SZÁMA (országosan)	100	2400
TANTÁRGYAK SZÁMA (fakultációs tárgyak is)	42	120
OKTATÓ-VIDEOSZALAGOK SZÁMA (általában 4 órás tananyaggal)	1000	70000
OKTATÓANYAGOK MŰSORIDEJE (óra)	50	3400
MEGVÉDETT DIPLOMAMUNKA (db) (év végéig várhatóan)	–	4000
HALLGATÓI OKTATÓCSOMAGOK (db)	560	35000
TANÁRI OKTATÓCSOMAGOK (db) (120 tantárgyhoz)	–	5400
TAN- ÉS SZAKKÖNYVEK 1980-TÓL (db)		10000000

ELEKTRONIKAI IPARUNK A GAZDASÁGIRÁNYÍTÁS SZEMÉVEL, AVAGY 14 ÉV – 13 MINISZTER

Sipos Mihály

Gazdasági és Közlekedési Minisztérium
sipos@gkm.hu

Előjáróban pár szót magamról. 1979-ben szereztem meg a villamosmérnöki diplomámat. Én is, mint megannyi pályakezdő, nagy elánnal vágtam neki a munkának. Első munkahelyem a Budavox Külkereskedelmi Rt. volt, ahol lelkesedésem hamarosan le is lohadt. Ezután egy fél évig a Gelka Technológiai Osztályán építettem a létező szocializmust. Az itteni főnököm a szakmai munkájáért többszörösen kitüntetett Antal László volt, akit semmi más sem érdekelt, csak az akusztika, a hangváltók gyakorlata.

Nemsokára rájöttem, hogy ez irányú csekélyke tudásommal itt számomra sok babér nem terem, ezért 1981-ben továbbálltam: az új munkahelyem a Mikroelektronikai Vállalat lett. Itt végre otthon éreztem magam. A cég csak nemrégén jött létre a HIKI-ből, ezért még mindig uralkodott a kutatóintézeti szabad légkör. Tudós kollégáimtól a megoldatlan feladatok iránti lelkesedés mellett megtanultam kiállni a szakmai igazságért is. Itt előbb a Speciális Főosztályon dolgoztam, ahol a VPOP, a BM, és az Országos Mentőszolgálat számára készítettünk hírközlő eszközöket. Olyan kiváló kollégáim voltak, mint pl. a TV különböző kvíz játékaiban eredményesen szereplő Landy Kornél. Majd a legendás ICOMAT analóg eszközeinek tervezésében, gyártásában működtem közre. Bár a cég szellemisége meghatározó volt számomra, azonban élni is kellett valamiből, ezért ugrottam egy nagyot: elmentem a Budapest határában épült Megyeri Csárda szomszédságában lévő Oxigén és Disszouzgágyárba főenergetikusnak. A fizetés több lett, de a szellemi színvonalról József Attilának a város pereméről, meg a mindent belepő guanóról szóló verse jutott az eszembe.

A munkám nem volt túlságosan leterhelő, ezért esti tagozaton elvégeztem a közgáz ipari szakát, 1987-ben mérnök közgazda lettem. Az MKKE fantasztikus volt: amit mi a külső Váci úton még suttogva is alig mertünk kimondani, arról itt nyíltan beszéltek. Tanáraink minden megkötöttség nélkül beszéltek a kapitalizmus gazdaságtanáról és nem is erőlködtek, hogy megmagyarázzák a megmagyarázhatatlant: a „szocializmus” működését.

Városvégi főnökömnek nem tetszett, hogy a „feladatok” megoldását kirázom a kisujjamból, ezért jobbnak láttam odébbállni. Segítségemre az akkori Ipari Minisztérium egyik főosztályvezető asszonya volt, aki a Közgázon nekem könyvelést adott elő. Ő beprotezsált az IM elektronikai iparért felelős miniszterhelyetteséhez: Dr. Bognár Sándorhoz. 1987 végén nagy megilletődöttséggel léptem be a kapun, hogy elbeszélgessenek velem lehetséges felvételemről. A ma „interjúnak” nevezett aktus során kifejtettem, hogy úgy érzem, nem csak akarok, de szellemileg képes is vagyok tenni valamit a magyar elektronikai iparért. Elmondtam, hogy alapvetően szkeptikus, kritizáló szellemiségű vagyok és nem mindenben értek egyet a kormány iparpolitikájával. Úgy látszik, ez megtetszett Bognár „Satyának”, aki rövidesen intézkedett is a felvételemet illetően. Így hát 1988-ban köztisztviselő lettem.

Az első: Kapolyi László, 1984 – 1989. február

Első miniszterem Kapolyi volt. Őt nem állt módomban közelebbről ismerni, mert csak egy hónapig dolgoztam alatta.

Gyakorlatilag váltottuk egymást: ő engedélyezte a felvételemet, én beléptem, majd ő távozott. Az a pár alkalom, amikor láthattam, nem gyakorolt különösebben mély hatást az életemre. Igazság szerint órála az elektronikai ipart illetően nem nagyon van mit elmondani, hiszen igazából őt csak a lignit program, a pleisztocén meg az oligocén szenek érdekelték.

Meg kell említeni azt is, hogy ő „terjesztette el” – ha jól emlékszem a nevére – a Shanky diagramokat, amelyek teljes vertikumban, az importtól az exportig, vagy a kukáig követe egy-egy ágazat, vagy akár termék életútját. Amíg ezt az elektronikai iparra vonatkozó diagramot készítettük „áldottuk” a nevét. A régi Ipari Minisztérium fantomjai elmélázva nézegethették a sok pénzbe került, de soha fel nem használt diagramokat.

A második: Berez Frigyes, 1988. február – 1989. májusig

Berez Frigyes 1988. elején lett ipari miniszter. Kinevezése elé nagy várakozással tekintettünk: egy ember, aki az elektronikai iparból jött – ugyanis korábban a BHG vezérigazgatója volt. Majd ő végre tenni fog az iparág érdekében, hiszen még a mindenható MSZMP Központi Bizottságának is tagja – gondoltuk.

Fontos és sikerként elkönnyelhető eredmény volt az állam vezetésével felismertetni, hogy a számítógép elterjedése, annak elősegítése népgazdasági érdek. Az eladósodott ország szűkös valutakeretéből sikerült elkülöníttetni egy összeget, amelyet csak számítógép alkatrészek, részegységek behozatalára volt szabad elkölteni. A részegységekből itthon aztán összerakták a gépeket. A kontingenshez szinte kizárólag az állami kézben lévő vállalatok juthattak. Viszont hogy a Nyugat felé prezentálhassuk, mely szerint hazánkban milyen eredményesen fejlődik a magánszektor (ekkor már GMK-k, PJT-k stb. sokasága működött országszerte), egy-egy képviselőjüknek juttattak a tortából. Ezek közé tartozott a Műszertechnika, akkor talán még mint szövetkezet. A koncepció egyik atyja Pál László volt, aki akkor az OMFB egyik elnökhelyetteseként tevékenykedett.

A Műszertechnika később máshol fontos szerepet kapott: nagy keleti szomszédunk is szeretett volna számítógépeket vásárolni, azonban – piac ide vagy oda – az ő igényeiket akarták kielégíteni. Segítségért fordultak hozzánk, vegyük meg helyettük mi és reexportáljuk számukra. Szívesen, de melyik cég tegye ezt? A legnagyobb kontingenssel rendelkező Videoton? És mi van, ha lebukik? Ekkor egy főelvtárs kitalálta, hogy a stróman legyen a Műszertechnika: ha kiderül a dolog, még mindig lehet arra hivatkozni, hogy nálunk szabadság van, nincs központi kontroll, a magáncég cselekedeteiért az állam nem vállalhat felelősséget.

1988 nyarán szakértői csoportunk szempontjából hátrányos események történtek. Előbb miniszterhelyettesünk döntött úgy, hogy elfoglalja a BRG éppen megüresedő vezérigazgatói posztját, majd Berez gondolta azt, hogy miniszteri teendői mellett még az iparág irányítását is el tudja látni. Vagyis a csoport közvetlenül az ő irányítása alá került. Nagyobb károkat azért nem tudott okozni, mivel kiváló képességű akkori kollégáim így is sikerrel tudták venni az akadályokat.

Kifejezetten élveztem azt a szellemi pezsgést, amit a minisztérium jelentett. Míg a mindennapi életben csak a Népszabadság sikerpropagandájával lehetett találkozni, itt rápillanthatunk a valóságra is. Az elektronikai ipar már akkor is meghatározó volt nálunk. Viszont lát-

tuk azt, hogy a rendelkezésünkre álló, a szocialista országokból beszerezhető alkatrész állománnyal nem lehet előbbre jutni. A magyar elektronikai (és egyéb) termékekben egyre magasabb lett a keményvalutáért beszerzett alkatrészek hányada. A végterméket pedig puha „transzferábilis” rubelért kótyavetyélte el az állam. A vállalatok számára megérte a szocialista országokkal kereskedni, mert mindent el lehetett adni. Fizetni pedig a határon való átlépéskor azonnal fizetett a Magyar Nemzeti Bank. Ki kell még azt is hangsúlyozni, hogy a híradástechnikai ipar erőteljesen kötődött a hadiiparhoz, és mint ilyennek biztos piaca volt a KGST országokban.

Ily módon gyakorlatilag elláttuk a többi „baráti országot”, de elsősorban a Szovjetuniót, részben tőkés eredetű termékekkel, miközben szépen lassan átcsorgott és rubellé vált a határon a nehezen felvett konvertibilis kölcsön egy jelentős része. Ezt le kellett állítani. Ezért egy hirtelen döntéssel bevezettük a rubel exportadót, amit differenciáltan vetettek ki, és mértéke évről évre növekedett, három év alatt 2%-ról 24%-ra. Ezen adónem bevezetésének deklarált célja a termelőket/exportálókat a tőkés piacok irányába terelni. Azonban végül is ezzel éppen ellentétes eredményt értek el: elvonták a vállalatoktól a K+F tevékenységhez és a beruházásokhoz szükséges pénzforrásokat, így a tényleges termelés és az innováció, valamint a struktúraváltás lelassult vagy megszűnt. Természetesen a cégek prűszköltek érte és még évek múlva is felemlegették, mint válságba jutásuk egyik okát. Ugyancsak negatív eredményt hozott a rubel elszámolás helyett bevezetett dollár alapú elszámolás és ezzel párhuzamosan az ún. barter kereskedelem visszaszorítása.

A szocialista kereskedelem tehát még szépen virágzott, a magyar gazdaság, a magyar elektronikai ipar – a pénzügyi válságjelenségek ellenére – a csúcson volt. Ezért is szokás 1988-89-et mintegy „utolsó békeévként”, – a későbbi események értékeléséhez, bemutatásához – alapként venni.

1988-ban forgalmi adó nélkül számolva a híradás- és vákuumtechnikai iparban 68,4 milliárd, a műszeriparban pedig 38,2 milliárd forint termelési értéket állítottak elő, együttesen tehát 106,7 milliárd forintot. Ez akkor a magyar ipar termelési értékének 7,1%-át tette ki, ami 1988-ban nemzetközi összehasonlításban is elfogadható aránynak felelt meg. Ennek mintegy 48%-a (55,2 MdFt) ment exportra. Azokban az években alighanem az egyedüli ennyire exportorientált ipari ágazat volt. Az iparágban 5,6 milliárd forint nyereség keletkezett.

Ki kell még hangsúlyozni, hogy 1988-ban az ipari termelés lényegében két alapvető szervezeti szektorban folyt: az állami vállalatokban és a szövetkezetekben. A hírközlési és vákuumtechnikai ipar termelésének 93,1%-át az állami vállalatok, 6,9%-át az ipari szövetkezetek adták. A kisebb súlyú műszeriparnál valamivel magasabb a szövetkezetek aránya, 32,6% – hiszen a statisztikák ide sorolták a látszerészeti ipart, stb. is. A két ágazatot együtt vizsgálva megállapítható, hogy 1988-ban a termelési érték 83,9%-át az állami iparvállalatok, 16,1%-át pedig az ipari szövetkezetek adták. A vállalkozások száma mindössze 320 volt. Itt kell még megemlíteni, hogy 1988-ban fogadták el a gazdasági társaságokról szóló törvényt, amivel megalapozták a későbbi hatalmas átalakulásokat.

A harmadik: Horváth Ferenc, 1989. májustól 1990. májusig

A rendszerváltás előtti utolsó ipari miniszter Horváth Ferenc volt. Ő a misztérium egy régebbi bűtoradarabja volt, az ipar gondjai tehát nem voltak idegenek a számára. Államtitkárnak Pál Lászlót nevezte ki, akihez Szakértői Csoportunkat közvetlenül alárendelte. De hogy ne legyen ilyen rózsás a kép, Pál nyugdíjból visszahívta a csoport egy régebbi vezetőjét

Lelkesné Icát. Ő elméletileg nem volt a főnökünk, viszont a csoport csak megbízott, de ki nem nevezett vezetővel működött, így Lelkesné bátran gondolhatta, hogy felettünk áll.

Ekkor már nem lehetett titkolni, hogy a régi gazdasági-politikai rend mély válságba került. Rendkívüli módon felerősödtek a reformtörekvések és a belpolitikai életben bekövetkezett változások immár kormányzati szinten is felvetették az addig háttérbe szorított hazai távközlés fejlesztésének igényét. Lelkesné igazi elemében érezve magát egy nagy munka koordinálásába fogott: pusztán hazai gyártókapacitások felhasználásával hogyan lehet középtávon európai színvonalra emelni a magyar telefonniát.

Az Ipari Minisztérium a Közlekedési, Hírközlési és Építésügyi Minisztériummal (KÖHÉM) közösen programot dolgozott ki a jelentkező igények kielégítése céljából. Az IpM a KÖHÉM távlati előrejelzéseire alapozva szinte teljes egészében hazai vállalatokra támaszkodva állított össze egy gyártási projektet. Ebben a BHG (Northern Telecom licenc alapján gyártandó) TPV telefonközpontjai, az FMV és az Orion mikrohullámú átviteltechnikája, a Mechanikai Művek előfizetői készülékei, az MKM kábelei, a Videoton, Sárísáp NYÁK gyártása stb. szolgált alapul, évekre tételesen előre lebontva, az elképzelt beruházási ütemnek megfelelően. Tekintélyes átfogó anyag született, csodálatos grafikonokkal, folyamatábrákkal. Pontosan meg volt határozva, hogy egy-egy évben hány négyzetméter NYÁK-ot gyártsanak majd le, hány főközponti vonalat állítsanak majd elő stb. Szerepelt benne mindenki, aki élt és mozgott, csak arról nem volt benne érdemi szó, hogyan fogják mindezt finanszírozni.

Az egyes iparvállalatok színvonalára, környezetvédelmi állapotukra jellemző volt az eset, amikor Barkó József kollégám fel akarta keresni az egyik NYÁK-gyártót, nem kellett a vidéki településen megállnia érdeklődni, hol található. Rögtön látható volt, hogy ha elindul fölfelé a közelben csörgedező türkiz színű patak mellett, mindenképpen rátalál az üzemre.

Ezzel egy időben az IpM és a KHVM létrehozott egy távközlésfejlesztési bizottságot, melynek több feladata is volt. Egyrészt az említett vezetékes telefónia fejlesztés összehangolása a két érintett minisztérium között, másrészt különböző távközlésfejlesztési kérdésekben állásfoglalások jóváhagyása. Ez utóbbiak közé tartozott a 450 MHz-es mobil telefonhálózat kérdése is. Itt például a BRG rúghatott volna labdába, hiszen évek óta nagy mennyiségben gyártott URH adóvevőket. Azonban egy-két furcsa dolog történt a lehetséges szolgáltató kiválasztása során, így aztán a dologból nem lett semmi. Mondani sem kell, hogy ez a BRG-t nagyon rosszul érintette, gyakorlatilag ekkor kezdődött a cég megsemmisülése. (A vég bekövetkezte után Bognár Sándor vezérigazgató előbb az ipar különböző területein próbálkozott kecsgetetőnek látszó üzletekkel, majd napja-inkra a BMF Kandó Kálmán Villamosmérnöki Főiskolai Kar főigazgató-ja lett.)

Ez az időszak volt a Gorenje korszak, amikor végre külföldre lehetett menni és ott nálunk hiánycikknek számító dolgokat vásárolni. Hoztuk is be többek között nagy számban az idegen hangzású nevek alatt exportált Videoton és Orion színes tévéket. A szakmakultúra azonban ilyen körülmények között is képes volt arra, hogy mind a híradás- és vákuumtechnikai, mind a műszeripar bruttó termelési értéke még nőjön 105,9%-ra.

Ezekben a hónapokban dolgoztatták ki – többek között a mi közreműködésünkkel is – a később teljessé váló importliberalizációt. Mi szeretnénk volna előbb csak a termelőberendezések importját könnyíteni és csak később a fogyasztási cikkekét, de – híven a jó szokásokhoz – a Világbank és a többi hasonló szervezetek mumusával riogatva ez utóbbiakat is be kellett venni a kezdőkörbe. Ezt később sokan nem szerették, olyannyira, hogy az Antall-kormány ideje alatt Pál László interpellációt intézett ellene. Ekkor rávilágítottunk arra a tényre, hogy mindez az ő államtitkársága alatt, az ő irányításával kezdődött el.

Itt kell még megjegyezni, hogy az említett bizottság ülésein részt vettek a Magyar Posta képviselői is, akik között egyszer csak új arcok tűntek fel, akiket én nem ismertem: Horváth Pál, Krupanics Sándor és még néhányan. A régi arcok pedig lassan eltűnédeztek. Ezzel egy időben 1990 elején elkezdtek kidolgozni a piaci alapú távközlésfejlesztési elképzelést.

A negyedik: Bod Péter Ákos, 1990. május – 1991. december

A rendszerváltás hatalmas felbolydulást hozott a minisztérium életében is. Nem tudtuk, hogy mi vár ránk, sem azt, ki lesz a miniszter. 1991-ben – de később is – sokat lehetett látni a Mártírok útján az MDF-001 rendszámú autót, amelyben Széles Gábor ült. Végül Bod úr kapta meg a tárcát, aki maga sem igazán értette, hogy mivel kell foglalkoznia egy átalakulásban lévő gazdaság ipari minisztériumának. Nem értette, és egy értekezleten ezt el is mondta, hogy miért dolgoznak az államigazgatásban kohómérnökök. Ezek szegények nem látták be, hogy ők csak egy példa részei, az egész gondolatot kizárólag ellenük irányulónak értékelték és pár hét után az IpM-ben gyakorlatilag nem maradt olyan ember, aki a kohászathoz értett volna. Pedig a kohászatra kemény idők vártak.

Bod egy másik alkalommal bejelentette, hogy ő csak makrogazdasági problémákkal kíván foglalkozni, vállalatiakkal nem. Ő a hirtelen talajt vesztő Videoton kérdéskörét is csak egy (szocialista nagy-)vállalat ügyének tekintette. A Videoton pokoljárását mindnyájan ismerjük. Az akkori gazdaságfilozófia szerint a „kicsi a jó” szlogen eredményeként, a teljesítménynek a szervezetrobbanásnak megfelelően kellett volna alakulnia, vagyis növekedni. Sajnos ennek az ellenkezője következett be. 1990-től az elektronikai iparban depresszió kialakulása figyelhető meg. Ez megmutatkozott a teljesítmény visszaesésében és a foglalkoztatás leépülésében. A rendszerváltás első két évében az iparpolitikát gyakorlatilag még senki nem dolgozta ki, a hivatalos álláspont az volt, hogy a piac önmagában is elrendezi a folyamatokat.

A rendszerváltásnak köszönhetően új szervezetben, a minisztérium Elektronikai és Elektrotechnikai Osztályán, de ugyanabban a szobában, ugyanazon íróasztalok mögött folytattuk tovább a telefóniafejlesztés újabb koncepciójának munkáit. Nem volt könnyű, mert mindenki a liberalizálás lázában égett. Sokan azt hitték, hogy a kapitalizmus jó oldalai gyorsabban bevezetődnek nálunk, ha tágra nyitjuk a kapukat. Mi viszont láttuk azokat az értékeket, amelyek a magyar elektronikai iparban voltak, láttuk, hogy a vasfüggöny, a Cocom restriktciók ellenére is mire voltunk képesek és próbáltuk megőrizni az értékeket. Kevesen tudják ma már, hogy például a Vilati – szovjet igényre – ki tudott fejleszteni és gyártásba is vett olyan többtengelyes megmunkáló gépsort, amely világszínvonalú volt. Alkalmas volt például tengeralattjárók propellereinek precíziós megmunkálására, ezért a gép nyugati változata rajta volt a Cocom-listán. A sors fintora, hogy miután mi is csatlakoztunk a demokratikus világhoz, mi már hozzájuthattunk ehhez a technológiához, viszont az oroszoknak nem szállíthatunk többé belőle.

A távközlés 2000-ig tartó középtávú Fejlesztési Programjának ipari részét – a különleges fontosságnak megfelelően – főnökömmel, Ikladi Péterrel közösen, mindössze ketten készítettük el. A program a minisztériumi apparátus előtt nagy sikert aratott. Mi is büszkék voltunk rá, sőt amikor 2000-ben egy sör mellett felidéztek a programot, megállapíthattuk: a telefónia hazai fejlődési ütemét mindössze egy évvel becsültük alá. De az is igaz, hogy a hazai iparvállalatok programbeli részvételének prognózisa csúfosan megbukott.

A magyar tudás és gyártóbázis megőrzése érdekében megszabtuk például, hogy csak olyan külföldi cég vehet részt a vezetékes távközlés fejlesztésében, a főközpontok gyártásában, amelyeknek minimum 33%-os magyar részesedéssel bíró vegyesvállalata van. Így jött létre

rövid időn belül a BHG-NT mellett a Videoton-SEL, FVM-Italtel, Telefongyár-Siemens és a Műszertechnika-Ericsson, Orion-Samsung joint venture-e. A magyar cégek számára a vegyés vállalat a túlélés lehetőségét kínálta.

Erre nagy szükség is volt, hiszen 1990-ben a híradástechnikai ipar teljesítménye közel 20%-kal, a műszeriparé pedig több mint 15%-kal esett vissza az előző, 1989. évhez viszonyítva. A két iparág együttes teljesítménye 15%-kal csökkent. A visszaesésben a tulajdonváltás megkezdésén túl, feltehetően a szovjet piac megingása is közrejátszott. Akkor még nem tudtuk, hogy ez a visszaesés egy süllyedő folyamat kezdetét jelenti.

Ugyancsak ekkor kezdődött el a vállalatok átalakulása. A vidéki gyáregységek egyre nagyobb számban önállósultak. Az állami tulajdonú cégek vállalati tanácsaiba miniszteriumi embereket (egyes újságok szerint komisszárokat) delegáltak, így próbálták elejét venni a vadhajtásoknak. Ez nem mindig járt sikerrel. Az ipar legjelentősebb cégei sorra tönkrementek, nagy múltú cégek sora, munkahelyek tízezrei szűntek meg. Az ennek nyomán fellépő elégedetlenség hatására született meg a „Piszkos 12” fogalma.

Ez az elnevezés azt az előbb 12, majd 14 nagyvállalatot jelentette, amelyek bajba kerültek, azonban a nemzetgazdaságra gyakorolt hatásukat olyan jelentősnek ítélték, hogy megszünésük ellen megpróbáltak óvatos kormányzati intézkedéseket hozni. Volt persze köztük kakukktójás is: egy olyan, – többek között tekepálya automatikát gyártó – cég is, amely azért kerülhetett e tizenkettes körbe, mert a cég egyik fontos embere egy kormánytag házastársa volt. Viszont a cégnek sikerült életben maradnia. Nem sikerült viszont az ilyen rokoni kapcsolatoknak híján lévő BHG-nak. Nekik sosem bocsátották meg, hogy a már említett egykori vezérigazgatója központi bizottsági tag, majd ipari miniszter volt. A cég hiába indult a tárolt programvezérlésű telefon főközpontrendszer-választó tenderen, nem tudott győzni. Pedig abban a pillanatban a BHG volt az egyetlen, amelyik ténylegesen is képes lett volna rá, hiszen a Northern Telecom licence évek óta a páncélszekrényében volt, több milliárd akkori forintot ruházott be a projektbe, gépsorok és emberek álltak rajtra készen. Sőt, addigra a Matáv – sikeresen – már telepített is ebből a főközpont típusból.

Ez az időszak volt a kezdete a magyar ipar kimazsolázásának. Keserű dolog, de el kell ismerni, a külföldiek tudták, mit kell megvenni az előtt, mielőtt mi magyarok rájönnénk annak módjára, hogyan adjuk el – számunkra legelőnyösebben – a javainkat. Talán a legelső tőkés nagyvállalati privatizáció volt a Lehel Hűtőgépgyár eladása. Ezt olyan amatőr módon sikerült végrehajtani, hogy rossz nyelvek szerint mire az eladásról szóló szerződés lejárt, csak kicsin múlt, hogy ne nekünk irrtan fizetni a svédeknek azért, hogy megvettük a gyárat. Ezen privatizáció minden fontos irata titoknak minősül mind a mai nap is: a kondíciók, az árak stb.

Sok önjelölt szakember is megjelent nálunk, de 5–6 hónap után továbbálltak, amikor kiderült, hogy szerények a képességeik. Az még a jobbik esetek közé tartozott, amikor sértődött feltalálók írtak levelet zseniális találmányuknak, elképzelésüknek a kommunizmus alatti elnyomtatásáról. Egy keserűen humoros eset: valaki több oldalas levelet írt a telefónia problémájának egyszerű megoldási lehetőségéről. Lényege az volt, hogy az akkor telefonra várók száma mintegy 800 ezer volt, ami szám nagyjából megegyezik az ex MSzMP taglétszámával. Mivel szerinte korábban telefont csak a párttagok kaphattak, ezért azt tőlük el kell venni és a többinek odaadni. Természetesen erre a levélre is válaszoltunk.

Az ötödik: Szabó Iván, 1991. december – 1993. február

Ha azt mondjuk, hogy a magyar gazdaság Szabó Iván minisztersége alatt, 1992-ben érte el abszolút mélypontját, valóságot mondunk ugyan, de nem fogalmazunk pontosan. Kifejez-

hetnénk magunkat úgy is, hogy ekkor teremtődtek meg az 1993-tól egyre bővülő gazdaság alapjai. Mindenesre lezárult az elektronikai ipar jelenkori metamorfózisának első szakasza.

Tény, hogy 1992-ben hazánk ipari termelésének volumene 66,1%-a volt az 1988. évének. A híradástechnikai és a műszeripar termelése még ennél is jobban visszaesett, mert ebben az évben – összehasonlító áron számolva az 1988. évének csak a 48%-át termelte. De tény az is, hogy ekkor indult el tömegesen a privatizáció. Részben ennek betudhatóan ebben az évben már 1268 jogi személyiségű és további 1142 jogi személyiség nélküli gazdasági szervezet tevékenykedik az iparágban. De változott a statisztikai adatgyűjtés is. Például a korábbi híradástechnikai és vákuum-technikai alágazatból kikerült a vákuumtechnikai ipar, valamint a villamos és híradástechnikai közszükségleti cikkek javítása, a műszeriparban pedig önálló sorként jelenik meg az irodagép- és számítógépgyártás. Az előbbi változás a híradástechnikai szakágazat teljesítményét, létszám és eszközállományát mintegy 40–45%-kal csökkentette, és így az összehasonlíthatóságát is ilyen mértékben zavarja.

Az elektronikai ipar két zászlóshajója, a Videoton és a BHG komoly gondokkal küzdött. A piszkos 12 egyike, a BHG – hivatkozással a korábbi jelentős investícióira – állami beavatkozást sürgetett. A tendervesztés után a cégnél kialakult helyzet valóban kritikus volt. A Matáv vezetése – némi erkölcsi nyomásra – hajlandó volt a Sopron környékén korábban mintegy rendszerbe vett, a Northern Telecom-BHG közös gyártású központokat használó hálózat fejlesztésre, bár elméletileg ez ütközött a tender kiírásaival. Ez azonban csak egy szalmaszál volt a BHG számára, amely még telefonfűlkegyártással is megpróbálkozott, csak hogy életben maradjon.

A Videoton körül sokan kezdtek el legyeskedni. Emlékszem, hogy megjelent egy francia „befektető” is. A francia nagykövetség rendkívül fair levelet írt az IKM-be, melyben újságcikkekre hivatkozva felhívta a figyelmünket az „üzletember” korábbi cselekedeteire. A „befektetés” így hát elmaradt. Mint tudjuk a céget később egy – Széles Gábor nevével fémjelzett – konzorcium kapta meg.

Érdekes, hogy a gazdaság mélypontja ellenére 1992-ben sikerült megrendeznünk az Europa Telecom '92-t. Ez ténylegesen siker volt, több szempontból is. Egyrészt mód nyílt arra, hogy bemutassuk a magyar híradástechnikai eszköz gyártást. Másrészt sikerült felkelteni a figyelmet a magyar piacra, a befektetési lehetőségekre. A kiállítást követően egyre több, elsősorban tengerentúli külföldi potenciális befektető, érdeklődő jelentkezett minisztériumunkban információt, segítséget kérve. Ugyanebben az időben az HTE és más szervezetek sorra rendezték a konferenciákat, szimpóziumokat; a külföldiek nemcsak késztermékeket akartak eladni, hanem gyártóbázisokat is akartak létrehozni.

Ekkor még alapvetően abban gondolkodtunk, hogy a meglévő iparvállalatokat adjuk el. Szándékaink arra irányultak, hogy a magyar cégek privatizációja a külföldiek közreműködésével menjen végbe. Ez csak részben sikerült. Idővel az élet azt mutatta, hogy a gazdaság hajtómotorjává a későbbi zöldmezős beruházások váltak.

A telefonfőközpont tender eredményeként beindult az EWSD hardver gyártás a Siemens-Telefongyárban. Az első elkészült berendezés ünnepélyes átadása stílszerűen nem szalagátvágással, hanem a készülék leplombálásával történt. Ugyanakkor komoly támadásnak volt kitéve az Ericsson-Műszertechnika, ahol hardvert alig, viszont szoftvert óriási mértékben kezdtek el gyártani. Nagyon nehéz volt megmagyarázni, hogy bár a fiatal kollégák látszólag egész nap a képernyőt nézik, közben nagyobb értéket hoznak létre, mintha a kábeleket kötözgetnék be. Valóban, a BHG valamikori 10000 fős létszámához képest meglehetősen kevesen dolgoztak akkor a Venyige utcában.

Még egy említésre méltó momentum: nagyon sok észak-amerikai nyugdíjas üzletember ajánlkozott, hogy ingyen tanácsokat ad bajban lévő vállalatainknak, csak az utazási és száll-

lasköltséget kellett (volna) fizetni. Mi ennek előbb nagyon örültünk, de sajnos korán kárult, hogy tapasztalataik nálunk – azokban az években és körülmények között – nem voltak alkalmazhatók.

1992 végén Antall miniszterelnök úr úgy gondolta, hogy változtatni kell a kormány összetételén. Ennek részeként Szabó Ivánt megbízta a pénzügyi tárca irányításával. Az IKM elnöke egy nagyon korrekt, a kollégákat, beosztottakat tisztelő, a szakértői véleményre hallgató vezetőtől búcsúzott el.

A hatodik: Latorcai János, 1993. február – 1994. július

Latorcai János Szabó Iván ideje alatt került az IKM-be fősztályvezetőnek. Olyan embert hozott magával a Műegyetemről, mint a későbbi ÁPV Rt. helyettes vezérigazgatója, csis István, vagy Hegyháti József, akiből helyettes államtitkár lett. Képességeit Szabó Iván megismerte és ő javasolta maga helyett az IKM élére.

Latorcai látszólag könnyű helyzetben volt: a gazdaság elindult felfelé. 1993-ban megállt a GDP csökkenése és a beruházások volumene növekedni kezdett. Csak egy jellemző a 1993-ban az elektronikai ágazat termelése elérte a 63 milliárd forintot, ami összehasonlítva az előző évi 50 milliárd forinttal áron számolva 20%-al nagyobb az előző évinél. A jelentősnek látszó bővülésre árnyékolja az a tény, hogy a bázisszám nagyon alacsony volt. Vagyis a termelés még mindig romokban hever, a tulajdonviszonyok rendezetlenek, folyik a nagy tulajdon- és tulajdonosváltás, valamint az azzal járó vállalati feldarabolódás.

Szomorú tény, hogy a termelés növekedésével ellentétben a foglalkoztatottak száma 1993-ban jelentősen – mintegy 20%-kal – tovább csökkent. Míg az elektronikai iparág 1992-ben még 50 ezren dolgoztak, számuk 1993-ra 40 ezer főre apadt. Különösen nagy a létszámcsökkenés a műszeriparban, ahol 25%-kal és a híradástechnikai iparban, ahol 18%-kal dolgoztak kevesebben 1993-ban, mint az előző évben.

A fejlődés a beruházások növekedését is magával hozta. 1993-ban az elektronikai iparban 100 milliárd forint beruházás valósult meg. Ez összehasonlítva az előző évi 50 milliárd forinttal áron számolva 2,2-szerese az előző évnek. Ez jelentős beruházásnövekedést jelent, de az 1988. évnek még mindig csak 82% teszi ki. A beruházások további ösztönzése érdekében a nemzetgazdaság szempontjából emelkedő nagyságú, fontosságú beruházások egyedi elbírálás alapján különböző időtartamú vállalati adókedvezményeket kaptak, melyek indoklását mi készítettük elő. Ez a támogatási módszer a maga idejében nagyon hathatósan bizonyult, ezért később általánossá, transzparenssé módon megkaphatóvá tettük. (Utóbb azonban az Unió részéről komoly kifogások, madások kezdtek el érni. Ugyanis az ilyesfajta támogatás a termeléshez nyújtottnak minősül, ami viszont rontja a támogatásban nem részesülők versenyhelyzetét.) Emléke arra, hogy az években, hogy amikor 1998 augusztusában leégett a Lehel Electrolux jászberényi gyár, ezer négyzetméteres üzemcsarnoka, azonnal érdeklődni kezdtek a külön lehetőségek iránt. Erre akkor már nem volt mód, így a társaságnak részben a biztosítótól kapott összeg részben saját forrásaiból kellett fedeznie az újjáépítés költségét.

1993-ban megindult tehát egy szerény növekedés, az ipari termelés 4%-kal haladta meg az előző évet, az exportteljesítmény azonban még csökkent.

1994-ben folytatódott az ipari termelés bővülése és összehasonlítva az előző évvel árszinten 9,2%-kal haladta meg az előző évet, az exportteljesítmény azonban még csökkent. Az éves teljesítmény az 1985. évnek közel háromnegyedét érte el (74,3% volt). A számottevő növekedésben jelentős szerepe volt a belföldi beruházási kereslet élénkülésének és az exportpiaci lehetőségek kedvező változásának. Beruházásokra a nemzetgazdaságban mintegy 800 MdFt-ot fordítottak, folyóáron 28%-kal, összehasonlítva az

10%-kal többet, mint 1993-ban. A beruházott összeg 48%-át építésre, 43%-át gépvásárlásra fordították. Ekkor már jelentősen bővült az export is, az ipar valamennyi ágazata növelte kivitelt, és az év egészében 25,4%-ot ért el, meghaladva az előző két évre jellemző részarányt. A feldolgozóipar 1994. évi értékesítésének csaknem egyharmada (31,7%) exportra jutott.

Ezek a folyamatok már jelezték az ipar exportorientációjának erősödését, az értékesítési struktúra számottevő módosulását. A magyar ipar 1994-ben képes volt kihasználni a szerény nyugat-európai konjunktúrát, de a szerkezetváltás folyamatában még csak a kezdeti lépéseknél tartott.

Ekkortájt született az a kevésszámú cég is, amely teljes magyar tulajdonban maradt. Ezek jellemzően MBO (management buy out) és MRP (munkavállalói részprivatizációs program) keretében jöttek létre. Ilyen pl. a Perion és a Hajdu Rt. Ezen cégek egy része azonban mind a mai napig magán viseli az alapítás terheit, hiszen nem jött be friss pénz, új technológia és termék, új piacok. Enélkül pedig nehéz talpon maradni. Másokat hazai pénzügyi befektetők vásároltak meg, amelyeket azután vagy leraboltak, vagy – kivételes esetben – felfejlesztettek és úgy adták el őket.

Ebben az időben fejeződött be a Tungstam értékesítése, amit még Bod alatt kezdtek el. Az újságok sűrűn cikkeztek arról, hogy a magasra értékelt részvényeket a magyar államot reprezentáló bank miért adta el úgy és akkor? Eszembe jut a General Electric Tungstam éléről éppen leváltott, angol keresztnéve ellenére kiváló magyar George F. Varga látogatása az akkor helyettes államtitkári posztot betöltő Dr. Gulácsi Gábornál, aki biztos, ami biztos alapon szeretett volna pár szót váltani az ügy háttéréről. Varga rezignáltan csak annyit mondott: nem kellett volna a banknak ennyire pénzügyesnek lennie. Igaza volt. Az amerikaiak úgy jöttek ide, hogy megmutatják ezeknek a kommunistáknak, hogyan kell izzólámpát csinálni. Majd szépen lassan megtanulták, hogy a wolfram egészen másként viselkedik egy 220 V-os izzóban, mint egy 110-esben és hogy erről a legtöbbet éppen itt tudnak. Akkor egy kicsit lecsendesedtek.

Az első szabadon választott kormány óta már 8 – 9 év telt el, ami már feljogosít a summázásra: az Antall/Boross kormány tevékenységének végére a gazdaság fejlődésnek indult, elsősorban azoknak az iparágaknak köszönhetően, ahol elsőként és a legnagyobb mélységben ment végbe a privatizáció. Ezek pedig a gépgyártás és az elektronikai ipar voltak. Véleményem szerint ezekben az években teremtődtek meg a mai sikerek igazi alapjai.

A hetedik: Pál László, 1994. július – 1995. március

Ő a rendszerváltás utáni első szocialista kormány első minisztere volt. Mint már korábban említettem, szakértőnek számított, hiszen korábban mind az OMF, mind az IpM legfelsőbb szintű vezetésében dolgozott már. Épp ezért nagy várakozással tekintettünk működése elé. Csalatkoznunk kellett. Az NGKM-mel való egyesülést az előzetes várakozásokkal ellentétben nem az IKM-re alapítva hajtatta végre. Ez azzal járt, hogy a minisztériumban nem csak megbecsültségüket tekintve kerültek hátrányba az iparhoz értő szakemberek, de a létszámleépítések során is elsősorban minket gyengítettek. Végül azért sikerült megőrizni egy, az ipar iránt elkötelezett maroknyi csoportot, az Ipari Főosztályt.

Az összevonást az egyszerűsítés lözungja alatt hajtották végre. Az egyszerűsítés következtében 4 különböző épületben dolgoztunk. Szerencsére ez később háromra csökkent, mert az egyik életveszélyessé vált. Mindnyájan elfértünk volna az akkor már Margit körútinak hívták épületben, de hát ott nem volt olyan elegáns, Róth Miksa üvegablakaival díszített miniszteri lépcsőház.

A gazdaság helyzete erre az időre ismét labilissá vált. A külföldi befektetők megijedtek az MSzP (MSzMP – utódpártnak titulált) hatalomba kerülésétől, kivártak, nem investáltak az országba. Nekilódult az infláció.

1994-ben tovább tart a gazdasági szervezetek számának gyarapodása: összességében akkor 1360 jogi személyiségű céget tartottak nyilván, 152-vel többet, mint az előző évben. Ezeknek a cégeknek túlnyomó többsége, 75%-a 21 fő alatti szervezet. Nagy, 300 fő feletti cégek aránya mindössze 3,8%. Ez egyrészt a csődbemenő nagyvállalatok további szétaprózódása miatt történik, részben pedig a növekvő munkanélküliség generálta kényszervállalkozásoknak tudható be. A foglalkoztatásban a mélypontot az 1994. év jelenti, amikor is 36 ezerre csökken az ágazatban foglalkoztatottak létszáma, ami az 1988. évi létszámnak pontosan az egyharmada. A létszámfelesleg egy részét viszont örömmel használták fel a távközlési szolgáltatók (MATÁV, mobil szolgáltatók).

1994-ben a privatizáció, és ezzel együtt a külföldi tőke beáramlása még csak kismértékben haladt előre. Ekkor a magyar iparnak 47%-a állami tulajdonban volt, és a külföldi tőke részesedése alig haladta meg a 19%-ot. Az elektronikai iparban ez a folyamat jóval előbbre tartott már 1994-ben is. Ekkor már az ágazatban az állami tulajdon aránya 15,8%-ra csökkent, a külföldié pedig 25,3%-ra nőtt.

A távközlési ipar fejlődését jól mutatja, hogy 1991. és 1995. között összesen 1174 ezer távbeszélő állomást helyeztek üzembe, ami gyakorlatilag megoldotta az legégetőbb telefonellátottsági problémákat.

1995-ben a kormány radikális stabilizációs intézkedései (azaz a Bokros csomag) hatására, javuló egyensúly mellett folytatódott a gazdaság és azon belül az ipari termelés növekedése. 1995–96-ban a gazdaság nagyobb részében a növekedés lassult, de az elektronikai iparnál továbbra is határozott növekedés volt megfigyelhető. Ez már a dinamikus növekedést megelőző állapot volt. A termelés beinduló növekedésében a külföldi működőtőke beáramlás mellett jelentős szerepe volt a belföldi beruházási kereslet élénkülésének és az exportpiaci lehetőségek kedvező alakulásának. (1. sz. ábra)

Horn Gyula miniszterelnök elegendő téve a rá háruló, pártján belül is jelentkező nyomásnak, 1995-ben Pál Lászlót leváltotta. Pál később a képviselőségről is lemondott, csakhogy megarthassa a MOL IT elnöki tisztjét.

A nyolcadik: Dunai Imre, 1995. március – 1996. augusztus

Dunait – aki államtitkár volt Pál alatt – inkább kereskedelmi, mint ipari miniszternek nevezném. Amikor a kereskedelmet helyezte előtérbe teljesen igaza volt: az igazi durranás a javak eladása és nem a megtermelése. Nagyon helyesen mérte fel, hogy ebben a konszolidációs időszakban elsősorban az exportosztönzést kell szolgálni, ilyen szabályzókat kell alkalmazni. Ugyanakkor – a még magyar tulajdonban lévő néhány vállalkozás vezetői – joggal prüszköltek, amikor például a BNV megnyitó ünnepsége után Dunai nagy ívben kikerülte az ő kiállításait.

1995. megint csak forduló év: ekkortól kezdve gyors fejlődés következik be a híradástechnikai ágazatok termelésében. Állami vállalatból már csak 8 maradt az előző évi 18-cal szemben. Az értékesítésen belül nőtt az export aránya, az 1994. évi 32%-kal szemben már a termékek 42%-a került exportra. A versenyképesség növelését a munkaerő árának leértékelése (reálbér csökkentése) segítette, a zöldmezős beruházások kedvezményei az új munkahelyteremtésen túl a high-tech technológiák alkalmazását gyorsították.

Az 1996. évet az elektronika ipar szempontjából az ugrás évének nevezhetjük, mert mind a vállalkozások számában, mind a termelés növelésében, mind a beruházás alakulásában jelentős előrelépés történt. A működő jogi személyiségű cégeknek a túlnyomó része: 1097 – az összesnek 74%-a – 11 főnél kevesebbet foglalkoztató szervezet. A nagyvállalati státust jelentő 300 főnél többet mindössze 38 cég – az összesnek 2,6%-a – foglalkoztat.

1996-ban a hírközlési ipari ágazat termelése ugrásszerűen megnőtt. Folyó áron számolva 253 MdFt termelési értéket állított elő. Ez volumenében az előző évének 178%-a. Különösen szárnyalt az iroda- és számítógép-gyártás, amelynek termelése közel 8,5-szeresére emelkedett egyetlen év alatt. Ezek mögött új, zöldmezős beruházások termelésbe lépése húzódik meg.

Ekkorra lettek széles körben is ismertté az ipar zászlóshajóivá váló Ericsson, Nokia, Philips, IBM, Siemens nevek. Ezek a multinacionális cégek a magyar híradástechnikai és számítástechnikai ipart valóban bevezették a nemzetközi piacra. A híradástechnikai termékeket gyártó ipar 1996. évi termelése 47,8%-kal nagyobb az 1995. évinél. A számítógépgyártó ipar 1994-ig megjárta a poklok útját, de 1996-ban már 8,4-szeresét termelte az előző évének, amit 1997-ben még közel megnégyszerezett. Itt alapvetően az IBM beruházását kell érteni.

Érdekesen alakult a termékszerkezet: a rádiógyártás például az 1990-es évek közepére gyakorlatilag megszűnt és 1996-ban a semmiből feltámadva 310 ezres sorozatnagysággal az 1988. évit is 2,5-szeresen meghaladó terméktömeggel jelenik meg a piacon. A televíziógyártás – amely sosem szűnt meg hazánkban – a Samsungnak köszönhetően új erőre kapott.

Továbbra is felemásan alakultak a kapcsolatok a külföldi befektetőkkel. Hiába deklaráltuk, hogy nálunk minden törvényi keretek között, transzparens módon folyik és hogy a támogatások csak az ott leírtak szerint kaphatók meg, a nagy befektetők számára újra és újra „Szándéknyilatkozat”-nak nevezett iratokat kellett kibocsátanunk. Ebben szó szerint idéztük a kapható támogatások formáit, mértékét. Elmondtuk, hogy napjaink magyar iparpolitikája a versenyképesség javítását ún. horizontális, vagyis szektorsemleges eszközök, intézkedések segítségével ösztönzi. Ezek ágazati és tulajdonosi hovatartozástól függetlenül az ipar egészében biztosítanak támogatást a vállalkozóknak. A horizontális iparpolitikai eszközelemek között a legfontosabbak a beruházások élénkítése, a K+F és a kis- és középvállalati kör támogatása. Vagyis az egész nem volt más, mint a vonatkozó törvények és rendeletek zanzásított változata. Mindenesetre a cégek kijáróemberei nagy örömmel fogadták és mutogatták megbízóiknak.

Csak zárójelben jegyzem meg, hogy a magyar tulajdonú cégek részéről gyakran ismételt kérdés volt az exportösztönzés és a piacvédelem biztosítása számukra. Ezt azonban az uniós jogszabályok nem teszik lehetővé.

Dunai Imre miniszterségének ideje alatt vált teljessé az Uniók kapcsolatrendszer, amelyet a vámok alakulásával jól lehet érzékeltetni. Az előző gazdasági rendszerben hazánk gyakorlatilag erős protekcionista vámrendszert alkalmazott. Míg az ún. szocialista országok felé a vámtétel nagysága 0% volt, addig – néhány rendkívül fejletlen országtól eltekintve – a beérkező árura magas vámot vetett ki. Ennek több oka volt. A legfontosabbak között a kötött valutagazdálkodást és ugyanakkor a hiánypiac szívóhatása miatt megmutatkozó erős importigényt visszafogni igyekvő magatartást kell megemlíteni.

1988–89-ben, a tervutasításos gazdálkodás csödjé által generálva, a tőkés export irányában fokozatos nyitás következett be. Az importot szabadabbá tevő, ún. liberalizációs intézkedések következtében 1989-től kezdve a gépipari termékek behozatala fokozatosan nő, vámja pedig csökken. A vámtarifák szintjét, egyetértésben nemzetközi kötelezettségeinkkel, törvényi úton határozták meg.

1991–92-ben elkezdődnek a tárgyalások az akkori Európai Közösségekkel, melynek eredményeként az Európai Unió társult országává váltunk (1994. évi I. törvény). Ez együtt járt a volt szocialista országok felé alkalmazott preferenciális vámok megszüntetésével. Ugyanakkor a vámtarifajegyzékbe új oszlop került: az EK (később EU) felé alkalmazott importvámok. Ez annál is indokoltabb volt, mivel ebben az időszakban váltak legfontosabb külkereskedelmi partnereinké az EK országai. Az a tény, hogy az Európai Unió társult országává váltunk a vámok terén előnyöket és kötelezettségvállalásokat is hozott. Mindkét fél kötelezte ugyanis magát arra, hogy – kevés kivétellel, pl.: élelmiszeripar – a vámokat 2000-ig fokozatosan lebontják, illetve megszüntetik. Az EU ugyanakkor vállalta, hogy hazánk felé gyorsabban bontja le a vámokat, mint ahogy azt tőlünk elvárja. Ezzel elismerte nemzetgazdaságunk alacsonyabb teljesítőképességét, részbeni fejletlenségét és átmeneti időre bizonyosfajta előnyt biztosított számunkra.

Ezzel párhuzamosan, az 1993. évi LXXXIII, törvényben foglaltak szerint az ország tagja lett az Európai Szabadkereskedelmi Társulásnak (EFTA), illetve az 1995. évi XIII. törvénnyel létrejött a Közép-európai Szabadkereskedelmi Megállapodás, melynek tagjai előbb csak a Magyar, a Lengyel, a Cseh és a Szlovák Köztársaság voltak, majd tovább bővült. Ezen kívül Szabadkereskedelmi Megállapodásaink vannak Törökországgal, Izraellel stb.

1995 a Bokros-csomag éve, amely hatással volt az importra is: az alkalmazott vámtételeken felül 8% vámpótlék, 2% vámkezelési díj és 1% statisztikai illeték került kirovársra. A Horn-kormány által bemutatott indokokat a Világkereskedelmi Szervezet (WTO) elfogadta, azzal a kitéttel, hogy a póttételeket meghatározott idő alatt meg kell szüntetni. Ez később meg is történt.

A fent vázolt tendenciákat a mellékelt táblázat mutatja be. Ebben négy, a maga termékkörére jellemző árucikk látható: 8517-30: távbeszélő- és távíróközpont, 8532-24: kerámia kondenzátorok, 8533-21: nem szénréteg ellenállások, 8542-13: digitális IC-k (mikroprocesszorok). Bár a jelenlegi HS kódszámokat csak az utóbbi években kezdték el alkalmazni, a termékek a korábbi jelölési rendszerben nevük alapján is beazonosíthatók voltak.

HS kód	1986	1989	1991	1992-94		1995		1997		1998		1999	
				II.	EK	II.	EU	II.	EU	II.	EU	II.	EU
8517-30	20,8	20	20	20	20	18	16,2	10	6	10	4,5	10	3
8532-24	35	35	35	11	11	11	7,3	11	0	11	0	11	0
8533-21	8,7	7,7	7,7	7,7	5,1	7,6	0	7,6	0	7,6	0	7,5	0
8542-13	25	25	9,8	9,8	9,8	8,8	5,8	6,8	0	5,8	0	5	0

Megállapítható, hogy ezen termékek vámbontása 1991-től kezdődött el, bár az igazi áttörést az 1992. év hozta. 1995-től kezdve az elektronikai alkatrészeknél vámot már nem alkalmazunk, míg a késztermékeket illetően 2000-ig 3%-os vámot használtunk. Összegezve a vámgyakorlatot elmondhatjuk, hogy az alkatrészek vámjának lebontása azért történt meg előbb, mint a késztermékeké, hogy a hazai gyártás számára ez utóbbiakkal szemben erre az átmeneti időre valamiféle védelmet adhassunk. Ez nem minden esetben sikerült. Volt arra példa – I. mosógépgyártásunk – a késztermék váma alacsonyabb volt az alkatrészekénél...

A nem kellőképpen átgondolt liberalizálásnak voltak más árnyoldalai is. Ennek köszönhetően teremtődött meg hazánkban az olajszökítés intézménye, illetve ilyenek miatt kell az uniós csatlakozásunk idején derogációt kérni néhány termék importjára.

A kilencedik: Suchman Tamás, 1996. szeptember – 1996. október

Az exprivatizációs miniszter mindössze 4-5 hétig volt nálunk. Mivel előző helyén még el kellett varrnia néhány szálat, nem nagyon volt ideje arra, hogy az IKM ügyeit vezérelje. Még az ilyenkor szokásos átszervezésekre sem került sor. Ezt helyette az utódja tette meg.

A tizedik: Fazakas Szabolcs, 1996. október – 1998. július

Felvettük a barokkosan burjánzó Ipari, Kereskedelmi és Idegenforgalmi Minisztérium nevet. Később a miniszter maga is túlzásnak tartotta az elnevezést, de költségkímélés címén a kormányfő nem értett egyet az ismételt átnevezéssel.

Az 1996. évi makrogazdasági folyamatokat is az 1995. márciusában megkezdett kiigazítási program folytatódó megvalósítása határozta meg. A terveknél kedvezőbbben alakult a belső és külső adósság. Azonban a kivitel és behozatal dinamikája közötti különbség szűkült, a külkereskedelmi egyenleg nem javult. A lakosság fogyasztása tovább csökkent, a vállalati beruházások stagnáltak, az állami infrastrukturális beruházások visszaestek. Ma már az is látható, hogy a vámpótlék bevezetésével biztosított piacvédelem időszakát az üzleti szféra strukturális alkalmazkodásra, beruházásokra kevésbé használta ki.

1997-re az állam csaknem teljes egészében kivonult az ipari termelésből. Az elektronikai iparban jellemző módon az állami tulajdon 5,7%-ra csökkent. Az új tulajdonosi kör meghatározóan külföldi szakmai befektető. Ekkor már az elektronikai ipar utolérte az 1988. évi termelési színvonalat. Büszkén állíthatjuk, hogy a feldolgozó ipar ágazatai közül éppen az elektronikai volt az, amely ilyen mélyrepülés után ekkora szárnyalásra tudott átváltani.

Ha kitekintünk külföldre, megállapíthatjuk, hogy az 1990-es évtized második felében a világgazdaság jelentős mértékben bővült, amely elsősorban a gépjárműiparban és az elektronikában, illetve ezek közös kapcsolódási pontjain ment végbe. Ugyanekkor az előző gazdasági rend romjain egy jelentős tudásbázissal bíró, alulfizetett értelmiségi, illetve más, magasan képzett szakmunkaerő vegetált. A közép-európai „új demokráciák” a külföldi működő tőke becsalogatása érdekében a beruházni szándékozókna specialis kedvezményeket kínáltak. A multinacionális cégek a fokozódó piaci igényekre úgy reagáltak, hogy a fentemlített olcsó, de szakképzett munkaerővel és adókedvezményekkel kecsegtető országokban hajtották végre a termelésbővítési célú beruházásaikat - elsőként és meghatározó jelleggel nálunk. Ezen országok közül a legkorábban Ma-gyarország nyitott.

De hát az örömbe mindig vegyül üröm is: az eredmények elsősorban a vámszabadterületeken, óriási importhányaddal dolgozó cégeknek voltak (és a mai napig még mindig) köszönhetőek. A GDP ugyan szépen nőtt, de alacsony volt a hazai hozzáadott érték, a magyar beszállítások nagysága. Ezért az Ipari Főosztályon elsőként javasoltam a magyar beszállítói háttér-ipar fejlesztésének, erősítésének szükségességét – eredetileg az elektronikai ipart illetően. Az erre vonatkozó koncepciót kollégáimmal közösen kidolgoztuk és megszületett a Beszállítói Program. Ennek lényege az volt, hogy a beszállítói tevékenységet végző szervezeteknél a kis- és közép-vállalkozásoknak van domináns szerepük és reális esélyük arra, hogy a multinacionális cégek partnerévé váljanak. Ezért ezt a szektort kívánatos szabályzókkal helyzetbe hozni. Ennek kapcsán az IKIM a Magyar Vállalkozásfejlesztési Alapítványt bízta meg a feladatok végrehajtásával. Létrehoztunk egy Programirodát, melynek célja a beszállítói státusra törekvő vállalatok támogatása volt annak érdekében, hogy üzleti kapcsolatokat alakítsanak ki a hazai nagyvállalatokkal és multinacionális cégekkel. Sikertelt a programhoz anyagi háttérrel is rendelni.

Mivel e téren is szektorsemlegesnek kellett mutatkoznunk, így a programot eleve szélesebb körre dolgoztuk ki: az egész gépiparra, azzal a megjegyzéssel, hogy a későbbiekben folyamatosan ki fog terjedni mindenfajta beszállítói tevékenységre. A gyakorlat azt mutatta, hogy alig néhány kivételtől eltekintve a programban résztvevő beszállítók az elektronikai és a járműgyártási alágazathoz kapcsolódtak. És mivel ez a két ágazat nemzetgazdaságunk hajtómotorja, a célkijelölés helyesnek bizonyult; bár a végrehajtás során néhány koncepcionális hiba is előfordult. Hiába álltak rendelkezésre pénzügyi források, a nagyszámú KKV általános támogatására nem volt elegendő pénz. Erre igazság szerint a világ gazdagabbik részén sincs.

A program egyik eredményének tekintettük a Beszállítói Charta aláírását, melyben a jelentős beszállítói igényű vállalkozások aláírásukkal is hitelesítették azon szándékukat, hogy a jövőben fokozottabban kívánnak a magyar háttérparrá támaszkodni.

A tizenegyedik: Chikán Attila, 1998. július – 2000. december

Közeledve napjainkhoz, egyre kevesebb említésre méltó dolgot lehet írni. Hiszen a gazdaság önjáróvá vált, állami beavatkozásokra nincs szükség, de uniós elkötelezettségeink ezt nem is tennék lehetővé. A '98-as választások után a kormányváltás a szokásos procedúrával ment végbe: előbb le kellett írni, hogy mennyi minden jót cselekedtünk, majd egy hónap múlva azt, hogy mennyi mindent kell még megcsinálni. Mindenesetre rögtön új nevünk lett: Gazdasági Minisztérium. Chikán közigazgatási államtitkárnak visszahívta Gulácsi Gábort, aki korábban már helyettes államtitkár volt a minisztériumban. Ugyanebben az időben az 5 minisztert is kiszolgált Hegyháti József iparpolitikai helyettes államtitkár távozott. Helyette Hónig Péter jött.

Ezekben az években sikerült elérnie a feldolgozóiparnak az 1988-as szintet. A 10 év alatt a feldolgozóipar növekedését erőteljes szakágazati szintű struktúraváltozás kísérte, s míg a szakágazatok fele az átlagnál gyorsabban növekedett, egyharmaduk termelése visszaesett. A növekedést kísérő struktúraváltozás közeledést eredményezett az Európai Unió országainak feldolgozóipari szerkezetéhez (ezen belül közelebb áll az osztrákhhoz, illetve a némethez, mint az EU átlaghoz), ugyanakkor még a mai napig is magas a tőkeigényes és az alacsony K+F ráfordítású szakágazatok aránya. (2. sz. ábra)

1999. tavaszán, a Fidesz kongresszusán Trombitás Zoltán, aki se előtte, se azóta nem foglalkozott gazdasági kérdésekkel, a GM-et „kommunista fészekágnak” titulálta. Innen egyenes út vezetett Chikán leváltásáig: a politikusok szerint nem volt képes az apparátust kézben tartani. Mi ezt belülről másként láttuk. Mi azt éreztük, hogy a hozzáértő ember szavára megint hallgatnak, vagy legalábbis figyelembe veszik.

Egy példa: a Philips Magyarország vezetője bejelentkezett Chikánhoz, hogy K+F témájú lehetséges befektetésről konzultáljon. E sorok írója konkrétumokat tartalmazó anyagot állított össze és ajánlott figyelmébe hogy a miniszter úr – ha a tárgyalás olyan fordulatot vesz azonnal átadhassa. Mire ő így reagált: te állítottad össze, a te munkád, te is add át. Nem akarta lenyúlni a sikert...

1999–2000-ben szinte egyszerre jelentek meg Magyarországon a finn Nokia és Elcoteq, a szingapúri központú JIT Electronics, a tajvani DBTel és kezdte el ezirányú tevékenységét a Flextronics. Úgy látszott, hogy hazánk az európai mobiltelefon-gyártás egyik fellegetvára lesz. Ezt mi nagy örömmel fogadtuk, a cégek benyújtott pályázataira támogatásokat ígértünk. Óriási ünnepeket rendeztek, ahol különböző magas beosztású minisztériumi vezetőknek nemzeti csíkos maroktelefonokat osztogattak. Aztán sajnos a támogatások egy részének kif-

zetésére már nem kerülhetett sor: a nem a tervek szerint bővülő piac miatt be kellett zárni a JIT Electronics és a DBTel gyárat.

Jelen voltam a General Electric akkori elnöke egyik legbefolyásosabb tanácsadójának, Völgyes Ivánnak a gesztorálásában 2000. karácsonya környékén tartott zeneakadémiai koncerten. Ott volt Chikán is. Odamentem hozzá, megismert, kezét fogtunk. Azt mondtam neki, hogy őszintén sajnálom, hogy elmegy a minisztériumból, mire ő azt válaszolta: Én is.

Völgyes Iván a koncerteken kívül sok mást is tett. Igazi lobbista volt. Sokat harcolt a GE Tungstram érdekében, hogy az minden lehetséges támogatást megkapjon Magyarországtól. De sokat küzdött azért is Amerikában, hogy ha fejlesztésekről van szó, akkor az anyacég először miránk gondoljon. Neki köszönhetjük a veresegyházi beruházásokat, az európai kompetenciaközpontot – no meg a Budapest Bank eladását stb.

Amikor a GE legendás vezére, Jack Welch nyugdíjba ment, Völgyes is úgy gondolta, ideje váltani. Búcsút mondott addigi munkájának és egészen más fába vágta a fejszéjét. Többek között a Synergonnak is dolgozott. Egyike volt azoknak a Synergon vezetőeknek, akik 2001 tavaszán egy magánrepülőgépbalesetben életüket veszítették.

A tizenkettedik: Matolcsy György, 2001. január – 2002. május

Matolcsy nagy elánnal vágott neki a dolgoknak: előbb kitalálta, hogy minden érdemi ügyintézőnek meg kell pályáznia a saját munkahelyét (erről azonban rövid idő alatt kiderült, hogy jogszabályellenes), majd az ő nevével fémjelzett Fidesz gazdasági program ideológiájára alapozva beindította a Széchenyi Tervet. Mindenek előtt egybe fogta a már korábban is rendelkezésre állt célelőirányzatokat. Ezzel párhuzamosan sikerült a pénzügyi forrásokat is bővíteni, a támogatási célokat kiszélesíteni. Megteremtődött az úgynevezett „egyablakos rendszer”: ha valaki adható támogatásokra pályázik, gyakorlatilag elég a pályázatát egy szervhez (pl. a GM-hez) beadni.

Erre az időszakra esik annak a ténynek köztudottá válása, hogy a világ vezető 50 legnagyobb vállalkozása közül több mint 40 gyártóhellyel van jelen hazánkban (ld. 3. sz. ábra, pirossal az elektronikai cégek).

A Széchenyi Terv mellett, szinte észrevétlenül megújult a Beszállítói Program is. Sikerült a korábbi hibákat kikerülni, a parttalanul szétterülő és ezért alacsony hatásfokú támogatásokat új koncepciókba foglalni. Ezek egyike a klaszter program, amelynek vannak áthallásai a korábbi integrátori programra is.

Sajnálatos módon 2001-ben – Hónig Péter távozása után – megszűnt az iparpolitikai blokk. Bár az Orbán-kormányra jellemzőek az ágazati minisztériumok (mezőgazdaság, közlekedés, sőt a MeH-en belül az informatika stb.) az ipar reálfolyamataival a mi kis főosztályunk kivételével már senki nem foglalkozik főállásban. Viszont a propagandagépezet teljes erőből termelt.

Ennek keretében a miniszterelnök számára minden hónapban „Memo”-t készítettünk, amelyben a valós életből kiragadott példákkal kellett bemutatnunk a számok mögötti valóságot – a lehető legszűkebb terjedelemben. Hónapról hónapra ki kellett találni valami eredetit, amivel illusztrálhattuk az eseményeket. De mit mondjunk júliusról, augusztusról, amikor mindenki szabadságon van, vagy januárról, amikor alapvetően sosem történik semmi? Végrehajtottuk ezt a feladatot is. Ennek az lett az eredménye, hogy a Danone-üggyel, vagy a Kecskeméti Konzervgyár szakszervezetének panaszaival is nekünk kellett foglalkoznunk, hiszen az ipar problémáiban nagy jártasságról tettünk tanúbizonyságot. Az senkit sem za-

vart, hogy ezen cégek az élelmiszeriparhoz tartoznak, vagyis ágazati szempontból az FVM lett volna az illetékes.

Matolcsy helyesen mérte fel, hogy Magyarországon külföldi közvetlen befektetések (melyek közel fele német, osztrák, amerikai, francia, belga vagy holland) zöldmezős beruházások, amelyek minden esetben a viszonylag fejlett, a világgpiaci élvonalba tartozó termékek gyártására, elsősorban összeszerelésre jöttek létre, főként az elektronikai és az autóiiparban. Létrehozásuk nem úgy történt, hogy az anyaországban leszerelték és hozzánk áthozták a gyárat, hanem a piaci igényeknek megfelelő termelésbővítést nálunk hajtották végre. Úgy ítélte meg, hogy a bővülő világgpiac további beruházásokat fog indukálni hazánkban is, a GDP pedig akár 7%-kal is nőhet. Az elmélet azonban nem állta ki a gyakorlat próbáját, hiszen nem láthatta előre pl. 2001. szeptember 11. eseményeit és annak következményeit.

Matolcsy ideje alatt lett a minimálbér 40, majd 50000 Ft (bruttóban). Ez a bérnagyság, plusz annak járulékai együttesen már korántsem teszik olyan vonzóvá és olcsóvá a magyar munkaerőt. Ennek köszönhető több multi távozása országunkból, mint pl. a Mannesman VDO AG, amely Sárbogárdról Kínába telepítette át kapacitását. De előfordult, hogy csak egy nagyobb volumenű gyártást szüntettek meg: a Flextronics zalaegerszegi és sárvári üzeméből az Xbox gyártását vitte Kínába. El kell, hogy gondolkodtassanak az ilyen esetek: hazánk többé már nem az olcsó bérű rabszolga-paradicsom. Ugyanakkor szertefoszlni látszik a megfelelően kvalifikált munkaerő rendelkezésre állásának képe is: egyre több cégnek kell külföldi vendégmunkásokat alkalmaznia. Egyelőre szerencsénk, hogy némely olcsóbb bérű szomszédunkhoz nagyon nehéz a határon átkelni, még a mienkénél is nagyobb a korrupció, a minőség pedig - enyhén szólva - nem európai.

Bár Orbán Viktor miniszterelnök a 2002. évi választási hadjárat során a nagytőke rémével fenyegetett, hangsúlyozni kell, hogy a külföldi befektetők nélkül országunk nem juthatott volna el oda, ahol most tart. Sőt, fejlődésünk érdekében igenis szükség van arra, hogy további működő tőke áramoljon be hazánkba. A nemzetközi példák is azt mutatják, hogy minden nemzetgazdaság életében óhatatlanul elérkezik egy időszak, amikor ez elengedhetetlen. A világgazdaság lanyhulása 2003-ban megállt, a piaci kereslet ismét elkezdett nőni és ez újabb magyarországi befektetéseket is indukált. De ez már a 13. miniszter, Csillag István (2002. május – 2004. október) dolgává lett.

Göröngyös az út a Földtől a csillagokig
Seneca

NÉHÁNY JELENLEGI EREDMÉNY

LÉZEREK A FÉLVEZETŐ-GYÁRTÁSBAN ÉS A MIKROELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIÁKBAN

9

Erdélyi Miklós – Szörényi Tamás – Hopp Tamás – Szabó Gábor – Bor Zsolt

Szegedi Tudományegyetem
Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék
6720 Szeged, Dóm tér 9.

Bevezetés

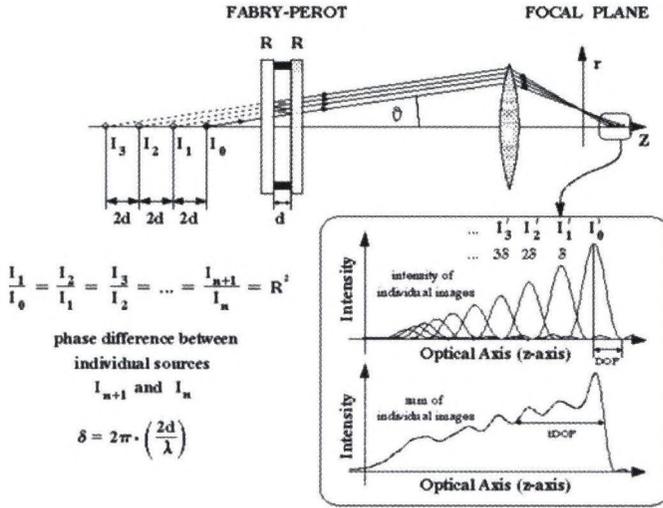
A Szegedi Tudományegyetem (korábban József Attila Tudományegyetem) Optikai és Kvantumelektronikai Tanszékén, illetve a tanszéken működő Lézerfizikai Kutatócsoportban dolgozó kutatók a lézerek mikroelektronikai alkalmazásainak két részterületén értek el nemzetközi szinten jegyzett eredményeket. Bor Zsolt és munkatársai az *optikai litográfia* egyik alapvető problémájának megoldására dolgoztak ki új közelítéseket, a Szörényi Tamás és Hopp Béla körül kialakult két munkacsoport pedig *lézerek felhasználásán alapuló felület-megmunkálási technikák* ki-, illetve továbbfejlesztésével járult hozzá a terület fejlődéséhez. Az alábbiakban ezen eredményeket foglaljuk össze.

1. Többszörös koherens leképezés Fabry-Perot-interferométer segítségével

Az optikai mikrolitográfiában alapvető cél, hogy a maszkon lévő mintázat képe leképezési hibák nélkül, a lehető legnagyobb kicsinyítéssel kerüljön egy fényérzékeny lemezre. A kicsinyítés mértékét a rendszer feloldóképessége (R) korlátozza, ami alapvetően az alkalmazott fény hullámhosszától (λ) és a rendszer numerikus apertúrájától (NA) függ. Növelve a numerikus apertúrát, vagy csökkentve az alkalmazott fény hullámhosszát, a rendszer feloldóképessége nő ($R \propto \lambda/NA$), és így finomabb mintázatok is leképezhetővé válnak. Ezzel párhuzamosan azonban a mélységélesség (DOF) jelentősen csökken ($DOF \propto \lambda/NA^2$). Ez a korlátozó feltétel arra ösztönözte a kutatókat, hogy módszereket dolgozzanak ki a feloldóképesség és a mélységélesség egyidejű növelésére. A Bor Zsolt és munkatársai által kidolgozott koherens többszörös leképezés egy olyan módszer, amely alkalmas a mélységélesség és a feloldóképesség együttes javítására.

1.1. A koherens többszörös leképezés alapelvei

A tradicionális leképezés során a fotomaszknak egy kicsinyített képe jelenik meg a fotoérzékeny lemezen. A többszörös koherens leképezés lényege, hogy egy optikai eszközzel megsokszorozzuk a maszk képét, amely képeket a lencse koherens módon szuperponál. A javasolt technika elvi vázlata az 1. ábrán látható. Az I_0 pontszerű fényforrással kivilágított Fabry-Perot interferométer mögött koncentrikus gyűrűrendszer jön létre.



1. ábra

A leképező objektív által létrehozott kép az egyes I_0, I_1 stb., képek szuperpozíciójaként jön létre

Az interferométer mögött elhelyezkedő leképező lencse apertúrája úgy van megválasztva, hogy csak az első diffrakciós gyűrűt engedje át (az apertúra szélén), és kitarolja az összes többi gyűrűt. Ahogy később látni fogjuk, a mélységelesség és a feloldóképesség javítása szempontjából ez a legideálisabb beállítás. Az interferométerben bekövetkező többszörös reflexiónak köszönhetően az I_0 valódi pontforrásnak több virtuális képe jön létre. A virtuális pontforrások távolsága $2d$, intenzitásarányuk R^2 , ahol d az interferométer tükrök távolsága, R pedig a reflexiók képességek. Mivel a tükrök távolsága egy piezo-eltolóval könnyedén változtatható, a képpontok közti szeparáció is állítható. A szomszédos pontforrások közötti relatív fáziskülönbség $\delta = 2\pi \cdot 2d/\lambda$. A leképező objektív által létrehozott kép a fent említett pontforrások képeinek szuperpozíciója. A képpontok közti távolság $2dM^2$, ahol M^2 a lencse longitudinális nagyítása. Itt érdemes bevezetni a relatív képsűrűség fogalmát (N), amely megadja, hogy egy mélységelességen belül hány kép van: $N = \text{DOF}/2dM^2$. Ha N kisebb mint 1 akkor a képek szeparáltak jelennek meg. Bár mind a relatív képsűrűség, mind a relatív fáziskülönbség az interferométer tükrök távolságától függ, praktikus okok miatt célszerű független paraméterként kezelni őket. A tükörtávolság $\lambda/2$ -vel való megváltozása a fázisban egy teljes periódusváltozást jelent, míg a relatív képsűrűség gyakorlatilag változatlan marad. Szoros összefüggés van a relatív képsűrűség és a leképező objektív apertúráján áthaladó Fabry-Perot-diffrakciós gyűrűk száma között. Az apertúrára áthaladó gyűrűk számának reciproka megadja a relatív képsűrűséget. A képek ezek szerint csak akkor fedhetnek át, ha a relatív képsűrűség kisebb mint 1, különben a képek szeparáltak jelennek meg az optikai tengely mentén.

1.2. A Fabry-Perot-etalon szimulációja Fourier-szűrő segítségével

Az előző fejezetben leírt módszer elméleti számításai pontszerű fényforrásnál viszonylag egyszerűek. Kiterjedt mintázatok leképezése azonban jelentősen komplikáltabb. Célszerű ismert, a mikrolitográfiában használt programok (Prolith, Solid-C, Depict) használata. Egyfajta direkt módszer lehetne az, hogy minden egyes maszk képét kiszámítjuk, majd ezeket összeadjuk. Ez a módszer a software-ek módosítását igényli, mivel ezekben a programokban

a maszk-lencse távolság nem szabad paraméter, illetve a kimenő adat nem az elektromos térerősség, hanem az intenzitás. Másrészt ez a módszer igen időigényes, hiszen minden egyes képet külön-külön ki kell számítani. Sokkal elegánsabb és gyorsabb módszer a Fabry-Perot interferométer helyettesítése egy megfelelően választott pupillafüggvénnyel. A mikrolitográfiában használt szimulációs programok a Fourier-optika elveit használják a kép kiszámítására. Az elektromos teret a fotoérzékeny lemezen a maszk Fourier transzformáltja és az optikai rendszer koherencia transzfer függvénye szorzatának inverz Fourier transzformáltjaként kapjuk:

$$E(x, y) = F^{-1} \left\{ F \{ m(x, y) \} \cdot P(f_x, f_y) \right\}$$

ahol f_x, f_y a térbeli frekvenciák: $f_x = x'/L\lambda$; $f_y = y'/L\lambda$ (x' és y' a lencse síkjában felvett térbeli koordináták, L pedig a lencse-maszk távolság). Egy tökéletes, aberrációmentes lencsére $P(f_x, f_y) = \text{circ}(r'/L)$. Az egyszerűség kedvéért célszerű normált változókat használni (a normálási faktor: NA/λ). Egy Δz fókusztolás ($\Delta\phi$ fázistolás) esetén a térre írhatjuk:

$$E(x, y) = \iint F \{ m(x, y) \} \cdot \text{circ}(r) \cdot \Delta P(\Delta\phi, \Delta z, r) \cdot e^{2\pi i(f_x x + f_y y)} df_x df_y$$

ahol:

$$\Delta P(\Delta\phi, \Delta z, r) = e^{i4\pi(z-\Delta z)/NA^2} \cdot e^{2\pi i r^2(z-\Delta z)} \cdot e^{-i\Delta\phi}$$

A maszk és a lencse közé helyezett Fabry-Perot-etalon, amelynek tükrei d távolságra vannak egymástól, és reflexiós tényezőjük R , az előzőekhez hasonlóan, egymástól $2d$ távolságra lévő virtuális képeket hoz létre. A szomszédos képek amplitúdóaránya R . Mivel az interferométer tükreinek a távolsága lényegesen kisebb mint a lencse-maszk távolság, a lencse mögötti képek távolsága $2dM^2$. Ezen képek úgy vehetőek figyelembe, hogy egy új ΔP függvényt vezetünk be:

$$\Delta P(\phi, d, r) = R \cdot e^{-i\Phi(\phi, d, r)} + R^2 \cdot e^{-2i\Phi(\phi, d, r)} + R^3 \cdot e^{-3i\Phi(\phi, d, r)} + \dots$$

ahol

$$\Phi(\phi, d, r) = \phi - 2\pi \left(\frac{2}{NA^2} + r^2 \right) \cdot 2dM^2$$

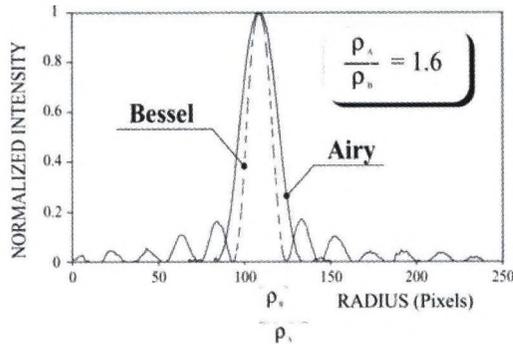
Azaz:

$$\Delta P(\phi, d, r) = -R \cdot e^{-i\Phi(\phi, d, r)} \cdot \frac{1}{R \cdot e^{-i\Phi(\phi, d, r)} - 1}$$

A Fabry-Perot etalon felfogható egy, a Fourier-síkban elhelyezett térbeli szűrőként, amely bizonyos térbeli frekvenciákat átenged, míg másokat nem. A Fabry-Perot etalon transzmissziós függvénye igen hasonló a fent kiszámolt transzmissziós függvényhez, csak a fázis-faktorban van eltérés. Ezek alapján azt mondhatjuk, hogy egy, a maszk és a lencse közé helyezett Fabry-Perot-etalon hatását tekintve helyettesíthető egy a lencse Fourier síkjába helyezett amplitúdó-fázis pupillafüggvénnyel. Ilyen pupillafüggvény már definiálható a forgalomban lévő mikrolitográfias programokban is, azaz software módosítás nélkül lehet a javasolt technikát szimulálni.

1.3. Pontszerű fényforrások leképezése

Az előző fejezetben részleteztük a többszörös koherens leképezés elvét, különös tekintettel a mélységélesség növelő hatására. A javasolt módszer azonban nem csak a mélységélességet, hanem a feloldóképességet is megnöveli. A Fabry-Perot-interferométer bázistávolságát úgy kell megválasztani, hogy csak egy gyűrű haladjon át a lencse apertúráján. A lencse numerikus apertúráját a lehető legjobb mértékben ki kell használni, azaz a gyűrűnek a lehető legközelebb kell lennie az apertúra széléhez. Megmutatható, hogy ilyenkor a lencse fókuszában kialakult tér radiális eloszlása egy J_0 nullad-rendű Bessel-függvénnyel jellemezhető. Határesetben, azaz amikor a Fabry-Perot-gyűrű végtelenül keskeny és teljesen az apertúra szélén van, a feloldás 60%-kal javítható (2. ábra).



2. ábra. Mért radiális intenzitáseloszlás.

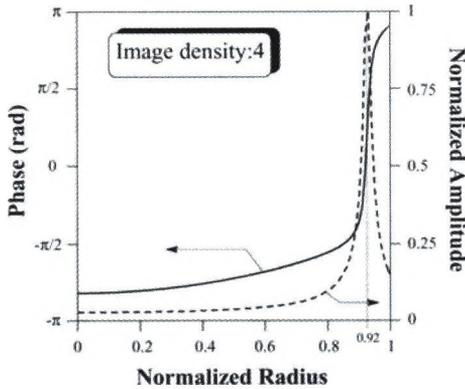
A Bessel függvény FWHM értéke 1.6-szor kisebb mint az Airy képé

Fontos megemlíteni azonban, hogy a J_0 függvény mellékmaximumai jóval intenzívebbek mint az Airy-féle elhajlási kép esetén voltak. Míg az Airy-féle képnél az első minimum intenzitása nem haladja meg a főmaximum 2%-át, addig a Bessel-függvény kapcsán ugyanez az arány 16%. Kontaktusok együttes leképezésekor ezen gyűrűk átfedhetnek és nemkívánatos, nagy intenzitású mellékmaximumokat hozhatnak létre. Ennek kiküszöbölése két módon történhet. Csökkenthetjük a maszkot kivilágító nyaláb térbeli koherenciáját. Mivel az intenzitások és nem a terek adódnak össze, a nemkívánatos mellékmaximumok csökkenthetők, de nem küszöbölhetők ki teljesen. Egy fázistoló maszk használatával, ami π fázistolást vezet be a szomszédos kontakt-lyukak között, a mellékmaximumok között destruktív interferencia hozható létre, és az intenzitás nullára csökkenthető.

1.4. Kiterjedt mintázatok leképezése

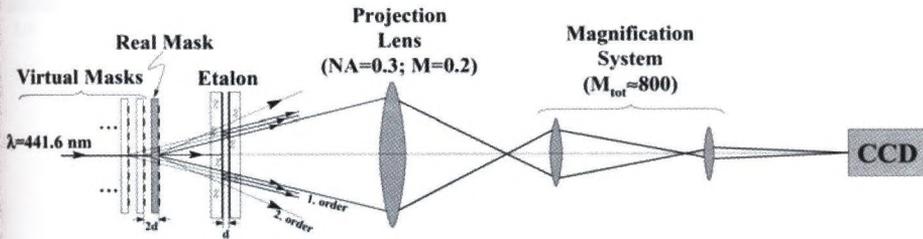
A pontszerű források leképezése sok gyakorlati és elméleti tapasztalatot szolgáltat a javasolt módszerre vonatkozóan, gyakorlati jelentősége azonban csekély. Az integrált áramkörökön lévő mintázatokat ugyanis optikai litográfiai úton hozzák létre, azaz az egész struktúrát egyszerre képezik le, és nem „húzzák” a vonalakat. A kérdés tehát az, hogy kiterjedt mintázatoknál hogyan használható a koherens többszörös leképezés. A következőkben az ún. off-set kontaktusokból álló mintázatok leképezését vizsgáljuk meg részletesen.

A szimulációk során használt Fourier-szűrő amplitúdó-fázis karakterisztikája a 3. sz. ábrán látható. Az alkalmazott hullámhossz 441.6nm (*He-Cd* laser), a tükrök reflexiója $R=0.97$, a bázistávolság 122 μm . A nagy reflexiónak és a kicsi képsűrűségnek ($N=4$) köszönhetően az apertúra szélén lévő gyűrű vékony.



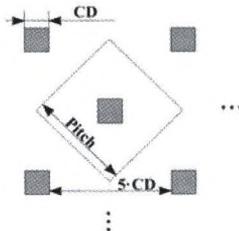
3. ábra. Az alkalmazott szűrő normált amplitúdó és fázis karakterisztikája

A kísérleti elrendezés sematikus rajza a 4. sz. ábrán látható. A szimuláció során alkalmazott paraméterek megegyeztek a kísérletek során alkalmazottakkal. A leképező objektív egy 436 nm-re optimalizált Tropol stepper-lencse (5116 g) volt.



4. ábra. A kísérleti elrendezés vázlatja

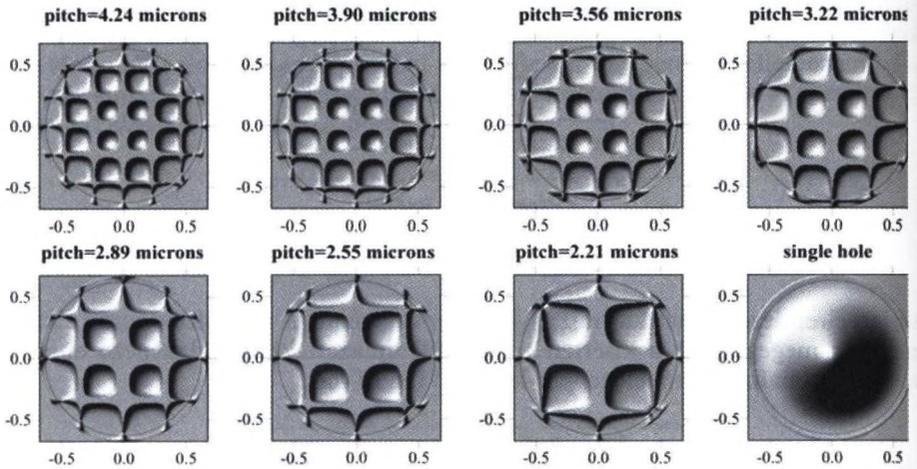
A lencse képmezője 20 mm, míg a tárgy-kép távolság 800 mm volt. A nagy képmezőnek köszönhetően a tengelyen kívüli objektumok leképezése is aberrációmentesnek volt tekinthető. A maszkot egyedi tervezés alapján a Texas Instruments, Inc. gyártotta. A lencse és a maszk közé helyezett scanning Fabry-Perot (Tropol CL-100) etalon bázistávolságát a kísérletek során többször ellenőriztük, ill. ha kellett, utána állítottuk.



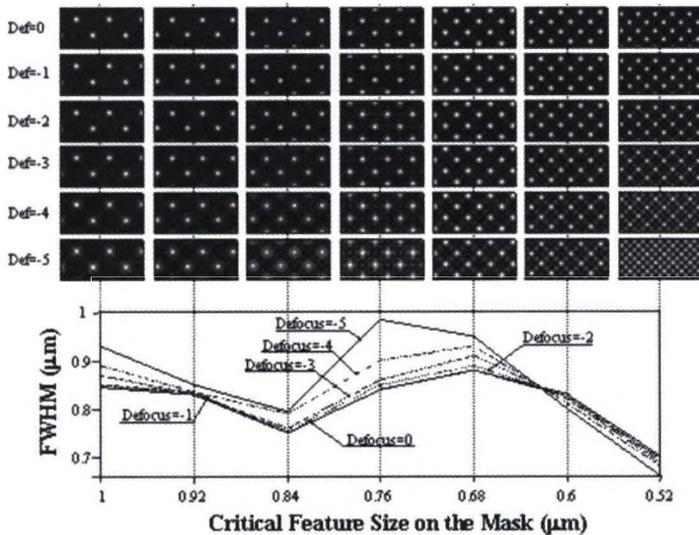
5. ábra. Off-set minta

A leképező lencse által létrehozott képet két, kaszkád módon egymás után elhelyezett mikroszkóp objektívvel nagyítottuk fel, és egy CCD kamerával vizsgáltuk. A két objektív együt-

tes nagyítása $20 \times 40 = 800$ volt. Az első objektívet egy z-eltolóra helyeztük, aminek következtében az axiális intenzitáseloszlást is fel lehetett venni. Az 5. ábra a vizsgált off-set mintázat egy részét mutatja. Minden egyes minta 10×10 kontaktust tartalmaz. A méret (CD) 1 mikrontól csökken le 0,52 mikronig 0,08 mikron lépésekben. A minták két-dimenziós Fourier transzformáltjai a 6. sz. ábrán láthatóak.



6. ábra. Off-set mintázatok két-dimenziós térbeli Fourier-transzformáltjai

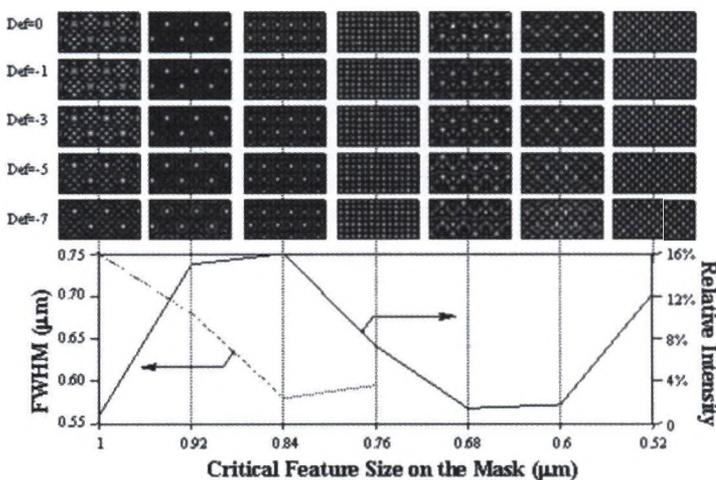


7. ábra. Szimulált képek Fabry-Perot-szűrő használata nélkül

A berajzolt körök a Fabry-Perot-etalon transzmissziós maximumát jelölik. A lencse által átengedett maximális térbeli frekvenciát a lencse numerikus apertúrája határozza meg: $v_{\max} = NA/\lambda = 0.68 \text{ l}/\mu\text{m}$. A keletkezett kép minőségét is ez határozza meg, ui. minél több

Fourier-komponens vesz részt a leképezésben, annál kontrasztosabb képet kapunk. Fabry-Perot-szűrő nélkül a lencse numerikus apertúrája önmagában meghatározza az átengetett maximális térbeli frekvenciakomponenst, és végső soron a kép minőségét. A 6. ábra azt mutatja, hogy minél kisebb a periódus a maszkon, annál nagyobb a diffrakciós szög, ill. a diffrakciós rendek térbeli szeparációja. A mintát nem lehet leképezni ha csak a nullad rend halad át a lencsén. A 6. ábra minden mintázata feloldható, mivel a nullad renden kívül legalább az első rend az apertúrán belül van! A feloldás (*FWHM*) ill. a mélységélesség azonban erősen függ a periódustól.

A 7. ábra a számolt intenzitás-eloszlásokat mutatja hét minta esetén, különböző mélységélességek mellett. Az ábrázolt $7,5 \times 15 \mu\text{m}$ területek kiértékeléséből nyert *FWHM* értékek szintén láthatóak. A *FWHM* (szimulált feloldás) függése a *CD*-től (a maszkon mért tényleges méret) minden mélységben hasonló karakterisztikát mutat. Ugrásszerű változás akkor tapasztalható, amikor a *CD* $0,84 \mu\text{m}$ alá csökken. Ennek magyarázatához tekintsük ismét a 6. sz. ábrát. Amikor a *CD* $0,84 \mu\text{m}$ alá csökken, a ± 2 rendek már nem haladnak át a lencse apertúráján, így nem vesznek részt a leképezésben. Ezért a *FWHM* jelentősen megnő, míg a mélységélesség lecsökken. Tovább csökkentve a *CD* értékét, a ± 1 rendek egyre közelebb kerülnek az apertúra széléhez, lecsökkentve ezzel a *FWHM* értékét.



8. ábra. Szimulált képek Fabry-Perot-szűrő használatával

Egy, a fentiekben leírt keskenysávú Fabry-Perot + szűrő jelentős szelekciót vezet be a térbeli Fourier komponensek között: csak azok a diffrakciós rendek vesznek részt a leképezésben, amelyek áthaladnak a szűrőn. Ez egyúttal egy erős mintázatfüggőséget jelent. A 8. sz. ábrán a Fabry-Perot-szűrő használatával nyert szimulációs képeket láthatjuk. A szimulált mintázatok karakterisztikája nagy mértékben függ a mintázat periódusától, de nem érzékeny a mélységélesség változtatására. Figyelemre méltó, hogy a *FWHM* $0,75 \mu\text{m}$ -ról $0,58 \mu\text{m}$ -re csökkent a $0,84 \mu\text{m}$ -es mintázat esetén. Ez a mintázat a legjobban leképezhető a fényvesztés szempontjából is, ugyanis ebben az esetben a 2. diffrakciós rendek éppen a Fabry-Perot-szűrő transzmissziós maximumára esnek. Tovább csökkentve a mintázat periódusát, a 2. rend kívülre kerül az apertúrán, lecsökkentve mind a feloldást, mind az intenzitást.

Összefoglalás

Amint az a publikációk szerző-listájából látható, Bor Zsolt, Erdélyi Miklós, Horváth L. Zoltán és Szabó Gábor a texasi Rice University Dept. Electrical and Computer Engineering kutatóival együttműködve dolgozták ki a Fabry-Perot-etalon alkalmazásán alapuló koherens többszörös leképezési eljárást, amely elsősorban kontaktusok leképezésénél alkalmazható, ahol – megfelelően választott paraméterek mellett – a feloldást 25%-kal, míg a mélységélességet 300%-kal képes növelni.

Referenciák

1. M. Erdélyi – Z. L. Horváth – G. Szabó – Zs. Bor – F. K. Tittel – Joseph R. Cavallaro – Michael C. Smayling: Generation of Diffraction-Free Beams for Applications in Optical Microlithography, *J. Vac. Sci. Technol. B* 15(2) Mar/Apr 287-292 (1997).
2. Z. L. Horváth – M. Erdélyi – G. Szabó – Zs. Bor – F. K. Tittel and J. R. Cavallaro: Generation of nondiffracting Bessel Beams with Fabry-Perot interferometer, *J. Opt. Soc. Am. A*, 14(11), pp.: 3009-3013, (1997)
3. Miklos Erdelyi – Zs. Bor – William L. Wilson – Michael C. Smayling and Frank K. Tittel: Simulation of Coherent Multiple Imaging by means of Pupil Plane Filtering in Optical Microlithography, *J. Opt. Soc. Am. A* 16(8), pp.: 1909-1914 (1999)
4. Miklos Erdelyi – Zsolt Bor – William L. Wilson – Michael C. Smayling and Frank K. Tittel: Enhanced Optical Microlithography Using a Fabry-Perot Based Spatial Filtering Technique, *Applied Optics* 39(7), 1121-1129 (2000)

2. Felületek mikrostrukturálása lézerekkel

Minél szélesebb funkcionális skálára készülnek napról napra miniatürizálódó eszközeink, annál szélesebb skálája szükséges a mikromegmunkálási eljárásoknak mind a felhasznált anyagok, mind a kialakítani kívánt struktúrák tekintetében. Lézer-inciálta folyamatokkal akár mikroméretben is ki tudunk alakítani kiemelkedő vagy bemélyedő struktúrákat, illetve meg tudjuk változtatni a felszín fizikai és kémiai tulajdonságait: pl. vezetővé tudjuk tenni ott, ahol eddig nem volt, vagy átlátszóvá, netán éppen árnyékolóvá egy-egy kijelölt területen.

De miért használunk ezekben az eljárásokban lézereket? Azért, mert az anyag mikroszkopikus léptékű átalakításához az energiát úgyszintén mikroszkopikus méretekre koncentrálni kell betáplálni. És erre a lézernyalábok is alkalmasak. A kis divergencia miatt a lézersugárzás különféle közegekben, nagy távolságra is könnyen továbbítható, és tetszőleges helyen mikroméretű területekre fókuszálható, ami kis térfogatokban extrém nagy fotonfluxust eredményez. A kibocsátott fotonok számának és a lézerimpulzus hosszának hangolása az energiabevitelnek és a kölcsönhatás idejének finom szabályzását teszi lehetővé. Egy TEM₀₀ módusú lézernyaláb – diffrakciólimitált leképezést lehetővé tevő optikai elemek alkalmazásával – hullámhossz méretű területre fókuszálható le. A lézeres mikromegmunkálási folyamatok elérhető laterális feloldása a mintázat létrehozásának mechanizmusától függ. Fotolitográfias eljárásokkal, ideális esetben, 0,2 μm-es mérettartományba eső mintázatok kialakítása lehetséges. Lézeres mikrokémiai módszerek alkalmazásával még ennél is kisebb vonalzélességek elérésére nyílik lehetőség.

A következőkben az MTA Lézerfizikai Tanszéki Kutatócsoportjában, illetve a JATE Optikai és Kvantumelektronikai Tanszékén Geretovszky Zsolt, Kántor Zoltán, Szörényi Tamás és Tóth Zsolt széles körű együttműködésben elért eredményeire alapozva, konkrét példák-kal illusztráljuk az egyes módszerek teljesítőképességét és korlátait. A lézeres direktírás rövid ismertetése után bemutatunk egy, a hibás maszkok javítására szolgáló mikromintázási technikát.

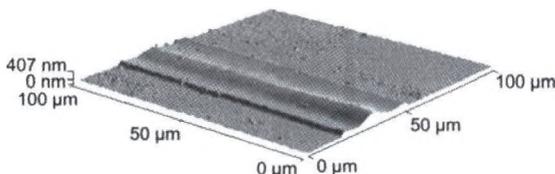
2.1. Mikromintázatok lézeres direktírása

Ha az egyszerűen és gyorsan formálható és irányítható lézernyalábot úgy mozgatjuk egy kémiaailag aktív környezetben lévő felületen, mint ahogy például a ceruzánkkal írunk, akkor a fókuszpont környezetében, mint egy miniatűr kályhában, beindulnak a megcélzott reakciók, a reakciótér a lézerfókusszal együtt végigvándorol a felszínen, és a reakció eredményeként a kívánt anyagból készült rajzolatot hagyja maga mögött. Ezt az eljárást *lézeres direktírásnak* nevezzük, amelynek eredménye lehet az, hogy az eredetileg csupasz felszínen anyag rakódik le, vagy éppenséggel lemarunk a felszínről egy vékony réteget. Persze a direktírás működik kémiaailag inert környezetben is, így tudunk például a felszínen lévő anyagokból lokálisan létrehozni egy új vegyületet.

Felmerül a kérdés, mikor érdemes anyagleválasztásra lézeres direktírást alkalmazni, szemben a litográfiával. A litográfia során a mikrostruktúrák kialakítása úgy történik, hogy az egész felületet befedjük a kérdéses anyagból készült filmmel, majd a felesleges részeket eltávolítjuk. A lézeres direktírás akkor előnyösebb, amikor a szóbanforgó anyag drága vagy nagyon ellenálló és ezért olyan durva kémiai eszközökkel kellene nekiesni, amelyek károsítják az alatta lévő struktúrákat; vagy amikor kis szériában, netán egyedileg kell a rajzolatokat elkészíteni (pl. prototípusfejlesztésnél); vagy amikor egészen egyszerűen csődöt mondanak azok a technikák, amelyek csak sík felületen működnek.

A lézeres direktírás legegyszerűbb esete az, amikor maga a megmintázni kívánt felület nyeli el a lézer fényét, kialakítva a mini főzőlapot, amelyre a körülötte lévő gázból vagy folyadékból a hőmérséklet emelkedésére érzékeny molekulák hóbomlása révén anyag rakódik le. Ezzel a módszerrel volfram, arany, molibdén-oxid és ón-dioxid mintázásokat állítottunk elő (1-5). A volframot és az aranyat a mikroelektronika jó vezetőkéességük miatt alkalmazza, a molibdén-oxid katalizátor-anyag, a nem-sztöchiometrikus ón-dioxid pedig akkor nélkülözhetetlen, ha elektromosan vezető és mégis átlátszó anyagra van szükség.

Az ón-dioxid előállítására például $\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ alkoholos oldatát rétegeztük a felületre, majd egy Ar^+ lézer fókuszált nyalábját ezen végigfuttatva, keskeny SnO_x csíkokat rajzoltunk. Az 9. ábrán egy ilyen csík atomi erő mikroszkóppal felvett topografikus képét mutatjuk be.



9. ábra. 60 mW lézerteljesítménnyel, 1 mm/s írási sebességgel készített nem-sztöchiometrikus ón-oxid csík atomi erő mikroszkópos képe

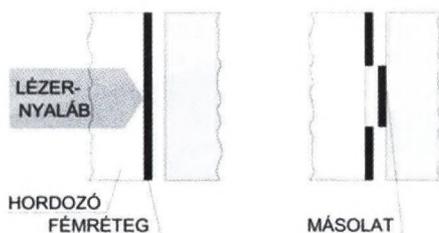
A csíkok fajlagos vezetésiértéke $76 \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$, tehát a lézeres direktírási technikával létrehozott anyag elektromos tulajdonságait illetően semmiben sem marad el az iparilag előállított SnO_x rétegektől, ráadásul ezzel olyan kicsiny kiterjedésű mintázatokat is létre tudunk hozni, amelyekre az iparban meghonosodott technikák képtelenek.

Egy másik, magyar-belga kooperációban elért eredmény jó példa arra, hogyan változtathatjuk meg a felszínen lévő anyag kémiai állapotát anélkül, hogy a környező gázt vagy folyadékot segítségül hívnánk. Ha egy hordozóra egymás után lehetővé tesszük a cink és szelén rétegeket viszünk fel, majd ezt a rétegszerkezetet a reá fókuszált lézernyalábbal hevítjük, akkor egy bizonyos hőmérsékleti küszöb átlépésekor a Zn és Se atomok reakcióba lépnek, aminek eredményeként mikrokristályos ZnSe alakul ki (6), amely az eredeti (fémes) Zn réteggel szemben áteresztja a fényt. Ha tehát egy felszínt ily módon apró jelekkel teleírunk, optikai adattárolót kapunk. Természetesen nemcsak a Zn-Se anyagpár hajlandó lézeres hevítés hatására reakcióba lépni. Ugyanezzel az eljárással készült már CdTe, AlSb, GeSe és számos más széles tiltott sávú vegyületfélvezető is, amelyek mind az elektronikában, mind a lézertechnológiában egyre fontosabb szerepet játszanak.

2.2. Lézeres vékonyréteg-átmásolás

A mikroelektronikai iparban alkalmazott optikai maszkok előállításánál alapvetően kétféle hiba állhat elő: vagy ott is van átlátszatlan réteg (jellemzően króm), ahol a maszknak átlátszónak kellene lennie („fedett hiba”), vagy átlátszó ott, ahol átlátszatlan réteggel fedettnak kellene lennie („átlátszó hiba”). A szeletméretek és az áramkörök bonyolultságának folytonos növekedése miatt egyre nagyobb a maszkok mérete és bonyolultsága is, tehát egyre drágább az előállításuk. A teljes maszk újraelőállítása helyett egyre fontosabb, hogy képesek legyünk a kész maszk hibáit kijavítani.

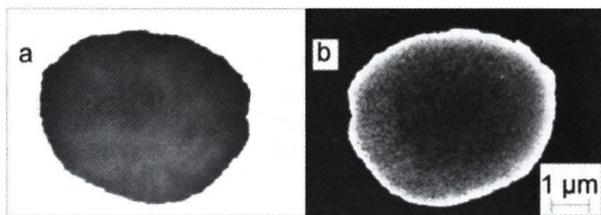
A fedett hibák javítására általánosan elterjedt módszer az impulzuslézeres abláció, vagyis a krómréteg elpárologtatása a kérdéses területről. Nehezebb feladat az átlátszó hibák korrekciója. Bár a lézeres direktírási technika itt is alkalmazható (erre az iparban ténylegesen találunk is példákat), a módszer alkalmazásához szükséges gázkeverékek nem igazán barátságosak, mind munka-, mind környezetvédelmi szempontból komoly problémát jelentenek. Egyszerű megoldást kínál a *lézeres vékonyréteg-átmásolás* (az irodalomban Laser Induced Forward Transfer = LIFT) elnevezett eljárás (7,8), amely úgy működik, mint ahogy az indigópapírral másolatot készítünk (10. ábra). Egy – az alkalmazott lézer hullámhosszán átlátszó hordozón lévő vékonyrétegből egyetlen impulzussal végrehajtott ablációval kivágjuk az elkészítendő alakzatot, és a felszínről eltávolított anyagot felfogjuk azon a felületen, ahol arra szükség van.



10. ábra. A lézeres vékonyréteg-átmásolás elve

Bár az elv nagyon egyszerű, a maszktechnológia követelményeinek megfelelő másolatok létrehozása egyáltalán nem triviális feladat. Mind a megfelelő hordozó-fémréteg páros megválasztása, mind a megmunkáló lézerrimpulzus energiájának, hosszának és időbeli lefutásának optimalizálása hosszú kísérleti munka eredménye. Króm rétegből kiindulva például nem sikerült egybefüggő másolatot létrehozni, mert a króm olyan jól tapad az üveg hordozóra, hogy képtelenség egy darabban eltávolítani a felületről. Áttörést jelentett annak kimutatása, hogy üveg hordozón lévő, néhány száz nanométer vastag fém (vanádium, volfrám, titán, ón,...) filmekből akár milliméteres foltokat is tökéletesen el lehet távolítani, ha a megmunkáló (egyetlen) lézerrimpulzus energiája olyan (kicsi), hogy az anyag *szilárd* állapotban távozik. Problémát az okozott, hogy a nanoszekundumos impulzusokkal átmásolt mintázatok nem tapadtak megfelelően a megmintázni kívánt felülethez. Ennek az volt az oka, hogy az igen vékony réteg landolás után gyorsan kihűlt. Hogy ezt elkerüljük, a lézeres energiaközlés időtartamát olyan hosszúra megnyújtottuk, hogy az ne csak az ablációt hajtsa végre, hanem a megtapadáshoz is elegendő idő álljon rendelkezésre.

A legjobb eredményeket néhány száz nm vastag volfrám vékonyrétegek átmásolásánál kaptuk, néhány száz mikroszekundum félértéksszélességű lézerrimpulzusok alkalmazásával. A 11. ábra meggyőzően igazolja a módszer teljesítőképességét.



11. ábra. 100 nm vastag volfrám vékonyréteg lézeres átmásolása: a kiindulási fémrétegen keletkező lyuk (a) és a másolat (b) pásztázó elektronmikroszkópos felvétele. Az impulzus hossza 1 ms, maximális teljesítménye 64 mW.

A megvalósított berendezés lelke egy számítógéppel elektronikusan vezérelt, diódapumpált Nd:YAG (DPY 321) lézert, amely kb. 20 μ s minimális impulzusszélesség mellett, bármilyen előre programozott alakú és idejű impulzus előállítására képes. A lézer csúcsteljesítménye a megmunkálandó felületen kb. 430 mW. A másolás folyamatának megértéséhez, ill. optimalizálásához persze messze nem volt elegendő csupán a végállapot mégoly alapos vizsgálata. A részfolyamatok feltérképezése, ezek jellemző időtartamának megismerése érdekében a lézer fényének a megvilágított felület által áteresztett, ill. visszavert részét fotodiódák detektálták, és az időben bontott információt egy digitalizáló tároló oszcilloszkópon keresztül ugyancsak a számítógép dolgozta fel. Az idő függvényében regisztrált reflexió- és transzmisszióadatok kiértékelése alapján megállapítottuk (8), hogy az anyagátmásolási folyamat egyes lépései jól definiált küszöbhőmérsékleteknél kezdődnek, tekintet nélkül a lézerrimpulzus ezen pillanatot megelőző részének alakjára, továbbá, hogy a lézerrimpulzus további része az, amelynek megfelelő programozásával olyan másolási körülményeket és lokális hőkezelést biztosíthatunk, amelynek révén kialakul az átmásolt alakzat kitűnő tapadása. Míg a nanoszekundumos impulzusokkal kiváltott átmásolási folyamatok esetében időben világosan különválnak az eltávolítás, a transzfer és a megtapadás szigorú egymásutánja, a néhány száz μ s-os impulzusoknál a folyamat lényege az, hogy a hordozó és a megmintázni kívánt szubsztrát hőtágulása miatt a két felület lokálisan egymásba nyomódik, optimális körülmények között a szó szoros értelmében felkenve a fém filmet a szubsztrátra.

Egy gondolatsor erejéig visszatérve a másolás első lépésére, az ablációra: A vékony-rétegek technológiai alkalmazásai során a rétegek precíz, nagy hatásfokú mintázása legalább olyan fontos, mint a megfelelő minőségű film előállítása. Az (impulzuslézeres) abláció ma már jól bevezetett technika, amely a legkülönbözőbb anyagok lokális eltávolítására alkalmas. Azokban az esetekben, amelyekben az abláció termikus (elgőzölögtetés), a folyamatot az eltávolítandó anyag hőtani és optikai tulajdonságai határozzák meg. Fontos szegedi eredmény annak a triviálisnak tűnő, a felhasználók körében mégsem tudatosult effektusnak a demonstrálása, hogy míg homogén tömbanyagok ablációjánál az egymás utáni lézerpulzusok által kiváltott abláció körülményei mindaddig változatlanok, amíg a megmaradó anyag vastagsága a hődiffúziós hosszánál kisebbre nem csökken, következőképp az ablációs karakterisztikák lövésszámtól függetlenek lesznek; hordozón lévő vékonyrétegek ablációja esetén óvatosabbnak kell lennünk: a hődiffúziós hosszánál vékonyabb filmek ablációjánál az ablációs tulajdonságokat a film és a szubsztrát termikus paraméterei együttesen határozzák meg, amelyek a vastagság függvényében lövésről lövésre változnak. Ez a felismerés megadja számos, látszólag meglepő, technológiai szempontból ugyanakkor fontos jelenség magyarázatát. Ilyen például az, hogy nemcsak vékony fém, hanem átlátszó SnO_2 és ITO rétegek is eltávolíthatók üveg szubsztrátokról szilárd állapotban (9,10).

2.3. Kitekintés

Amint az a publikációk jegyzékéből is látható, a lézeres direktírásra, illetve átmásolásra vonatkozó eredmények az 1990-es évek közepéről datálódnak. Azóta immár sokadszor vagyunk tanúi e technikák újrafelfedezésének, újabb és újabb területeken történő alkalmazásának. Douglas B. Chrisey és munkatársai (Naval Research Laboratory, Washington D.C.) például ma már a legkülönbözőbb szervetlen és szerves anyagokból készítenek mintázatokat és működő eszközöket a lézeres direktírás és átmásolás kombinálásával. Örömmel nyugtázzuk, hogy közleményeikben és előadásaikban nem mulasztják el megemlíteni a szegedi csoport megalapozó eredményeit.

Köszönetnyilvánítás

Kutatómunkánkat a T014951, F020814, F021022 sz. OTKA, és az FKFP-1239/1997 szerződések támogatták.

A témakörben született reprezentatív közlemények

- 1 G.Q. Zhang – T. Szörényi D. – Bäuerle: Kr^+ laser-induced chemical vapor deposition of W, J. Appl. Phys., **62**, 673-675 /1987/
- 2 K. Bali – Zs. Geretovszky – A.L. Tóth and T. Szörényi: The Effect of Process Parameters on O/Mo Ratio in Laser Deposition of Molybdenum Oxides from Aqueous Solutions, Appl. Surf. Sci. **86** 500-503 /1995/.
- 3 Zs. Geretovszky – L. Kelemen – K. Bali and T. Szörényi: Kinetic Model for Scanning Laser Induced Deposition from Liquid Phase, Appl. Surf. Sci. **86** 494-499 /1995/.
- 4 T. Szörényi – Zs. Geretovszky – J. Tóth – A. Simon, and Cs. Cserhádi: Laser direct writing of tin oxide patterns, Vacuum, **50**, (3-4) 327-329 /1998/
- 5 K. Bali – T. Szörényi – M.R. Brook, and G.A. Shafeev: High Speed Laser Writing of Gold Lines from Organic Solutions, Appl. Surf. Sci., **69**, 75-78 /1993/

- 6 Z. Kántor and L. D. Laude: Dynamics of Laser-Induced Synthesis of ZnSe, J. Appl. Phys. **80** 662 /1996/.
- 7 Z. Kántor – Z. Tóth and T. Szörényi: Metal Pattern Deposition by Laser-Induced Forward Transfer, Appl. Surf. Sci. **86** 196 /1995/.
- 8 Z. Kántor and T. Szörényi: Dynamics of long-pulse laser transfer of micrometer-sized metal patterns as followed by time-resolved measurements of reflectivity and transmittance, J. Appl. Phys., **78** 2775 /1995/.
- 9 T. Szörényi – Z. Kántor, and L.D. Laude: Unusual features of laser ablation of supported thin films, in Laser Materials Processing: Industrial and Microelectronics Applications, Proc. SPIE 2207, p. 590 /1994/
- 10 T. Szörényi – Z. Kántor and L.D. Laude: Atypical Characteristics of KrF Excimer Laser Ablation of Indium-Tin Oxide Films, Appl. Surf. Sci. **86**, 219-222 /1995/

3. Polimerek excimer lézeres felületkémiái módosítása

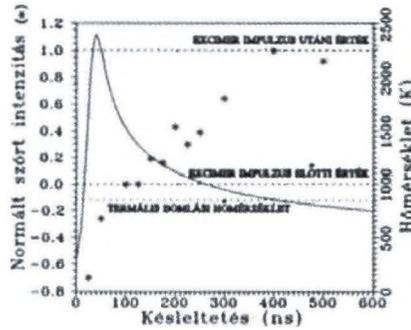
Sokáig úgy tűnt, hogy a műanyagok, igen kötött molekuláris felépítésük következményeként, csak mint szigetelők alkalmazhatók az elektronikában. 1977-ben azonban felfedezték, hogy ha a poliacetilén egyik változatához – gyártása során – jódot adalékolnak, vezetőképessége több mint egymilliószorosára is megnövekedhet. E megfigyelés a polimerek vezetőképességének növelését célzó kísérletek sorát indította el. Az elképzelés az volt, hogy megfelelő adalékok gyártáskori hozzáadásával vagy felületkémiái módosító eljárásokkal meg lehet változtatni egyes polimerek vezetővé tételét, s így rugalmas és viszonylag könnyen megmunkálható, ugyanakkor a fémekhez hasonló elektromos tulajdonságokkal rendelkező anyagokat kaphatunk. Azóta kiderült, hogy számos polimer potenciális jelöltje lehet jövőbeni elektronikai fejlesztéseknek, forradalmian új alkalmazási lehetőségeknek. Az MTA Lézerfizikai Kutatócsoportjában Hopp Béla és munkatársai két, az elektronikai fejlesztések szempontjából fontos polimer típus, a poliimid és a politetrafluoroetilén (Teflon) excimer lézeres besugárzás hatására létrejövő felületkémiái változását vizsgálták, különös tekintettel a lehetséges alkalmazásokra.

3.1. Poliimid fólia felületén excimer lézeres besugárzás hatására bekövetkező vezetőképesség-növekedés vizsgálata

A poliimiddel (PI) kapcsolatos korábbi kísérletek kimutatták, hogy felületi elektromos vezetőképessége akár 18 nagyságrenddel is megnőhet az UV lézeres besugárzás hatására a felületen keletkező szénszemcsékből álló réteg következtében (1, 2). Ez azért volt lényeges megfigyelés, mivel elképzelhető, hogy ezzel az igen olcsón, könnyen előállítható polimerrel egyes területeken helyettesíteni lehet majd az elektronikai iparban használt alapanyagokat, mely jelentősen csökkentené az egyes elektronikai elemek előállításának költségeit, s ezen keresztül a piaci árakat. A fentiekben leírt jelenség akkor következik be, ha az alkalmazott energiasűrűség (F) elegendően magas ahhoz, hogy a poliimid molekulák termális bomlása bekövetkezzék ($F > 20 \text{ mJ/cm}^2$), de ahhoz alacsony, hogy számottevő anyageltávozás (abláció) lépjen fel ($F < 50 \text{ mJ/cm}^2$). Mivel a kialakuló szénszemcsék térbeli eloszlása véletlenszerű, az általuk eredményezett vezetőképesség-változás kiválóan leírható háromdimenziós perkolációs modellel (1, 2). Transzmissziós elektronmikroszkópos felvételek azt mutatják, hogy a vezető réteg 50 nm-nél kisebb átmérőjű szénszemcsékből áll. Ezek sűrűsége impulzusról impulzusra növekszik (a megfelelő energiasűrűség tartományban). A Szegeden végzett fényszórásos vizsgálatok kimutatták, hogy amikor csak néhány szénkristály van a fe-

lületen, szórásuk nem jelentős. Több excimer impulzus után ezek száma jelentősen megnő, véletlenszerű elhelyezkedésük során egymáshoz kapcsolódhatnak, láncokat, ún. klasztereket alkothatnak. Ezzel egyrészt megnő a szórócentrumok száma, másrészt nagyobb méretűek is megjelennek a rétegben. A szórt fény intenzitásváltozása tehát számot ad a felületen kialakuló szénszemcse-réteg állapotáról, főbb jellemzőiről, kialakulási folyamatairól.

A vezetőképesség-növelő szénréteg kialakulási folyamatának dinamikai vizsgálata során használt ArF excimer lézernyaláb ($\lambda=193$ nm, FWHM=14 ns) leghomogénabb részét kivágtuk egy 3 mm átmérőjű apertúrával. Ezt képeztük le 1:1 arányban egy kvarc hordozón lévő 0.8 μm vastag poliimid mintára. Az energiasűrűség értéket 30–35 mJ/cm^2 -re állítottuk be, mivel korábbi vizsgálataink azt bizonyították, hogy ez az optimális érték a rétegnövekedés szempontjából. Próbanyalábként egy, az excimer lézerhez képest elektromosan késleltetett nitrogén lézer által gerjesztett Coumarin 47-es ($\lambda=461$ nm) festéklézert használtunk. A kísérlet során a transzmittált szórt fény intenzitását mértük az idő függvényében, mivel ennek változása szorosan összefügg a felület struktúrájának módosulásával, a felületen képződő szénszemcsék számával, méretével és kialakulásuk folyamatával. Az 12. ábra mutatja a kapott normált szórt intenzitás-változásokat a késleltetés függvényében.



12. ábra A normált szórt intenzitásváltozás és a minta felületi rétegének hőmérséklete a késleltetés függvényében

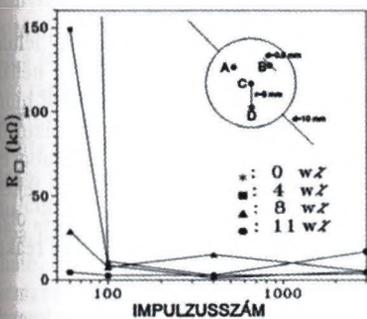
Az 1,0 érték azt a változásnagyságot jelenti, amely egyenlő a besugárzási időhöz képest végtelen idő múlva mérttel. Kezdetben a szórás változás negatív, azaz a szórt intenzitás csökken. Ennek oka feltehetően a besugárzott felületi réteg transziens törésmutató változása. 150 ns múlva a szórás változása pozitívvá válik, s 400 ns elteltével eléri végső értékét. Ebből arra következtettünk, hogy a felületi szénréteg kialakulása a 150–400 ns-os tartományon történik meg. Az 12. ábrán feltüntettük még a besugárzott poliimid felület 50 nm vastag rétegére vonatkozó hőmérsékleti számításaink eredményét is. Nyilvánvaló, hogy a szórást okozó szénszemcsék összekapcsolódása csak akkor fejeződhet be, ha a besugárzott felület hőmérséklete már a termális bomlási küszöb alá hűl, amely 350–400 ns környékén következik be, jó egyezésben a szórás változás időbontásos vizsgálata során tapasztaltakkal.

A szénréteg kialakulási folyamata a fenti eredmények alapján a következő: a megfelelő energiasűrűség tartományon az UV fotonok, beérkezve a poliimid minta felületére, fotokémiai és termális úton kötéseket szakítanak szét. A kisebb tömegű, atomszámú részek (szinte kizárólag csak gázok), amelyek nagyrészt nitrogént, oxigént tartalmaznak, elhagyják a besugárzott réteget, míg a visszamaradt szénatom-csoportok a megolvadás, áramlások következtében összetalálkoznak, láncokká kapcsolódnak, lehűlve vezető réteget hoznak létre (3).

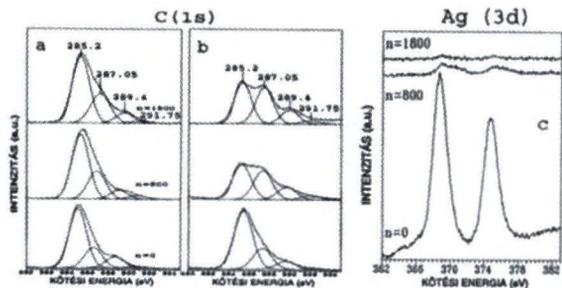
Felmerült annak a lehetősége, hogy a poliimid vezetőképségének növekedését tovább lehetne fokozni szerves ezüstös molekulák gyártás közbeni beoldásával. A kérdés alapos vizsgálatára hármass kooperációban került sor. A normál és szerves ezüstóval szennyezett poliimid filmeket a Budapesti Műszaki Egyetem Műanyag és Gumiipari Tanszékén Dr. Mudra István állította elő. Négyféle minta készült: 0, 4, 8, és 11 tömegszázaléknyi ezüstó tartalommal. Az excimer lézeres besugárzás Szegeden történt. Azt vizsgáltuk, hogyan függ a kezelt területek négyzetes ellenállása a lövésszámtól és az adalékolástól. Az ellenállás méréseket Szilassi Zoltán végezte a BME Elektronikai Eszközök Tanszékén, ún. négypontos eljárással (13. ábra inzert). A mérőpontok rézréteg vákuum-párolgatásával készültek, és a mérés során NiCr fejú mérőtűket alkalmaztak. A pontok közül kettő konstans feszültséggel gerjesztették, míg a másik kettőn eső feszültség egyszer üresjáratban, egyszer pedig 100 kΩ-os ellenállással volt terhelve. Az így kapott két feszültségértékből számolható a két kimeneti pont (A,B) közti abszolút ellenállás és ebből az átfolyó áram, illetve a négyzetes ellenállás:

$$R_{A,B} = \left(\frac{U(0)}{U(R_t)} - 1 \right) * R_t - R_- = 453 * \frac{U_{be}}{U_{m,rt}} \cdot \frac{1}{R_{A,B}}$$

A mintákat 60, 100, 400, illetve 3000 impulzussal sugároztuk be. A normál poliimiddel elentétben az adalékolt minták négyzetes ellenállás értékei már 60 impulzus után jelentősen lecsökkentek, a 100. lövés után viszont már nem volt köztük számottevő eltérés (13. ábra). Ebből az a következtettünk, hogy az ezüstóval való szennyezés a fenti kísérleti feltételek mellett nem eredményez nagyobb ellenállás-csökkenést, mint amilyen a normál mintánál elérhető, viszont ez az érték kevesebb impulzussal való besugárzás hatására megkapható, azaz az adalékolás elősegíti összefüggő szénréteg mielőbbi kialakulását.



13. ábra. Az excimer lézer által besugárzott felületek négyzetes ellenállásának impulzusszám és ezüstó koncentráció függése



14. ábra. A kezelt területek XPS spektrumai

A felületi réteg kémiai tulajdonságai megváltozásának detektálására röntgen fotoelektron spektroszkópiás (XPS) vizsgálatokat végeztünk a normál és a maximálisan adalékolt mintán 0, 800, illetve 1800 impulzussal történt besugárzás után. A felületi réteg szén, nitrogén és ezüst tartalmának változását követtük nyomon. A 14. ábra ízelítőt ad a mérési eredményekből. Jelentős eltérés van a kétféle minta kezelt részében levő szénvegyületek mennyiségi megoszlásában. A 285,2 eV-os csúcsnak megfelelő benzolgyűrűben lévő aromás szénatomok száma relatíve kevesebb, míg a 287,05 eV-os és a 289,4 eV-os csúcsoknak megfelelő oxigénhez vagy nitrogénhez szigma kötéssel kapcsolódó és az imid csoportokban lévő karbonil

szénatomoké relatíve több a kezelt adalékolt mintában. A π - π^* átmenetnek megfelelő 291,75 eV-os csúcsok között nincs számottevő különbség (14. a, b. ábra). A nitrogéntartalomban nem találtunk jelentős eltérést. Annál nagyobb a különbség az ezüsttartalom változásában. A szennyezett fólia besugárzott rétegének ezüsttartalma a kezelés hatására gyakorlatilag nullára csökkent (14. c. ábra). Ennek két oka lehet: az abláció hatására az ezüsttartalmú fragmentek elhagyják a felületet, vagy a megolvadt polimer-réteg aljára süllyednek.

Az XPS mérések eredményei alapján kijelenthető, hogy az ezüstsóval adalékolt minta kezelése során a benzolgyűrűk felbontása nagyobb hatékonysággal történt, mint a szennyeztelen minta esetében, ami azt jelenti, hogy a vezetésben szerepet játszó szabad szénatomok száma is nagyobb lehet az első esetben. Az is kiderült, hogy a várakozással ellentétben az ezüst atomoknak nincs közvetlen szerepük a vezetőképesség növekedésében.

3.2. Excimer lézeres besugárzás hatására bekövetkező felületkémiiai változások politetrafluoroetilén (PTFE) mintán

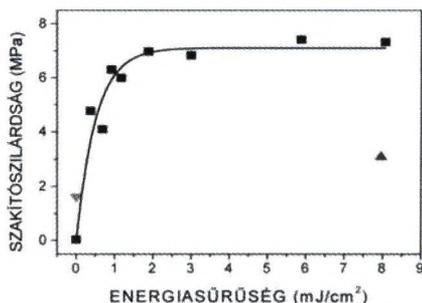
A politetrafluoroetilén (PTFE), vagy hétköznapi nevén Teflon számos olyan kiváló fizikai és kémiai tulajdonsággal rendelkezik, amelyek nélkülözhetetlenné teszik sok, már jelenleg is elterjedt technológiában, illetve lehetővé teszik alkalmazási lehetőségeinek jövőbeli bővítését. Egyik legfontosabb felhasználója az elektronikai ipar lehet, mivel a Teflon fajlagos ellenállása 150 °C-ig alig függ a hőmérséklettől, felületi ellenállása még 100% relatív nedveségtartalom mellett sem csökken 10^{12} Ohm alá, relatív dielektromos állandója az 50–1010 Hz közötti tartományban közel állandó és 250 °C-ig a hőmérséklettől is csak igen kis mértékben függ. A PTFE a legmagasabb jóságú osztályba sorolható mind a kúszóáram, mind pedig az ívfényállóság szempontjából (4). Néhány technikai alkalmazás a Teflon igen alacsony sűrűlódási tényezőjét (0,04 acélon) használja ki. A napelem-technológiában magas hőmérsékleti stabilitása és nagyfokú időjárás-állósága miatt kedvelt anyag.

A Teflon legközismertebb tulajdonsága: adhéziós viselkedése. Mivel igen alacsony felületi energiával rendelkezik, nem nedvesíthető szinte semmilyen folyadékkal (kivéve néhány perfluorozott hidrokARBONT) és nem is ragasztható. Mindez azt jelenti, hogy a PTFE hidrofób és oleofób egyszerre. Ezek a tulajdonságok széles körű alkalmazási területet biztosítanak, ugyanakkor komoly problémát jelentenek, ha egy Teflonból készült munkadarabot egy másikhoz kell kötni, vagy felületkezelést kell alkalmazni. A Szegeden végzett kutató-fejlesztő munka alapötlete az volt, hogy ha a PTFE fóliát excimer lézerral besugározzuk, olyan fotoindukált reakciókat idézhetünk elő a Teflon és a felülettel érintkező folyékony reakcióanyag molekulái között, amelyek felületkémiiai változásokat eredményeznek.

A PTFE minta besugárzását egy ArF excimer lézerral végeztük. A Teflon filmet egy kvarclemeze helyezettük, amelyet egy eltolóra rögzítettünk. A mintára csepegtettük rá a folyékony fotoreagenst, a 98%-os 1,2-diaminoetánt. A PTFE és a reakcióanyag határfelületét alulról a kvarclemezen és a fólián keresztül világítottuk meg az UV nyalábbal (15. ábrát ld. a színes mellékletben). Az energiasűrűség a minta alján $0,82 \text{ mJ/cm}^2$ volt, ami a határfelületen (a fólia abszorpciója miatt) $0,40 \text{ mJ/cm}^2$ -t jelentett. Mivel az 1,2-diaminoetán nem nedvesítette a felületet, szétterítésére és a kezelendő területen tartására egy acél rácsot használtunk.

Annak demonstrálására, hogy az így kezelt, kémiailag módosított felület festhetővé tehető, egy mintát maszkon keresztül sugároztunk be, majd belemártottuk Rhodamin-6G festék etilalkoholos oldatába. Kivétel után azokon a területeken, amelyeket ért az UV nyaláb, kialakult a festékfilm, míg a betűkkel kitakart részokról lepergett. Az eredmény az 16. ábrán látható (ld. a színes mellékletben).

A lézerkezelés eredményeként módosított felület nemcsak festhetőnek, hanem fémezhetőnek is bizonyult. Ennél a kísérletnél a PTFE fóliát egy hatszöges acél maszkon keresztül sugároztuk be 960 UV impulzussal. Ezután a hagyományos ezüsttükör módszert alkalmaztuk, azaz $0,03 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú AgNO_3 és K-Na-tartarát oldatokból csöp-penttünk egy-egy cseppet a besugárzott mintára. A 17. ábra mutatja a bevont Teflonról készített fényképet (ld. a színes mellékletben). A kezelt területekre lerakódott ezüstréteg igen stabilnak bizonyult, sem töréssel sem ultrahangos tisztítással nem lehetett eltávolítani.



18. ábra. A szakítószilárdság az alkalmazott energiasűrűség függvényében. A négyzettel jelölt mérési pontok az 1,2 diaminoetánnal kezelt minták, a talpon álló háromszög az 1,2 diaminoetán nélküli kezelt minta, a hegyén álló háromszög pedig a Loctite 406-tal ragasztott Teflon minta szakítószilárdsága.

Egy szimpla, kezeletlen Teflon fólia ragasztása gyakorlatilag lehetetlen. Megvizsgáltuk, mennyiben lehet ezen a gyakran hátrányos tulajdonságon javítani a fenti felületkémiai módosító eljárással. Ebben az esetben a PTFE minták mindkét oldalát kezeltük. A tisztítás után a fóliákat két, 1cm átmérőjű plexi rúd közé ragasztottuk két komponensű UV Rapid epoxi ragasztóval. Három napos kötési időtartam után a mintákat szakítógépbe helyeztük, s lemértük a ragasztás erősségét, azaz azt az erőt, melynél a Teflon fólia valamelyik oldalát elengedte a ragasztó. A 18. ábra mutatja a felületegységre vonatkoztatott szakítószilárdság értékeket a kezelési energiasűrűség függvényében. Látható, hogy a szakítószilárdság már kb. 2 mJ/cm^2 -es energiasűrűség-értéknél eléri a kb. 7 MPa-os maximumot. Megfigyelhető továbbá, hogy reakcióanyag jelenlétében a minta ragaszthatósága jelentősen javult, illetve az is látható, hogy az általunk kidolgozott eljárás jobb tapadást biztosít, mint az univerzálisnak jellemzett ragasztó.

3.3. Referenciák

- 1 P. E. – Dyer J. Sidhu: J. Appl. Phys. 57, (1985)
- 2 Z. Ball – H. M. Phillips – D. L. Callahan – R. Sauerbrey: Phys. Rev. Lett. 73, (1994)
- 3 Z. Ball – B. Hopp – M. Csete – F. Ignácz – B. Rácz – R. Sauerbrey – G. Szabó: Appl. Phys. A 61 (1995)
- 4 E. Banks – B. E. Smart – J. C. Tatlow: Organofluorine chemistry, Plenum Press, New York
- 5 N. J. Pienta in Photoinduced Electron Transfer, Chapter 4.7; Eds.: M. A. Fox, M. Cahnon, Elsevier, Amsterdam (1988)

3.4. A fenti eredményeket tartalmazó publikációk

1. Z. Ball – B. Hopp – M. Csete – F. Ignác – B. Rác – G. Szabó – R. Sauerbrey: „Transient optical properties of excimer laser irradiated polyimide I: Refractive index”, *Appl. Phys. A* 61, 547-551, 1995
2. Z. Ball – B. Hopp – M. Csete – F. Ignác – B. Rác – G. Szabó – R. Sauerbrey: „Transient optical properties of excimer laser irradiated polyimide II: Carbon-cluster scattering”, *Appl. Phys. A* 61, 575-578, 1995
3. Z. Kocsis – Z. Kincses – B. Hopp – G. Ripka – I. Mojzes: „Noise investigation of ultraviolet laser induced grain structure in polyimide films”, *Jurnal of Electronic Materials* 25:3, 1996
4. B. Hopp – Z. Szilassi – K. Révész – Z. Kocsis – I. Mudra: „Excimer laser induced conductivity of silver salt filled polyimide film”; *application Surf. Sci.* 109/110 212-217, 1997
5. K. Révész – B. Hopp – Zs. Bor: „Excimer laser induced surface photochemical reaction of 1,2-diaminoethane with polytetrafluoro-ethylene”, *Langmuir*, 13, 5593-5601, 1997
6. K. Révész B. Hopp Zs. Bor: „Excimer laser induced surface chemical modification of teflon”; *Appl. Surf. Sci.* 109/110 222-236, 1997

Köszönetnyilvánítás

Kutatásainkat támogatták az Országos Tudományos Kutatási Alap (T 034825) és a Nemzeti Kutatási és Fejlesztési Programok (NKFP 3/064/2001).

A MIKROHULLÁMÚ FÉLVEZETŐ ESZKÖZÖK KUTATÁSA ÉS ALKALMAZÁSA AZ MTA MŰSZAKI FIZIKAI KUTATÓINTÉZETÉBEN ÉS A BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEMEN

Mojzes Imre

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
1111 Budapest Goldmann György tér 3.
mojzes@ett.bme.hu

*Amint előrehaladunk az életben mindinkább rájövünk,
hogy a legtrikább bátorság: gondolkodni merni.
Anatole France*

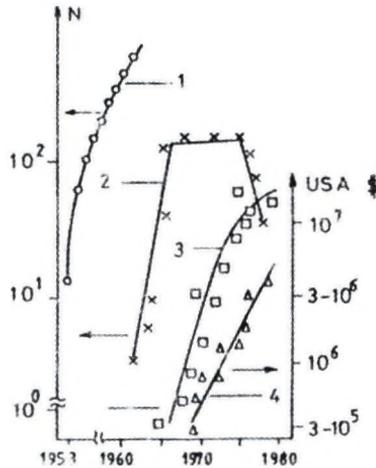
1. Bevezetés

A hazai híradástechnikai ipar készülékeiben folyamatos volt a félvezető eszközök megújítása, így szükségszerű volt, hogy előbb-utóbb felmerül a GaAs-alapú eszközök hazai alkalmazása is. Ez az igény először a hetvenes évek elején a Távközlési Kutató Intézetben Dr. Berceli Tibor által vezetett főosztályon fogalmazódott meg. Ők keresték meg az MTA Műszaki Fizikai Kutatóintézetét (továbbiakban: Intézet), hogy egy Gunn-dióda alaptípust fejlesszenek ki számukra.

Az akkor már Gunn – jelenségnek nevezett szilárdtestfizikai felfedezés nagy népszerűségre tett szert a mikrohullámú konstrukciókban. Ismeretes, hogy ezt a jelenséget J.B. Gunn Egyiptomban született angol fizikus az IBM laboratóriumában 1962–63-as kísérletei során véletlenül fedezte fel. (Megjegyezzük, hogy 1962-ben fedezték fel a félvezető injektált lézert is.) Az egész láncban az azonban nem volt véletlen, hogy ez az IBM laboratóriumában történt, hiszen Gunn hőterheléses kísérletei közben keletkező „zajokat” itt tudták analizálni, s így vették észre, hogy a zajok eredete maga a GaAs hasáb, amelyre impulzus üzemben jelentős elektromos terhelést adtak [Gunn,1963]. A véletlen felfedezésből igen gyorsan üzleti eredményt produkáltak, ezt szemlélteti az 1. ábra.

- 1 – a fizikai tulajdonságokról publikált dolgozatok száma [Madelung, 1964]
- 2 – a Gunn- jelenségről publikált dolgozatok száma
- 3 – MESFET publikációk
- 4 – bevétel az USA-ban Gunn-diódák értékesítéséből

Ez az időszak volt az, amikor igen jelentős erőforrásokat fordítottak a vegyület-félvezetők kutatására, így idézhetjük W.Ostwald szavait, miszerint a felfedező nem mondhatja magának, hogy : ezt akarom felfedezni, hanem saját korának szükségletei írják elő, mit kell cselekednie [Ostwald,1912].



1. ábra. Az AIII-BV vegyület-félvezetők néhány publikációs és üzleti adata [Mojzes, 1980]

2. A GaAs elemek kutatása-fejlesztése és alkalmazásuk az MTA MFKI-ban

A mikrohullámú eszközfejlesztés szakmai bázisa az Intézetben a hatvanas évek eleje óta folyó vegyület-félvezető kutatás volt. Itt elsősorban a lumineszcencia kutatáson volt a hangsúly. Ennek elismerése volt az 1970-ben megrendezett nagy nemzetközi heteroátmenetes konferencia, amelynek eredményeire még manapság is találhatunk hivatkozásokat.

A kutatások indulásakor világos volt, hogy a teljes vertikumot meg kell teremteni, hiszen ezek az eszközök maguk, és a hozzájuk szükséges anyagok is az embargós korlátozások körébe estek. Ez a fajta szemlélet akkor teljesen természetes volt, a hasonló fejlesztések másutt is így indultak.

A munkák a Beleznyai Ferenc vezette Tömbeffektusok Osztályán folytak, a témafelelős Sebestyén Tibor volt. A munka első eredménye egy impulzus üzemű Gunn-dióda kifejlesztése volt, az erről szóló kutatási jelentés 1972-ben készült el. E sorok írója a munkába 1973 júniusában kapcsolódott be, ekkor már a folyamatos üzemű dióda megalkotása volt a cél.

E cél elérésére mindössze 3–4 cm² területű BDH-től vásárolt GaAs epitaxiális szelet és egy a Budapesti Műszaki Egyetemen gyártott párologtató állt rendelkezésünkre. Ezt a párologtatót próbálta *Wohn Béla* és *Nazsa Júlia* üzembe tartani. Készült egy kis ötvöző kályha is, amelyet a GaAs chip tokhoz történő felforrasztására kívántunk használni. Számtalan sikertelen kísérletünk volt.

Magának a gallium-arszenidnek mint anyagnak a kutatása hazánkban a hatvanas években kezdődött. Ennek egyik első eredménye az a Tervtanulmány, amelyet a Fémipari Kutató Intézet készített „Tervtanulmány a GaAs egykristály hazai gyártásának előkészítésére” címmel [Papp, 1966].

A munkát Papp elemér programirányító fogta össze. A tanulmány helyesen állapítja meg, hogy

„A gallium – arsenid gyártás kísérleteinek felvételét elsősorban az a körülmény indokolta, hogy Magyarországon a Fémipari Kutató Intézet munkájának eredményeképpen 1959-től nagyteljesítményű, ma már évi 500 kg-os kapacitású fém gallium üzem műkö-

dik Ajkán, amelynek terméke – a nyugati export lehetőségek visszaszorulása miatt – ez idő szerint feles mennyiségben rendelkezésre áll. A fém minősége – ugyancsak Intézetünk és az ajkai mérnöki és kutató kollektíva erőfeszítésének következtében – eléri a 6N tisztaságot.

Így tehát a gallium tisztítási és vizsgálati tapasztalatok bizonyos előnyt látszottak jelenteni az indulásnál.

Az Egyesült Izzó és Villamossági Rt. számára 1966. július 1-én elkészült és átadott tervdokumentáció körülbelül 3 év munkájának leszűrt tapasztalatait igyekeztek, a fölös és túlhaladott adatok mellőzésével, összefoglalni, a teljes tárgyilagosság szem előtt tartásával. Meg kell említenünk, hogy Intézetünk mindig – az országos érdekek figyelembevételével – igyekezett a híradástechnikai kutató intézetek (!) kooperációját biztosítani az eredményesebb munka érdekében. Ezt célozta az 1965. október 5-én tartott széleskörű értekezlet is. Sajnálattal kell megállapítani, hogy csupán hallomásból értesültünk arról, hogy Magyarországon horizontális olvasztással másutt is végeztek kísérleteket, ezeknek tanulságai, eredményei előttünk ismeretlenek. Ugyancsak – hallomásból – vannak értesüléseink hazai, epitaxiális rendszerű gyártási készülékekről is, amelyeknek eredményei azonban szintén ismeretlenek, így tervtanulmányunkban ezek nem voltak bírálhatók.”

Látható tehát, hogy a tervezdaság „hőskorában” sem sikerült kiszűrni a párhuzamosságokat, holott az erőforrások igazán szűkösek voltak.

Az MTA Műszaki Fizikai Kutatóintézetében a vegyület-félvezető kutatás kiinduló pontja a fényporok kutatása volt. Az itt elsajátított technika tette lehetővé, hogy más félvezető vegyületekkel is meginduljanak a kísérletek.

Az intézet ekkortájt foglalta el új épületét, igen sok volt a fiatal, frissen végzett szakember.

Az intézet látképét a 2. ábra mutatja.



2. ábra. Az MTA MFKI épülete a hetvenes években

A jobb felső sarokban látszik a klímagépház beszívó épülete. Ennek tetején építettük ki a nyolcvanas évek közepén a mikrohullámú bemérő állomást. Az intézeti kutatók anyagi helyzetéről a legbeszédesebben a ház előtti parkoló beszél, látjuk a sok Trabantot, amelyek között ezen a képen nem látszik jelen sorok írójának szintén Trabant márkájú autója.

A GaAs-alapú elemek fejlesztésének teljes vertikumát kiépítettük, az akkori kutatási koncepcióknak megfelelően.

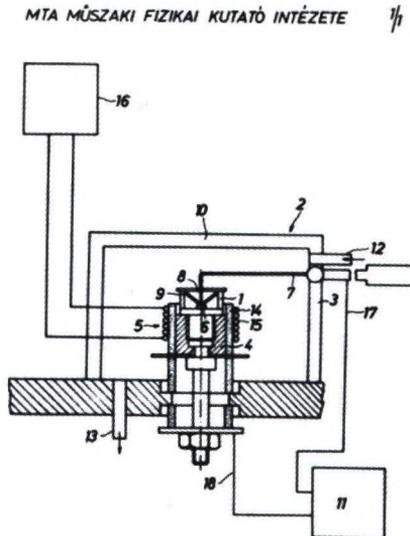
Az alpanyaggyártáshoz szükséges egykristályhúzó beszerzésével kapcsolatban évekig alku- doztunk a lehetséges nyugati szállítókkal. Tekintettel arra, hogy a készülék igen nagy mére- tű volt, a szokásosan alkalmazott beszerzési technikák nem működtek. A szokásos alatt azt kell érteni, hogy egy sampling TEKTRONIX oszcillószkópot, ami 18 GHz-ig mért, egysze- rűen egy autó csomagtartójában csempészték be nekünk. Beszerzéseinkben sokat segített egy akkortájt tengeri hajókon dolgozó zenész is.

Így az eszközfejlesztés az epitaxiális rétegek előállításával kezdődött. Mind a folyadék, mind a gőzfázisú eljárást meghonosítottuk, eredményesebbnek bizonyult a folyadékfázisú eljárás, ez alkalmas volt működőképes Gunn-diódák szeleteinek előállítására, igaz csak kis, 1–2 cm² felületű kristályok esetén. (Bertóti Imre, Kovács Gyöngyvér, Görög Tamás)

A szeletek további megmunkálása fémezéssel folytatódott, ezt András Andorné és Németh Tiborné végezte Spisák János közreműködésével. A litográfiát hagyományos fotolitográ- fiával végeztük el.

A chipek kiszerelésére és tokba forrasztására Barna Árpád javaslatára ő és munkatársai egy igen eredeti módszert dolgoztak ki és szabadalmaztattak [Barna,1977].

Az eljárást a hivatkozott szabadalom ábrájával szemléltetjük.

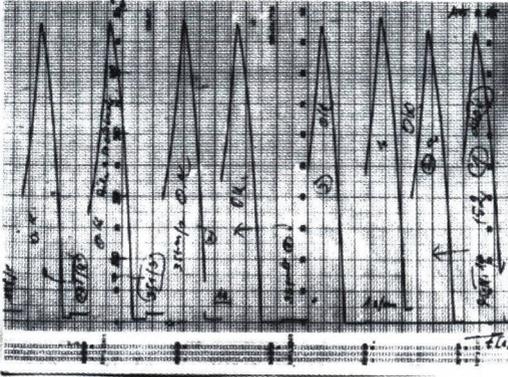


3.ábra. Gunn – diódák előállítása gyors hőkezeléssel

A tokba helyezett chipet egy gyors, kis hőtehetetlenségű kályha segítségével felmelegítjük, az alsó oldalon megolvadó AuGe eutektikum megolvad és a chipet a tokhoz forrasztja. A chip felső oldalán egy wolfram tű segítségével egy előzetesen rögzített aranyhuzalt érintkeztetünk, ami a felső szinten lévő AuGe eutektikus réteg megolvadásakor a chiphez forrasztó- dik.

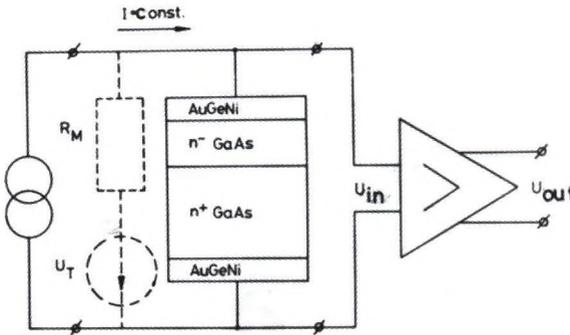
A wolframtű-chip-tok rendszeren egy mérőáramot hajtunk át, így oszcilloszkópon megfigyelhetjük a kialakuló kontaktus tulajdonságait.

Jellegzetes mérés eredményét szemlélteti a 4. ábra



4. ábra. Gunn – dióda kiszerezésére használt hőimpulzusok le- és felfutása

A módszert később továbbfejlesztettük, ekkor a kialakítandó struktúrán konstans mérőáramot vezettünk át és logaritmáló erősítővel regisztráltuk a minta átmeneti ellenállásának függését a hőkezelés alatt. Ezt szemlélteti az 5. ábra

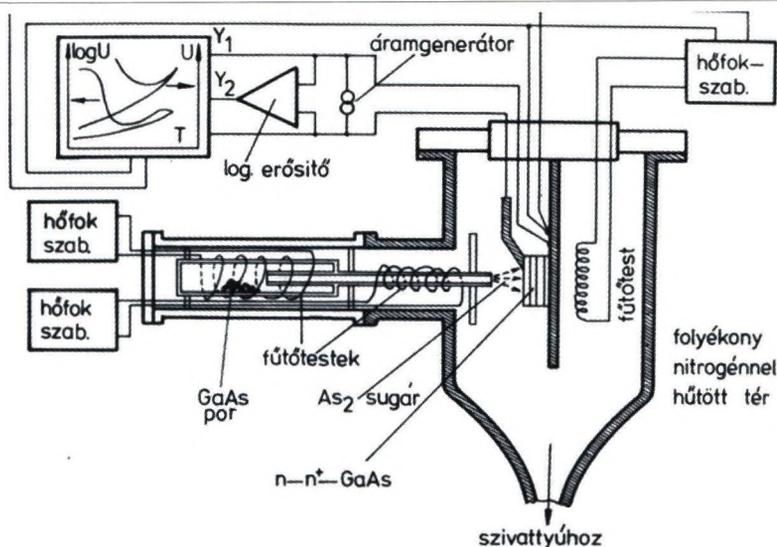


5. ábra. Mérési elrendezés fém – vegyület-félvezető hőkezelés alatti ellenállása mérésére [Mojzes, 1978]

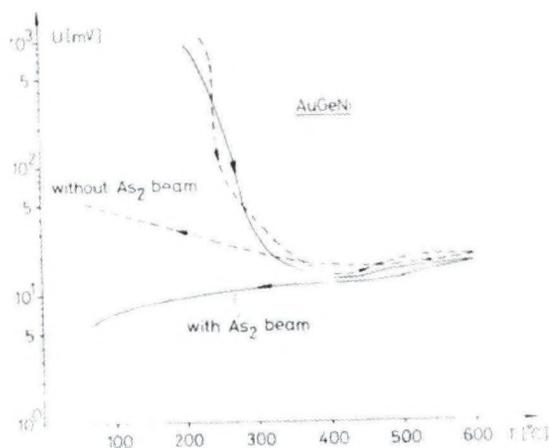
Méréseink során arra a következtetésre jutottunk, hogy a minta hőkezelést követő ellenállás növekedése a mintából a hőkezelés alatt arzén elpárolgása miatt következik be.

Ennek a kipárolgásnak az ellensúlyozására egy, lényegében molekulasugaras epitaxiás berendezést építettünk. Ennek elvi elrendezését mutatja a 6. ábra

A hőkezelés alatt adagolt arzén túlnyomás megszüntette a minta ellenállása növekedését, mint mutatja ezt a 7. ábra.



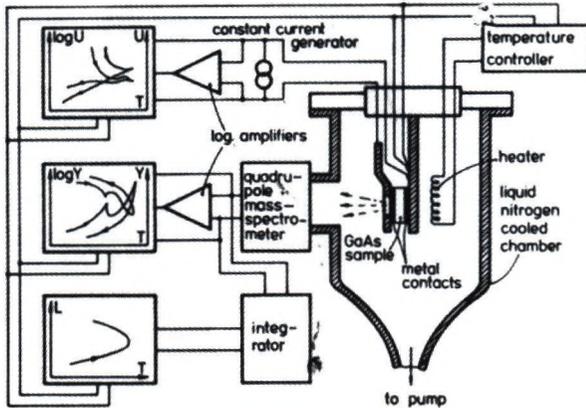
6. ábra. Hőkezelés alatti arzén veszteséget kompenzáló Knudsen-sugaras arzénforrás



7. ábra. A mintán eső feszültség – ami állandó mérőáram esetében az ellenállással arányos – függése a hőkezelés felfűtés alatti hőmérsékletétől arzén sugár nélkül és arzén sugár alkalmazásával

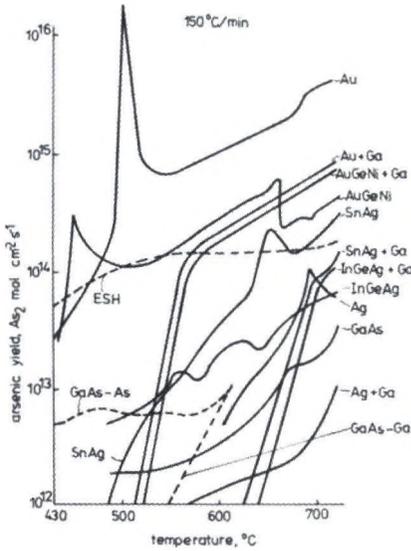
A hőkezelés alatti illékony komponens mérése Sebestyén Tibor kezdeményezésére indult, később iskolateremtő témának bizonyult [Sebestyén, 1976].

A mérési elrendezést mutatja a 8. ábra. A mérés során kombináltuk az illékony komponens mérését a hőkezelés alatti ellenállás méréssel.



8. ábra. Illékony komponens mérése a hőkezelés alatt.
A felfűtési sebesség általában 150 °C/perc volt

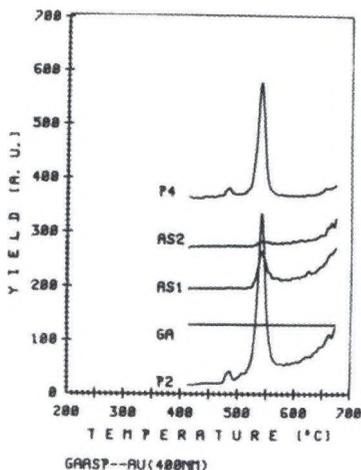
Az elkövetkező időkben igen sokféle fémrendszert vizsgáltunk. Erre mutat példát a 9. ábra



9. ábra. Különböző fém vékonyrétegek által okozott illékony komponens veszteség a hőkezelés felfűtő szakaszában (ESH-empty sample holder, a mintatartó által okozott szennyeződés)

Vizsgálatainkat a továbbiakban más félvezető anyagokra – így InP, GaP, GaSb, InAs, GaAsP, InGaAsP – is kiterjesztettük, elsőként írva le ezen anyagok kölcsönhatását a felületükön elhelyezkedő fém vékonyrétegekkel.

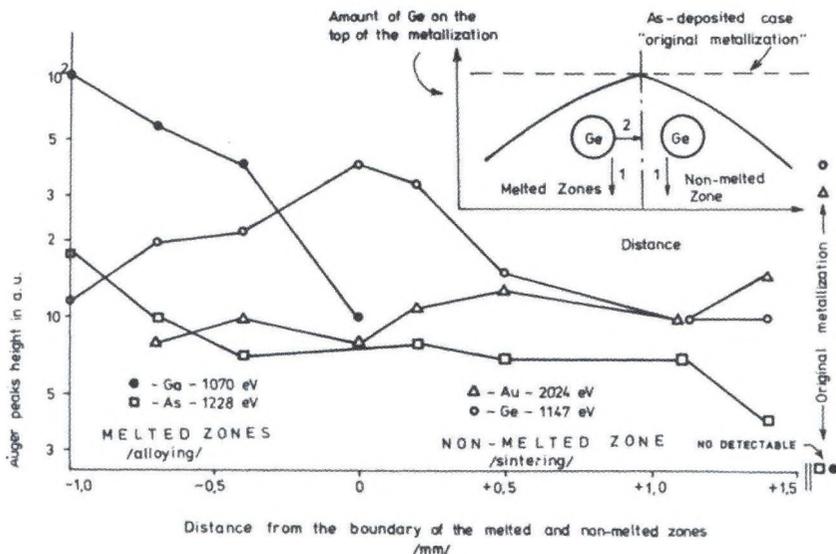
A ternér félvezető vegyületek esetében kétfajta illékony komponens kipárolgását regisztráltuk, mint ezt a 10. ábra mutatja.



10. ábra. GaAsP /Au rendszer kölcsönhatása eredményeképp mind arzén, mind foszfor kipárolgást regisztráltunk

A bemutatott ábra érdekessége, hogy ez volt az első személyi számítógép vezérelt mérés az Intézetben, ahol a mérés vezérlését egy Commodore 64-es számítógép végezte, az eredmények lyukszalagra kerültek rögzítésre. A mérés összeállítását Veresegyházy Róbert kollégámmal végeztük.

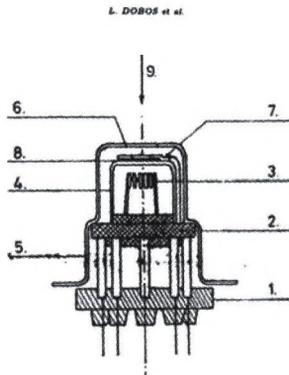
A hőkezeléseket kiterjesztettük a lézeres hőkezelésre is. Ezt a kísérlet sorozatot a Novoszibirszki Félvezető Fizikai Intézettel közösen végeztük. A fémezett minták felületét pásztázó CO₂ lézerrrel melegítettük, s vizsgáltuk a hőkezelés hatására kialakuló anyagtranszportot. Jellegzetes mérés eredményét mutatja a 11. ábra.



11. ábra. Széndioxid lézerral hőkezelt GaAs/AuGe rendszerben bekövetkező anyagtranszport

A fém – vegyület-félvezető kölcsönhatás vizsgálata során figyelmünk az interfész vizsgálatára fordult. Igen eredményesen használtuk az intézetben kifejlesztett keresztvékonyítót. Barna Árpádnak, Pécz Bélának és e sorok írójának sikerült az interfésznél bekövetkező kölcsönhatásokat tisztázni.

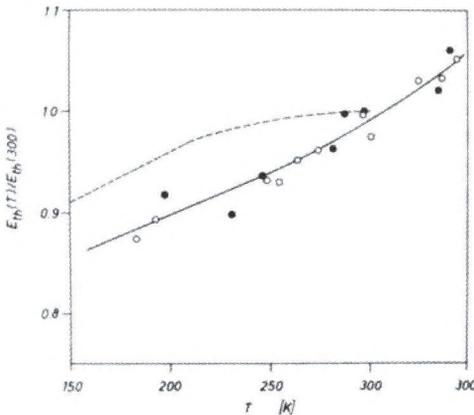
A kísérletek másik iránya a felületi jelenségek vizsgálatára irányult. Erre egy új mérési elrendezést fejlesztettünk ki (Mojzes Imre, Dobos László), amely lehetővé tette, hogy egy pásztázó elektronmikroszkóp munkaterében végezzünk hőkezeléseket, s ennek során a felület képét vizsgáljuk, egyidejűleg regisztrálva a mintáról eltávozó illékony komponens veszteséget. A mikroszkopikus méretű kályha, amelyet a 12. ábra szemléltet, Gubics János keze munkáját dicséri.



12. ábra. Pásztázó elektronmikroszkópban használható kályha képe

Az anyagtudományi kutatásokkal párhuzamosan zajlottak eszközfizikai vizsgálatok is. Így vizsgáltuk a Gunn- jelenség kritikus térerejének hőfokfüggését, amelyet a 13. ábra szemléltet.

A vizsgálatokban Pődör Bálint, Mojzes Imre, Püspöki Sándorné és Balogh Ilona vett részt.



13. ábra. Gunn-jelenség kritikus térerejének hőfokfüggése

Az eredményre igen büszkék vagyunk, mivel az bekerült Sze: Semiconductor Devices című a Wiley kiadónál megjelent alpművébe is.

Az eszközfejlesztésben rutinszerűen alkalmaztuk azt az eljárást, amit Gutai László és Mojzes Imre fejlesztett ki, ez a szögfüggő geometriai mágneses ellenállás- változás mérése volt. Ebben a munkába kapcsolódott be Harmath Péter és Dobos László is.

Az eszközök fejlesztésében ekkortájt három feladat párhuzamos megoldása zajlott:

- Mind nagyobb teljesítményű, egyre magasabb frekvenciájú Gunn – diódák kifejlesztése és kis sorozatú gyártása, melyet jelen sorok írója irányított;
- GaAs alapú Schottky – detektor diódák fejlesztése az X-sávra, ezt a projektet Szentpáli Béla vezette;
- GaAs IMPATT diódák fejlesztése, amit Pődör Bálint vezetett.

Az első két eszközből nyugodtan mondhatjuk, hogy sorozatgyártást valósítottunk meg. Az IMPATT diódák fejlesztése részben a felhasználói igények változása – MESFET felé való orientálódás – részben a témavezető külföldre távozása miatt nem valósult meg.

A diódák sorozatgyártására, elsőik között az akadémiai kutatóhálózatban Szentpáli Béla vezetésével még vállalati (intézeti) gazdasági munkaközösség is alakult Mikrotechnika VGM néven, amely már a piacgazdaság egyik első megnyilvánulása volt. Az eszközök megbízhatósága és egyéb paraméterei még exportot is lehetővé tettek, jelentős mennyiségű diódát szállítva az akkori Német Demokratikus Köztársaságba és Lengyelországba. E feladatok sok esetben szétfeszítették az akkori akadémiai gazdálkodási kereteket, amelyet Horváth István gazdasági igazgatóhelyettes igyekezett mederbe terelni.

A kiszerezelt diódákat mutatja a 14. ábra (ld. a színes mellékletben).

Az így kifejlesztett eszközök választéka később a GaAs varaktor diódákkal bővült, melynek fejlesztését Horváth Zsolt irányította.

Az eszközökhöz saját mérési összeállításokat fejlesztettünk ki a Távközlési Kutató Intézet munkatársaival együttműködve.

A 15. ábra egy Schottky -diódás zajmérő elrendezést mutat (ld. a színes mellékletben).

E szisztematikus fejlesztési koncepció jegyében rendelkezésünkre állt a mikrohullám keltésére alkalmas Gunn – dióda, a detektálásra alkalmas Schottky – dióda, és a jel hangolására alkalmas varaktor dióda. E termékek megszületését jelentős mértékben segítette, hogy sikerült szovjet licencvásárlással egy korszerű, gőzfázisú epitaxiás berendezést és know-how-t vásárolnunk. Ennek telepítésében, honosításában Somogyi Károly vezetésével Gombos Gábor, Hársy Miklós, Gyúró Imre, Nemcsics Ákos, Mészáros István, Varga Szilárd vettek részt. Ennek eredményeképpen rendelkezésünkre állt egy olyan epitaxiás technika, amely lehetővé tette, hogy a teljes innovációs ciklust megvalósítható fejlesztésbe fogjunk. E lehetőségek az akkori KGST-országokban kivételesen jónak számítottak.

Nemzetközi kapcsolataink intenzíven fejlődtek, több KGST – értekezletet, konferenciát rendeztünk. Megkezdtük kiépíteni nyugati kapcsolatainkat is, elsőként a Leeds-i Egyetemmel próbáltuk azokat szerződéses alapra helyezni. Nem sikerült azonban megegyeznünk az egyetem vezetésével a majdan kint dolgozó magyar kollégák által a laboratóriumukban okozott tüzek kártérítésével (!) kapcsolatban, így a szerződés nem került aláírásra.

Bekapcsolódtunk az Interkozmosz – programba is. Mivel az akkori űrállomás a Szoljuz-6 nem rendelkezett elegendően magas hőmérsékletű kristályosító berendezéssel, ezért a Szoljuz-36 űrhajóval felutazó első magyar űrhajós Farkas Bertalan csak az alacsonyabb olvadáspontú GaSb-vel kapcsolatosan végezhetett kísérleteket. Az űrutazásra 1980. május 26-án

június 3. között került sor. A kísérletek megtervezését és földi kivitelezését Lendvay Ödön, Hársy Miklós, Görög Tamás és Gyúró Imre végezték.

Az egyre növekvő tevékenységi kör szükségessé tette a szervezeti keretek módosítását is. Erre 1984-ben került sor, amikor egy igazgatói utasítás létrehozta a Mikrohullámú Eszközök Főosztályát, vezetésével e sorok íróját bízták meg.

Ennek az utasításnak első és utolsó oldalát mutatja a 16. ábra. A nevek felsorolásával azt is szeretnénk jelezni, hogy az itt név szerint is említett kollégáinkon kívül igen sokan fontos szerepet játszottak abban, hogy tevékenységünket ilyen eredményesen művelhessük.

12/83. sz. Igazgatói Utasítás

Melléklet

a Félvezető Főosztály szervezeti módosításáról

A MIKROHULLÁMU ESZKÖZÖK FŐOSZTÁLY személyi állománya

Mb. vezető: Mojses Imre
Major Jánosné

Biró Sándor	Bácsványi Józsefné
Cseh István	Csonka Albertné
Cserecsnyák Veronika	Földesi Jánosné
Dobos László	Garazi Regina
Fogt Ákos	Hertendi Józsefné
Gyúró Imre	Jászberényi István
Kazi Károly	Katona Teréz
Kovács Balázs	Lovicska Lászlóné
Nemcsics Ákos	Oláh Antal
Németh Tibor	Spischák János
Németh Tiborné	Staud Márta
Ponomarenko Jurij	Szabó Éva
Püspöki Sándorné	Szedlacek Zoltánné
Somogyi Károly	+ 1 fő
Szentpáli Béla	
Veresegyházi Róbert	
Tichy-Rács Ádám	segédfő: 14 fő
+1 fő vákuumtechnikai szakember	

kutató: 19 fő

A kutatómunka gazdasági feltételeinek változása Intézetünk tevékenységében jelenleg egyre inkább előtérbe állítja a termék készítést, mint a kutatás végcélját. A félvezető kutatások területén eddigi munkánk eredményeként két olyan súlyponti tevékenység alakult ki, amely az alapkutatástól a végtérkép értékesítéséig terjedő feladatok összehangolt elvégzését igényli:

- 1/ a mikrohullámú átviteltechnikában alkalmazott anyagok, eszközök, szerelvények területe és
- 2/ az optoelektronikai technikában alkalmazott anyagok, eszközök és szerelvények területe.

A termékek előállításával, értékesítésével kapcsolatos új feladatok és a kutató-fejlesztő munka eredményes ellátása érdekében szükségesnek tartom, hogy a két területen folyó munkák hatékonyabb szervezésben, az érintett részlegek tevékenységének szorosabb koordinációjával folyjanak.

E célból a Félvezető Főosztályból 1984. január 1-1 hatállyal két új szervezeti egységet létesítek,

"Mikrohullámú Eszközök Főosztály"

"Félvezető-optikai Főosztály"

ideiglenes elnevezéssel.

M. J. R.

16. ábra. Igazgatói utasítás a Mikrohullámú Eszközök Főosztály létrehozásáról

A mikrohullámú aktív elemek kifejlesztése után hamarosan megindultak az alkalmazás-technikai fejlesztések is. Ebben kezdetben Oláh Antal, majd a fokozatosan belépő Kazi Károly, Kovács Balázs, Tajdi László, Mirk Zoltán és Szendrényi Béla vett részt. A detektor oldali fejlesztéseket Szentpáli Béla és Tichy-Rács Ádám végezte.

Az első alkalmazás-technikai fejlesztési eredmény a beltéri betörésjelző volt. Ezt kísérletképpen az intézeti pénztárban szereltük fel és teszteltük sikeresen. Ennek képe a 17. ábrán látható (ld. a színes mellékletben).

A korabeli alkatrészválaszték és technológia szemléltetésére megmutatjuk a készülék belsejét is, ezt a 18. ábra szemlélteti (ld. a színes mellékletben).

A készülék lelke a DP-1 jelű MFKI gyártmányú Doppler-modul volt, amelyet még külön tápvonal elemekből raktunk össze. A nyomtatott huzalozást ekkor már egy speciális – az Olvasó rögtön kitalálja, hogy – természetesen nyugati importból beszerzett tollal rajzoltuk fel a nyomtatott huzalozású lemez felületére. A tölcserantennát sárgarézlemezről hajlították, majd összeforrasztották. A kivitel Oláh Antal munkáját dicséri.

A betörésjelző azon az elven működött, hogy a detektorként használt szilícium diódán – akkor még nem volt GaAs diódánk, de nem is szükséges ide – a feszültség megváltozik, ha változás áll be a tér eloszlásában. A készüléket az 1977. évi Budapesti Tavasz Vásáron állítottuk ki. Ősi magyar szokás szerint a készülék az utolsó pillanatban készült el, mivel ösztönös Murphy – hívőként már akkor is tudtuk, hogy a feladat kitölti a rendelkezésre álló időt.

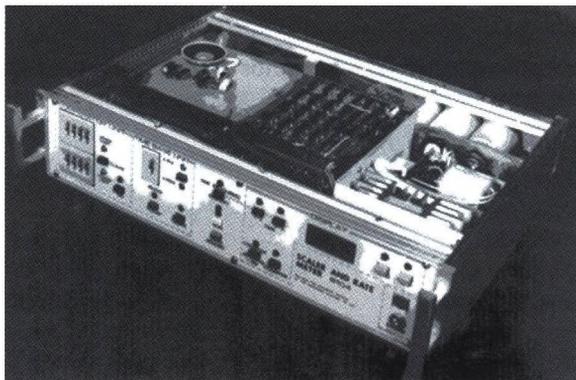
A BNV-n tapasztalt nagy érdeklődés alapján további modul típusokat fejlesztettünk ki. Ezek egy részét mutatja a 19. ábra (ld. a színes mellékletben).

A modulfejlesztésben külön színfoltot jelentett a Műszeripari Kutató Intézet részére kifejlesztett adó- és vevőmodul. A fejlesztés katonai célra készült, így még a tervezett felhasználásról is csak évek múlva értesültünk. Az Intézetben ez volt az első katonai fejlesztési téma. Itt ismertük meg a katonai szabványok örömeit. A fejlesztés gépészeti részét Reisinger György végezte el. Neki volt némi repülőgép tervezői előélete is. Elkészültek az első mikrohullámú modulok, amelyeket rázásra az Egyesült Izzó laboratóriumába vittünk át. Csak kicsit estek szét, mint a vizsgálatot végző kolléga mondta „nem kellett a vizsgálat után semmit sem összesöpörni”.

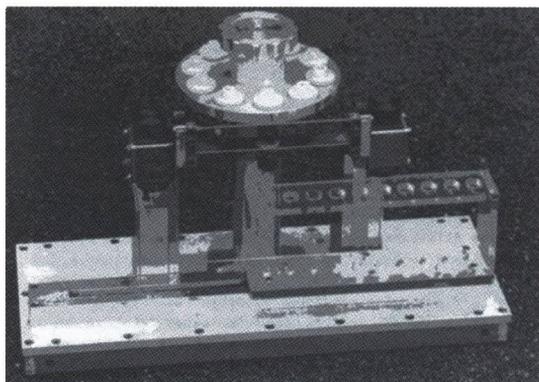
A K+F szerződés szerint gyártási dokumentációt is át kellett adnunk. Napokig színeztük a gépészeti rajzokat kézzel a megmunkálás helyét, pirossal a megtámasztás helyét jelölve (lehet, hogy fordítva....). A termék egyértelmű sikert aratott. Felmerült a sorozatgyártás iránti igény, amit az Ikladi Ipari Műszergyárban valósítottunk meg. E sorok írója ekkor látott először ilyen magas fokú automatizált gyárat, ahol francia licenc alapján villanymotorokat gyártottak, kicsit-nagyot vegyesen. A modul precíziós öntési technológiával készült, korábban hihetetlen nagy darabszámban. Az ikladi kollégák nagyban hozzájárultak ahhoz, hogy elsajátítsuk azt a közös nyelvet, amely lehetővé tette a későbbi ipari kooperációt.

Egyre több ötletünk lett az alkalmazástechnika terén. Megvalósításukban sokat segítettek a személyes kapcsolatok. Így jutottunk el az Országos Kardiológiai Intézetbe, ahol a vér folyékonyságának mérésével foglalkoztak. Rettenetes volt látni a negyvenes, egyébként folyamatosan dohányzó betegeket, akik arra vártak, hogy levágják valamelyik lábukat. Akkoriban jelent meg egy gyógyszerként még nem regisztrált vegyület, amellyel próbálták a vér folyékonyságát növelni, javítandó a keringést. A vér folyékonyságának mérésére egy műszert készítettünk 1981-ben, amely egy szabvány finom szűrőn az időegység alatt átcsepegő vércseppek számát mérte. Nagy siker lett a készülék, egyik példányát Angliába vitték ki. Épp a műszerünkkel elérhető pontosságú mérés azonban kiderítette, hogy a vér előkészítési módszer rossz, így elvetették az egész technikát. A vérmérőnek elnevezett készülék mintatartóját a 20. ábra, a mérőegységet a 21. ábra szemlélteti.

A felnyitott tető bepillantást nyújt az akkori elemkészlet színvonalába. Igen nagyszámú IC kellett ehhez a nem túl bonyolult funkció megvalósításához. A mintatartó tíz minta méréstette lehetővé, a vér a mikrohullámú adó és a vevő között lévő tápvonalon keresztül csepegett le, ezt detektálta vevő.



20. ábra. Vérfolyékonyság mérő készülék



21. ábra. Vérfolyékonyság mérő készülék mintatartója. Egyszerre tíz mintát lehetett betenni, s a mintatartó forgatásával megmérni

Az érzékelési feladatokban fontos állomás volt az úttestbe az aszfalt alá beépíthető járműérzékelő, amelyet a 22. ábra szemléltet (ld. a színes mellékletben).

Üzleti siker azonban a bányászati célú járműérzékelő fejlesztésével értünk el, amelyből még kínai exportra is jutott. Ezt a várpalotai TRONIX Rt.-vel való együttműködésben fejlesztettük ki.

A kidobozolt készüléket szemlélteti a 23. ábra (ld. a színes mellékletben).

Az igazi megmérettetést azonban a Magyar Optikai Művek részére kifejlesztett MK-1 típusú szerelvény jelentette. Legszigorúbb katonai szabványok szerinti megfelelés, viszonylag nagy, közel 700 darabos sorozat jellemezte ezt a termékünket. Az általunk e célra kifejlesztett Gunn-, varaktor, és Schottky -diódák működtek benne, kiegészítve hibrid meghajtó áramkörökkel, amelyet Sonkoly Aurél vezetése mellett fejlesztettek ki a MEV-es kollégák. Szinte az egész főosztályi kollektíva részt vett benne, a finommechanikai alkatrészek Reisinger György és Csányi Ferenc munkái voltak. A szerelvény képét a 24. ábra mutatja (ld. a színes mellékletben).

Maga a távolságmérő is csúcskészüléknek számított, hiszen 70 km-es távolságot mért meg 1 cm-es hibahatáron belül. A MOM részéről fejlesztőpartnerünk Szántó Tamás és Hollai Kornél voltak.

A szerelvényhez automatizált mérőrendszert is építettünk, számítva a tartós termelésre.

A termék igazi siker volt mindkét félnek, sajnos a rendszerváltást követően összeomlott szovjet piaci kapcsolat ezt a témát is eltemette.

A mikrohullámú technikában és az eszköztechnológiában végbemenő fejlődés vizsgálata megmutatta, hogy elengedhetetlen az eszközválaszték megújítása. Ehhez egy javaslatot készítettem, amit a 25. ábra mutat.

udapest, 1982. május

Készítette:

Mojzes Imre
/Mojzes Imre/

JAVASLAT

az OKKFT 4.3.2. program 2. projekt keretében előállítandó MESFET-szerkezetek kidolgozására.

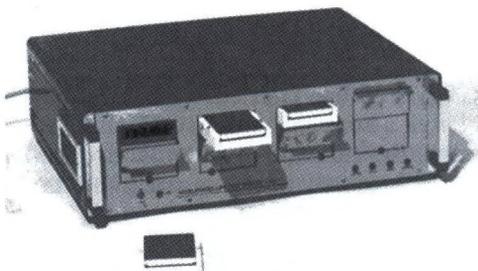
- Tárgy** E javaslat tárgya az, hogy meghatározza a GaAs-alapú MESFET szerkezetek előállításának főbb lépéseit és azok megvalósítási módjait kész, minősített szelvet és a struktúra előállítása és bevizsgálása közti folyamatban.
- Cél** Olyan, később iparszerű módon alkalmazható, technológia kidolgozása, és bevizsgálása, amely alkalmas arra, hogy minősített szelvetből kiszerezett MESFET struktúrákat állítsanak elő. Első lépésben a struktúra előállításának kritériuma a tranzisztor-hatás fellépése, várhatóan néhány GHz frekvencián. A technológia és a konstrukció kidolgozása során előnyben részesítendőek azok a megoldások, amelyek a későbbiekben lehetővé tezik a kifejlesztett tranzisztor-struktúra alkalmazását monolit szilárdtest áramkörökben /lineáris v. digitális/. Az egyes technológiai lépések kiválasztásánál lehetőleg a hazánkban jelenleg rendelkezésre álló technológiai berendezések és ismeretek hasznosítását kell előnyben részesíteni az egyes távlati vagy nemzetközi kooperációk lehetőségei egyidejű megvizsgálása mellett.

25. ábra. MESFET fejlesztési javaslat

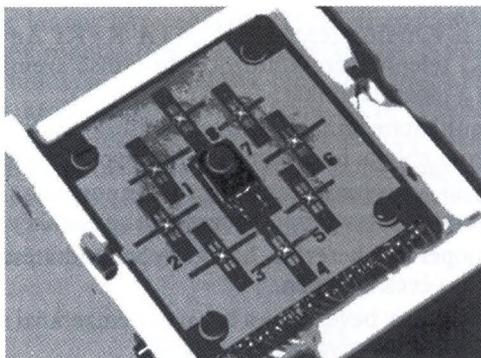
A javaslat alapján elindult a MESFET típusú mikrohullámú tranzisztor fejlesztése. A litográfiában a KFKI Anyagtudományi Kutatóintézetével működtünk közre, itt Vázsonyi Éva és Szabó Imre volt a partnerünk. Szakértőként Gottwald Péter és Nagy András vett részt a projektben. A fejlesztésben jelentős szerepe volt Bíró Sándornak, Kovács Balásznak, Németh Tibornénak, Stubnya Györgynek. A mérési feladatokat Kazi Károly, Tajdi László és Szendrényi Béla látta el.

Az első működő példányok el is készültek 1990 decemberében, azonban a rendszerváltást követően a projekt alapját jelentő központi programot egy hétköznapi délután kapott fax-al azonnali hatállyal leállították.

A Gunn-diódák megbízhatósági vizsgálatainak során szerzett tapasztalatok alapján kezdtünk el foglalkozni egy MESFET tranzisztor tartós terhelését mérő berendezéssel. A vizsgálandó eszközök egy kerámia hordozón vastagréteg technikával kialakított fűthető mintatartóban helyezkednek el. Az ALT-1 típusú készülék egyszerre 4x8 darab kerámia tokozású mikrohullámú MESFET tranzisztor mérésére volt alkalmas. A készüléket a 26. a mintatartó képét a 27. ábra szemlélteti



26. ábra. ALT-1 számítógépezérelt mikrohullámú tranzisztoros élettartam mérő



27. ábra. ALT-1 számítógépezérelt mikrohullámú tranzisztoros élettartam mérő mintatartója

A készüléket a MEV szakembereivel együttműködve fejlesztettük ki.

Másik ígéretes próbálkozásunk a nagyteljesítményű mikrohullámú jelek félvezető technológiai alkalmazásához kötődött. A téma előzménye a fémezett GaAs-szelet lézeres hőkezelése volt. Novoszibirszki kollégákkal együttműködve egy 5 kW-os mikrohullámú hőkezelő berendezést fejlesztettünk ki. Ennek képét mutatja a 28. ábra.



28. ábra. Mikrohullámú hőkezelő berendezés és a kifejlesztést végző szakemberek a készülék 1990. májusi avatásán (b.j. Asz.A. Szokolov, Mojzes Imre, Sz.A. Vasilev, Kovács Balázs)

A készülékben mind fémezett Si, mind fémezett GaAs szeleteket hőkezeltünk, de később sikerrel alkalmazták a készüléket a wolframtechnológiai kutatásokban is.

A kifejlesztett eszközökről angol nyelvű katalógust szerkesztettünk, hiszen ezekből igen jelentős exportot bonyolítottunk le. (29.ábrát ld. a színes mellékletben).

A mikrohullámú technika egyre jobban elterjedt a háztartásokban is. A mikrohullámú sütők megszokott eszközök lettek a konyhákban. A sütők által kisugárzott szórt teljesítmény mérésére a Tamperei Műszaki Egyetemen együttműködve Szentpáli Béla vezetésével egy egyszerű tesztert fejlesztettünk ki, amely a szórt sugárzást mérte, jelezve, ha az a megengedhető érték fölé kerül.

Sajnos, a rendszerváltást követő időszak nem kedvezett a kooperációnak, s így a fejlesztési eredmény nem került gyártásra.

Jelen sorok írója 1991 júniusában pályázat útján tanszékvezető lett a Budapesti Műszaki Egyetemen.

Az MTA Műszaki Fizikai Kutatóintézetet és a MTA KFKI Anyagtudományi Intézetét összevonták, s az a KFKI telephelyére költözött. Az utolsó szemináriumon 1998. március 19-én így összegeztem a tapasztalatokat:

- Köszönöm minden munkatársamnak azt az erőfeszítést, amit befektetett a közös célok elérése érdekében. Bízom abban, hogy értékálló, arányos befektetésnek tartja azt.
- A kidolgozott koncepció – nevezetesen az egységes innovációs lánc megszervezése – bevált, de egyetlen szervezetet, szervezeti egységet sem az örökkévalóságnak hozunk létre.
- A hazai és külföldi kooperáció keresése, hatékony működtetése ma sokkal időszzerűbb, mint volt az a nyolcvanas évek közepén.
- Fiatalok bevonása, betanítása, bevezetése a hazai és nemzetközi szakmai közéletbe olyan dolog, ami meghatározó a kollektíva szempontjából.
- Változtatlanul nem hiszem, hogy helyes az alap és alkalmazott kutatások szervezeti szétválasztása, netán egymás rovására való működtetése.
- Jó emberi kapcsolatok nélkül nincs jó kutatás (sem)...
- A tudományos termelés szerves része a megtermelt javak értékesítése, mivel az az igazán hasznos eredmény, amelyet publikáció, dokumentáció, szabadalom, know-how formájában értékesítenek.

3. A GaAs elemek kutatása-fejlesztésének tudomány – metriai analízise

3.1. Bevezető

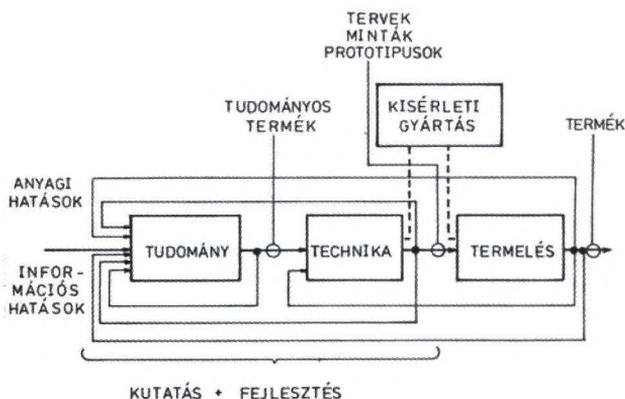
Földünkön többek között a tudomány és technika eloszlása is erős egyenletlenséget mutat, mivel a Föld lakosságának 75%-át kitevő országokban él a világ kutatóinak 3%-a, ezek az országok ráadásul a legelmaradottabbak. Ebből levonható az a következtetés, hogy a világon élő kutatók jelentős része a saját hazájában „jut hozzá” azokhoz a problémákhoz, amelyeket igyekszik megoldani [Toffler,1980]. Szomorú, de tény az is, hogy az ott elért eredmények – a tudomány általános fejlődésén túl – is elsősorban ott hasznosulnak. Az alábbiakban egy alapkutatói „eredmény-csokor” kialakulását és hasznosulását kívánjuk végigkísérni hazai pályán. A kiinduló eredmények alapkutatói felismerések voltak. Ezekhez további ilyen és alkalmazott, ill. fejlesztő jellegű felismerések társultak.

3.2. A vizsgált rendszer

Ez a rendszer esetünkben a tudományos termelés, a tudomány. A tudomány kapcsolatrendszerét a tudomány (S), a technika (T) és a termelés (P) triád vonatkozásában vizsgáljuk.

A triád működését a 30. ábrán bemutatott módon, elrendezésben javasoljuk vizsgálni [Mojzes,1993].

A lánc kiinduló és meghatározó eleme a tudomány. Eredménye a tudományos termék. Ez átkerülve a technikába, ill. technológiába hozza létre azokat a terveket, mintákat (konstrukciókat), prototípusokat, amelyek a termelésben gyártásba kerülhetnek. Gyakran e két láncszem között egy átmeneti formáció létrehozása is szükséges, ez a kísérleti gyártás, ahol a technológiát a tömegtermelés előtt kipróbálják, utána esetleg módosítják. Ez a kísérleti gyártás alkalmas a kidolgozott technológia gazdasági mutatóinak pontosabb, kísérletileg is ellenőrizhető, meghatározására is. A termelési folyamat végén megjelenik a termék. A láncba kétféle típusú visszacsatolást vezetünk be. Az anyagi visszacsatolás eszközök, anyagok formájában történik. Így jönnek létre, például a kísérleti eszközök, berendezések. Igen fontos az információk hatások vonalán jelentkező visszacsatolás. A termelés során – tekintettel a nagy mintaszámra – új tudományos ismeretek jöhetnek létre. Lényeges az új technológiák működtetése során keletkező ismeretek visszaáramlása is. A tudomány-technika-termelés ciklust nem kell egy egyenes vonalú egyirányú láncszemként elképzelni, azaz nem minden termék megy végig minden láncszemen. Kezdjük azzal, hogy egy sor tudományos eredményből elvben sem lesz termék (csillagászati felfedezések, matematika egyes elemei). A tudományos eredmények egy másik részéből az adott időpontban nem lesz termék. Itt tehát egy dinamikus rendszerre kell gondolni.



30. ábra. A tudomány-technika-termelés triád. A szokásostól eltérő a kísérleti gyártás beiktatása [Mojzes,1993]

A folyamatosan keletkező kutatási eredmények egy részéből e cikluson áthaladva – termék lesz. Másrésztől egy termék lehet eredménye több ciklusnak is.

Fontos hangsúlyozni, hogy a lánc elemeinek egyenszilárdságúnak kell lenni. Nem lehet a műszaki fejlesztést kiemelten gyorsítani, ha nem gondoskodunk az alapkutatás fejlesztéséről is. A tudomány eredményeiből adódó minőségi változási lehetőségekkel az adott korszak meghatározott anyagi-műszaki bázisának megfelelő színvonalon tud csak élni.

A társadalomban zajló újratermelésben azonban a termelés szerepe meghatározó. Ezért ebből a szempontból is fontos hangsúlyozni a termelésből a technikához és a tudományhoz vezető visszacsatolást.

A tudomány mennyiségi növekedése új minőségbe ment át, ami a tudomány társadalmasulását eredményezte. Ismeretes, hogy a termelés társadalmiasulása a szabadversenyes kapitalizmus eredménye, míg a tudmánynál ez a folyamat a monopolkapitalizmusban kezdődött J.D.Bernal szerint „a tudomány, mint társadalmi intézmény... viszonylag nem régi jelenség. A tudós hivatása csak a XX. század eleje óta kezd különbözni funkcióiban az olyan patinásabb hivatásoktól, mint a papi vagy a jogászi” [Bernal,1967].

A tudós hivatása tehát a társadalmi munkamegosztás terméke.

A tudomány-technika-termelés lánc a termelés struktúrájára gyakorolt hatást. Ebben a folyamatban az embernek információkat (tudást) is fel kell használnia, ezen az elemen keresztül történik a hasznosulás. Ebben a cserefolyamatban az információra szükség van a célkitűzésben és a célok elérésének folyamában is. Magát az elérés folyamatát az ember állandó ellenőrzés és irányítás mellett hajtja végre. Megjegyezzük még, hogy az egyes tudományágak eltérő mértékben váltak és válnak a termelés részévé. A tudomány hasznosulásának másik útja az, hogy gépeket, szerszámokat hozunk létre, amelyek az ismeretek tárgyasult megjelenési formái. E szerszámok lehetnek makro-, mikro- és nanoméretűek. Tárgyunk szempontjából ez a második változat nem kevésbé fontos, mivel sok új műszer alapja egy-egy új tudományos felismerés.

Így a tudomány belső fejlődéséből és egyéb sajátosságaiból adódik, hogy nehezen vagy egyáltalán nem kezelhető a szokásos közgazdasági kategóriákba szorítva, nehezen is tervezhető. Különösen vonatkozik ez a megtérülésre, hiszen a tudomány minden társadalmi rendszerben támogatást igényel. Találhatóan írja erről J.D. Bernal: „Egy szervezett és egységes tudománytámogatási rendszerrel szemben a következő alapkövetelmények támaszthatók: legyen rugalmas, folyamatos és biztosítsa az állandó és fokozódó mértékű fejlődést. A tudományban minduntalan fellépő előre nem látható jelenségek és a különböző tudományágak közti kölcsönhatások áttekinthetetlen volta miatt minden merev támogatási rendszer igen kis hatékonyságú lesz. Nemcsak a természettudomány egészének, hanem az egyes tudományágaknak az igényei is jelentősen változhatnak rövid idő leforgása alatt. Minden olyan rendszer, amelyik a természettudomány egészének vagy valamely tudományágnak előre merreven megszabott összegű támogatást nyújtana, szükségszerűen problematikus helyzetek kialakulásához és pocsékolásához vezetne. Vagy az következne be, hogy nem állna rendelkezésre pénz az új és fejlődő tudományágak támogatásához, vagy pedig időszakosan felesleges képződnének, ami – figyelembevétel minden kutatóhely megrögzött ellenállását a pénz visszaadásával szemben – szükségszerűen pénzpocsékoláshoz vezetne. A tudomány szükségleteinek jellegzetes változékonysága miatt az államháztartás más területein jól bevált finanszírozási módszerek itt katasztrofálisaknak bizonyulhatnak...” [Bernal,1967].

A tudomány-technika-termelés triád szokásos kapcsolatától eltérően, a 30. ábrán bemutatott módon jelöltük meg a kísérleti gyártást, mint egy lehetséges közvetítőt a K + F szféra és a termelés között. Ennek a tevékenységnek az lenne az egyik feladata, hogy az iparihoz közeli méretekben ellenőrizzék a kutatók elképzeléseik helyességét, másrésztől a gazdasági társaság – mint átvevő – ellenőrizze a bevezetendő gyártmány és gyártás műszaki-gazdasági jellemzőit.

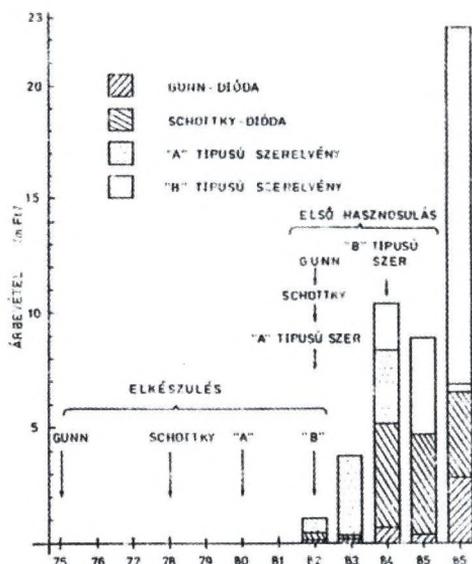
Az így megszervezett gyártáson kívül van a kísérleti gyártásnak egy olyan típusa is, amit elsősorban inkább a méreteit tekintve nevezhetünk kísérletnek. Ebben az esetben ugyanis az „igazi” termelés hiányozhat is. Osztjuk azt a véleményt, hogy „A kutatóintézetekben folyó „termelést” nem lehet sommásan elítélni. ha merőben új termék vagy technológia kísérleti

jellegű gyártásáról van szó, vagy ezen túlmenően olyan kicsi szériákban való termelésről, mely magas tudományos ismereteket és speciális, a termelő vállalatoknál nem biztosítható műszerezettséget igényel, akkor kívánatos az ilyen termelés, egyébként nem” [Havas,1983].

Az előbbi definíció-szerű megállapítást azért idéztük, mivel szerző vezetetésével ill. közreműködésével folytatott gallium-arszenid eszközfejlesztés eredményeképp előállt mikrohullámú aktív félvezető eszközökre a fenti meghatározás teljes egészében alkalmazható.

Mind hazai, mind nemzetközi viszonylatban új anyag volt a gallium-arszenid (GaAs). Az ebből készített mikrohullámú vagy optoelektronikai eszközök speciális, gyakran honvédelmi célokat szolgáltak, jellegüknél fogva nincs és nem volt szükség rájuk nagy darabszámban. Az így előállított termékben az előállítás során jelentős mértékű magasan kvalifikált munkakerő-felhasználás is történt. A termék további jellegzetessége, hogy előállítása nem automatizálható. A bemérés is felsőfokú végzettségű szakemberek feladata volt, ezt – igaz jelentős anyagi és a szoftver elkészítéséhez szükséges szellemi ráfordítás után sikerült egy számítógép-vezérelt mérés segítségével automatizálni. A kísérleti gyártás gazdasági eredményeit szemlélteti a 31. ábra. Az ábra kétféle diódát és ezek, valamint más eszközök felhasználásával kifejlesztett kétféle szerelvény kísérleti gyártásából származó bevételt mutatja. Az abszolút értékeket célszerű összevetni azzal, hogy az így előállított termék gyártásához közel 25 millió Ft. értékű állóeszközparkot használtunk. Ezt kellett volna egy másik gyárban vagy kisüzemben létrehozni a gyártás megszervezéséhez. (Az egyébként szükséges infrastruktúrára itt nem térünk ki.) Az adott eszközpark e feladatok mellett mintegy évi 20 mFt-nyi K + F tevékenység idevágó igényét is képes volt ellátni. Mindezzel nem kívánjuk idealizálni a helyzetet, mert ez a nagy kihasználtság csak jelentős szervezési feladatok elvégzése után vált megvalósíthatóvá.

A kísérleti gyártás szűkebb szakmai előnyeire, amelyet a gazdasági eredménynél fontosabbnak tartunk, itt nem térünk ki.



31. ábra. A GaAs aktív mikrohullámú elemfejlesztés és kísérleti gyártás gazdasági eredményei az MTA MFKI-ban

Véleményünk szerint eldőlt az a kérdés, hogy a mikroelektronikát áldásnak vagy átoknak tartjuk [Friedrichs,1984]. A nemzetgazdaság olyan húzóágazatává vált ez a terület, mely dinamikusan, s töretlen lendületével igen jelentős hatást gyakorol az élet szinte valamennyi területére. Ezt a hatást jelen kötet is jól szemlélteti. A mikroelektronika a szilíciumra épül. Ez az anyag szinte korlátlan mennyiségben áll rendelkezésünkre. Meggyőződésünk, hogy ma ezt az anyagot ismeri az emberiség a legjobban, de hogy a legtökéletesebben előállított anyag az vitathatatlan. Szerepe a mikroelektronikán belül meghatározó, s a belátható időben az is marad. Van azonban az anyagoknak egy másik csoportja, a vegyületfélvezetők, amelyek szerepe a mikroelektronikán belül egyre nő. A dinamikus növekedés a százalékos tartományban jelentkezik. A mennyiségnél fontosabb azonban az, hogy ezek az anyagok a szilíciummal meg nem valósítható feladatok ellátására alkalmasak. (Tudománytörténeti tény, hogy az első félvezető eszköz, amelyet igen kiterjedten alkalmaztak, a detektoros rádió „kristálya” is vegyületfélvezető volt.). A ma használatos legfontosabb vegyületfélvezető a gallium-arszenid (GaAs), a fém gallium és az arzén vegyületét először 1929-ben állították elő.

Egy-egy jól kiválasztott licenc jelentős előrelépést eredményezhet. Ezt példázza a hazai GaAs kutatás területén a 80-as évek elején lebonyolított GaAs növesztési eljárásra vonatkozó szovjet licenc megvétele is. Más eredetű licenz vásárlása a COCOM előírások miatt fel sem merülhetett. Ezzel a növesztési eljárással a vásárlás előtt hozzáférhetőlegesen öt évvel előtte kezdtünk foglalkozni. Sikerült kísérleti berendezések építésével megfelelő tulajdonságú rétegeket előállítani, s minősíteni. A tervezett kísérleti gyártás azonban nagy mennyiségű folyamatos növesztést igényelt, amire a kísérleti körülmények nem lehetnek alkalmasak. Így merült fel egy „nagyüzemi” technológia, és az azt megvalósító berendezés megvásárlása. A vásárláshoz – éppen a hazai előkészületek eredményeképp – valamennyi információ – és ami a legfontosabb – a megfelelő szakembergárda rendelkezésre állt. Így lehetett azt megvalósítani, hogy a berendezés néhány hét (!) alatt üzembe állt. A vásárolt rendszer üzemeltetéséhez szükséges egykristályos hordozók hazai előállítása is felmerült. Ismeretes, hogy a GaAs-et alkotó gallium egyik lehetséges forrása a bauxit. A hazai bauxit 0,004% galliumot tartalmaz. E kis százalékot azonban az igen jelentős mennyiséggel kell felszorozni, s így igen számottevő mennyiség jön ki. Így merült fel annak gondolata, hogy vásároljunk egy GaAs szintézisére, s egykristály gyártására alkalmas berendezést a 80-as évek elején. A berendezést azonban a hazai restriktív intézkedések miatt nem sikerült megvásárolni. Sikerült viszont egy sor KGST országnak, akik igen hamar kiépítették saját gyártókapacitásukat, ellátva ezzel saját optoelektronikai és kisebb részben mikrohullámú eszköztermelésük alapanyagigényét. Így hazánk kénytelen erre a cseh, lengyel importra támaszkodni, s fizetni ezeket a sokszor önkényes alapon megállapított árat, mivel ez az anyag a COCOM előírások miatt egyéb forrásból nem volt beszerezhető.

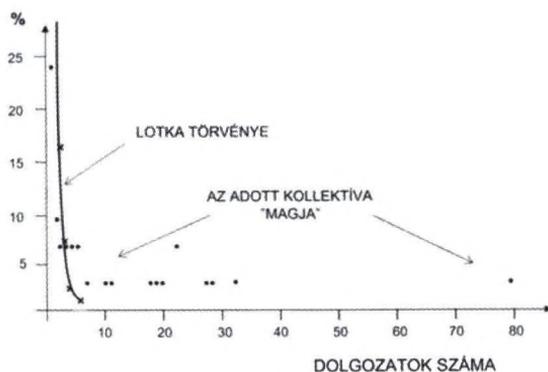
A tudományos termelékenység vizsgálata a tudomány tudományával egyidős. A termelékenység itt a dolgozatokban mérhető „termésre” vonatkozik, ez ugyanis a tudományáru legelterjedtebb formája, ez jelenti a szellemi tulajdon igazolását. A figyelt mennyiség tehát diszkrét. A tudósok termelékenységére Adam Lotka amerikai biztosítási matematikus állította fel törvényét, amelyet azóta számtalan módon és igen sok tudományterületen igazoltak [Lotka,1926].

A csupán egy szerzőséget felmutatók aránya ebből a törvényből kiszámítva Lotka szerint 61%-ot eredményez [Braun,1982, de Solla Price1979]. Ma már a tudományos teljesítmények első vizsgálata kimutatta, hogy a szerzők két nagy csoportra oszthatók. Az egy cikket írók („single paper authors”) jelentős számú seregével szemben áll az „elit”, akik a megjelent munkák közel felét írják. Ezt egy más eloszlásból úgy is kifejezhetjük, hogy azon, az „elithez” tartozó szerzők száma, akik a megjelent dolgozatok felét írják, az összes szerző számának négyzetgyökével arányos, azaz csak igen kis részét teszik ki. A teljesség kedvéért meg kell jegyezni, hogy bár Lotka-törvény 60 éve ismert, magyarázatát ma sem sikerült egyértel-

műen tisztázni. Magát a törvényt is próbálják általánosabb összefüggésekből levezetni, így a Yule-eloszlásból is [Yablonszky,1980]. A fentiek diszkrét mennyiségekre vonatkozó összefüggéseken kívül folytonos mennyiségekre vonatkozó nem-Poisson eloszlási típusú eloszlásokból is le lehet vezetni Lotka törvényét. Ezek közül a legismertebb a Pareto-eloszlás, amely anyagi javak, a városok nagysága stb. esetekben ad jó eredményt. Az eloszlásban szereplő kitevő ebben az eloszlásban 1,9, azaz például adott mennyiségű vagyonnal rendelkező egyének száma a vagyon nagyságának 1,9-ig hatványával fordítottan arányos.

Ezek az összefüggések természetesen minőségi kritériumok nélkül kezelik a megjelent dolgozatokat. Ezt tehát mennyiségi összefüggésként kell értelmezni.

A fenti összefüggések segítségével megvizsgáltuk a GaAs mikrohullámú aktív eszközök kutatásában részt vett kollégák publikációs anyagát. Ez a bibliográfiai lista az 1967–1987 közötti időszakot fogja át. A GaAs kutatókollektíva által publikált összes dolgozatban lévő összes társszerző között a szerzők előfordulási gyakoriságát az általuk írt dolgozatok száma függvényében a 32. ábrán látható.



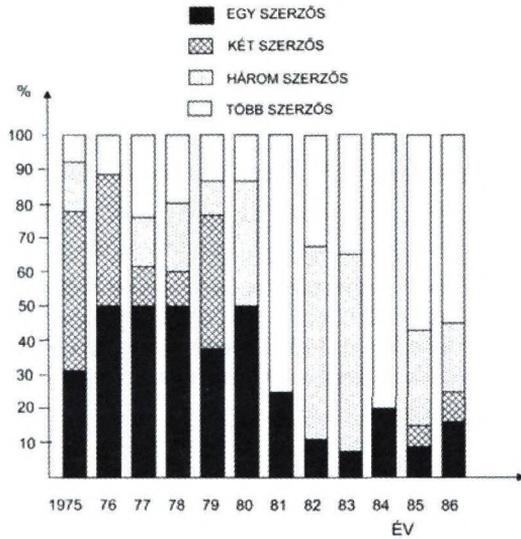
32. ábra. A GaAs publikációk eloszlása

Összehasonlításul itt is a Lotka-törvényt ábrázoltuk. Látható, hogy itt is két csoportot különböztetünk meg. az egyik az egyszer előforduló nevek nagy csoportja, akik mintegy „vendégmunkásként” egy-egy dolgozatban szerepelnek társszerzőként. A kollektíva stabil tagjai, akik több éve dolgoznak az adott témán, sokat publikáltak.

Egy jellegzetes eltérés tapasztalható a Lotka-törvénytől, ez kiemelkedően nagy termelékenységű tudósoknál van. Szerző saját tapasztalata is azt mutatja, hogy egy tématerületen elért bizonyos szint után a közlemények relatíve kisebb erőráfordítással kész. Ugyanez vonatkozik a folyóiratokba beküldött dolgozatok elfogadására is.

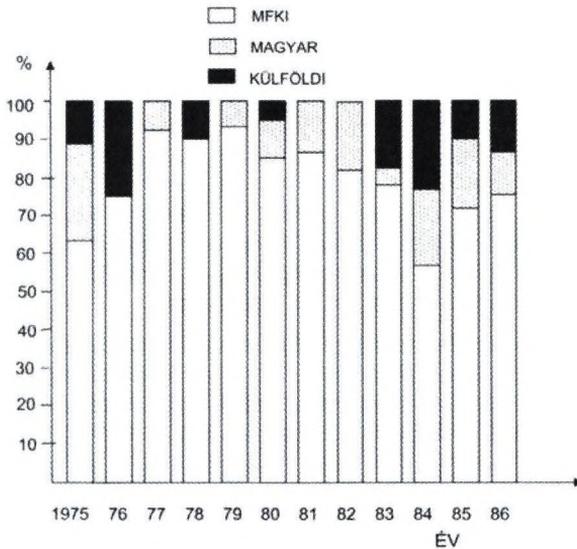
Még tovább növeli az eltérést, ha valaki a folyóirat szerkesztőségi tagja, a konferencia szervezőbizottság tagja. Gyakran egy-egy ilyen név társszerzőként való szerepeltetése garancia a cikk elfogadására. Igaz ez az állítás az elismertetésre is. Kimutatták, hogy neves kutatók – vagy kutató kollektívák – aránytalanul nagyobb elismerésben részesülnek tudományos teljesítményeikért, mint a hasonló teljesítményt produkáló, de ismeretlen kutatók [Braun,1982].

Érdekes megvizsgálni a kutató team kialakulását olyan szempontból is, hogy hogyan csökken az egyszerűsített dolgozatok száma. Ezt szemlélteti a 33. ábra, ahol jól látszik, hogy egyre csökkent ez az arány.



33. ábra. Az egyszerűs szerzők arányának csökkenése a publikált dolgozatokban

A szerzők között megjelennek a külföldiek is, azonban az akkori korlátozott utazási lehetőségek miatt nem képviselhetnek jelentős arányt (34. ábra)



34. ábra. A kooperáló partnerek megjelenése a szerzők között

4. Gallium-arzenid kutatás a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen

Ambrózy András (1931–1990) professzor 1990. június elsején halálos vitorlásbalesetet szenvedett a Balatonon. Megüresedett helyét először Hahn Emil docens töltötte be, majd pályázatot írtak ki a pozícióra. Ezt pályázta meg jelen sorok írója, s így egyetemi tanárként elfoglalta a Tanszéket. Vele jött az egyetemre Kovács Balázs, aki docensi kinevezést kapott.

Bár a vegyület-félvezetők világa korábban sem volt ismeretlen az egyetemen, hiszen a mikrohullámmal foglalkozók ismerték az idevonatkozó eredményeket, szervezett tantárgyként a Félvezető lézerek és alkalmazásuk keretében történt meg az önálló tárgyként való tanításuk. A tárgy iránti állandó érdeklődés – sokan kívülről is jártak hallgatni, hiszen ekkortájt már világos volt, hogy a Magyar Posta részekre szedése után megkerülhetetlen lesz a telefónia fejlesztése. Ezt akkor már senki a döntéshozók közül nem képzelte el optoelektronika nélkül. A kutatómunka feltételei teljesen hiányoztak, hiszen az Elektronikai Technológia Tanszék korábban a nyomtatott huzalozás fejlesztése terén volt aktív. Korábban a vegyület-félvezetőkkel kapcsolatban modellezési tevékenység folyt (Tarnay Kálmán, Székely Vladimír). Ambrózy professzor zajkutatása volt az, amit – részben Szentpáli Bélával és Gottwald Péterrel közösen megpályázott OTKA projektjük alapján – folytatni lehetett. A kutatás tehát csak kooperációban volt elképzelhető, ami a kutatómunka természetes sajátja. Ebben a kooperációban készültek el az első optoelektronikai tápvonal elemek GaAs-ből, az MTA MFKI-val való kooperáció alapján (Balázs János)

Az így kifejlesztett optoelektronikai passzív elem jó alapot adhatott volna a továbblépésre, azonban a kutatás felett egyre borultabb lett a kép. A hazai elektronikai ipar ekkor érte el mélypontját. Mérnökök százait bocsátották el. Az ipari kutatóintézetek sorban mentek tönkre.

Világossá vált, hogy a maradék iparban kell partnert keresni, hiszen az egyetemi keretek is a mélypontra zuhantak. Jelen sorok írójának úgy a kilencvenes évek közepén éves kutatási kerete 5 ezer (!) forint volt, ami körülbelül egy nyomtatópatron árának fele volt.

A korábbi évek megbízhatósági vizsgálatait, amit sokan az MFKI-ban valamifajta értelmetlenségnek tartottak, adta az alapot arra, hogy megpróbáljunk a minőségbiztosítás felé nyitni. Az első lehetőséget az akkor frissiben négy magyar magánszemély által megvásárolt Kvattro Rt adta Ajkán. Egy velük közös OMFB pályázaton vállaltuk, hogy a céget felkészítjük az ISO 9001- minősítésre, s egyidejűleg számítógépes folyamatirányítást vezetünk be. Volt az egésznek némi kaland jellege, de sikerült (Érdekes lenne egyszer ennek folyamatát is megírni a résztvevők – Mojzes Imre, Talyigás Judit, Németh Pál, Szikora Béla, Kovács Balázs, Herk Attila, Kersner László, közül valakinek)

Hasonló kaland jellegű vállalkozás volt a függőleges bányaaknába telepíthető ejtőtorony koncepciója. Az ötlet Sebestyén Béla nyugdíjas bányamérnöké, aki korábbi, bányaába telepíthető járműérzékelő fejlesztése kapcsán ismerte meg jelen sorok íróját. Az ötlet kezdetől fogva nagyon tetszett, sokáig originális ötletnek tartottuk az Eocén Program keretében Pécs Vasas bányaüzemében kiépített két, egymás mellett lévő függőleges, közel 600 méter mély akna használata szabadesés közben megvalósuló súlytalanság megvalósítására.

Elkészült a számítógépes modellezés is, amibe a Haditechnikai Intézet, a BME és a Miskolci Egyetem szakemberei is szerepet kaptak (Schlemmer László, Piroska György, Nagy András, Bárczy Pál)

Sajnos érveink az ilyen jellegű hasznosításra nem győzték meg a bányászati felszámolásával foglalkozókat, nekik kifizetődőbb volt évekig temetni be a bányákat, mint bizonytalan fizikai kísérletekbe fogni [Bárczy,1997] .

Közben kerestük a kiutat a vegyület-félvezetők kutatása terén. Összefogva Gyulai Józseffel egy pályázatot nyújtottunk be egy molekulásugaras epitaxiás berendezés beszerzésére. Ez lehetett volna a kiút, hiszen így lettek volna olyan struktúráink, amelyeken korszerű félvezető fizikát művelhettünk volna, folytathattuk volna az eszközökkel kapcsolatos kutatásainkat.

Érdekesen alakult a molekulásugaras epitaxia magyarországi ügye. Jelen sorok írója a hetvenes évek vége óta próbálkozott ennek a berendezésnek a beszerzésével [Mojzes,1988]. Az embargó miatt tőkés eredetű készülék beszerzése nem látszott lehetségesnek, bár erre a szállítók mutattak volna hajlandóságot. Több alkalommal voltam tárgyalni náluk, végül már csak a szoftvert nem adták volna a párologtatónak átkeresztelt berendezéshez. Ezzel párhuzamosan zajlott a keleti (KGST) források felkutatása. Bolgár kollégáink felajánlották, hogy Plovdiv mellett létrehoznak egy, a Dubnai Egyesített Atomkutató Intézethez hasonló szervezetet. Ezt kellett volna a résztvevőknek felszerelniük kísérleti és vizsgálati technikával. Számptalan megbeszélés zajlott az ügyben, de a bürokrácia ismét győzött. Tárgyaltunk Novoszibirszkben az ottani fejlesztésű készülék megvásárlásáról, de Sztenyin professzor hirtelen halála meghiusította az együttműködést. Tárgyaltunk Leningrádban, de ott sem sikerült megfelelő készüléket szereznünk. A sorozatos kudarcok azért is kellemetlenek voltak, mert a nyolcvanas évek végén a magyar elektronikai ipar jelentős export többlettel rendelkezett a legtöbb akkori szocialista ország, így a Szovjetunió felé is. Keleti valuta lett volna, de nem volt szállítókészség, nyugatról lett volna szállítókészség, de nem volt kemény valuta. (Az embernek a pokolról szóló vicc jut az eszébe...)

A beadott OTKA pályázatunk meghiusult, ismét nem lett hazánkban MBE....

Ekkor világossá vált, hogy a kísérleti lehetőségek fokozatos romlása miatt figyelmünket elsősorban a vizsgálat és a modellezés felé kell fordítani.

Ennek keretében először egy GaAs MESFET típusú tranzisztorok megbízhatóságát vizsgáló készüléket fejlesztettünk ki. A fejlesztés előzményei itt is az MTA MFKI-ba nyúlnak vissza. Ott készítettük el a készülék első változatát, együttműködve az akkor már Mikroelektronikai Vállalként beolvasztott egykori HIKI-s kollégákkal. (Sonkoly Aurél).

A következő készüléket magasabb üzemi hőmérsékletűre terveztük, s ez már a BME Elektronikai Technológia Tanszékén készült. A magas hőmérséklet sok konstrukciós problémát okozott. Tovább nehezítette a helyzetet, hogy a csapatnak ez volt az első olyan fejlesztése, amely teljes egészében szoftver-vezérelt volt.

A készüléket kiállítottuk a Hannoveri Vásáron 1994-ben, amikor Magyarország díszvendég volt a vásáron. Sajnos, a bemutatót nem követte üzleti siker. Ismét megtapasztaltuk azt, hogy megfelelő piaci szakértelem és reklám nélkül semmit nem lehet eladni. Ezt természetesen értettük, de nem volt rá pénzünk, hogy ilyen szakembereket megfizessünk.

Másik kezdeményezésünk a modellezéshez kapcsolódott. Még a 70-es években, amikor az arzén kipárolgást vizsgáltuk (Sebestyén Tibor, Mojzes Imre, Gergely György, Menyhárd Miklós, Szigethy Dezső, Gosztola László) sokszor előfordult, hogy a mintatartó fűtésére használt H4-es izzó spirál kiégett. Ekkor a minta az adott hőmérsékletről gyorsan lehűlt, mivel a gyors felfűtési sebesség elérése céljából a mintatartót kis hőtehetlenségűre terveztük. A gyors lehűlés miatt a minta felületén mintegy befagyasztottuk azt az állapotot, ahonnan a hűlés indult. Mivel akkor minden hőkezelt mintát lefényképeztünk, így ezeket is. Már a mikroszkóp alatt észrevettem, hogy ezek a minták nagyon érdekes, a teljes egészében hőkezelt mintáktól eltérő faág vagy jégvirághoz hasonló morfológiát mutattak. Mivel ezek a

minták az adott kísérlet szempontjából selejtnek bizonyultak, a fényképeket betettem a fiókomba, s nem igazán vettem őket elő évekig.

Ott pihentek vagy tíz évet. Mikor Vicsek Tamás hazajött amerikai ösztöndíjából, akkor tartott egy szemináriumot az MFKI-ban a fraktálokról, amivel ő ott kint foglalkozott. Az első kivetített kép után beugrott, hogy ilyen rajzolatú GaAs/Au minták képét őrzöm a fiókomban.

Egy jellegzetes minta felületi képét mutatja a 35. ábra



35. ábra. Arany vékonyréteggel bevont GaAs felület képe hirtelen lehűtés esetén (Szemléltető ábra)

Ezért az egyetemre kerülésem után, amikor megláttam, hogy Máthé László matematikusok számára speciális kollégiumot hirdet a fraktálokról, azonnal megkeresetem őt. Nagyon megtetszettek neki a minták, amelyeket később megmutattunk a nála dolgozó Schusztér Miklós doktoranduszának is. Így jött létre az évekig sikeresen működő Fraktál Szeminárium (Mojzes Imre, Máté László, Kun István, Schusztér Miklós, Dobos László, Dávid Lajos, Kovács Balázs) Ez a tevékenység ma (2004) is folyik egy OTKA projekt keretében.

A kilencvenes évek óta figyeltük a nanotechnológiáról megjelenő dolgozatokat. Látszott, hogy itt egy olyan univerzális terület kezd kialakulni, ami az alkalmazások sokaságát sejtette. Nincs univerzális elem, mint a mikroelektronikában a tranzisztor, hanem olyan szemléletmód alakult ki, amely lassan olyan elterjedt lett, mint a mikroelektronika alkalmazása. A nanotechnológia hazai fejlődésében két hazai rendezvény jelentette a kezdőpontot, az egyik a Szegeden megrendezett kolloidika konferencia volt, amelyet Dékány Imre szervezett, a másik az általunk a Nemzetközi Technológiai Intézettel közösen, 1996-ban szervezett nanotechnológia konferencia volt Ennek kiadványát mutatja a 36. ábra (ld. színes mellékletben).

Epilógus

Egy több mint harminc éves folyamaton vezettük végig az Olvasót. Ez a periódus átfogott több öt éves tervet, különféle központi gazdaságfejlesztési programokat, egy rendszerváltást. Nagyon érdekes, eseménydús volt. A levonható tapasztalatokat a 2. fejezet végén fogalmaztuk meg.

Irodalomjegyzék

- Barna,1977 Eljárás és berendezés félvezető eszközök előállítására. Feltalálók: Barna Á., Barna B.P., Beleznay F., Mojzes I., Stark Gy. Lajstromszám: 173.621 H 01 L 21/324
- Bárczy,1997 Bárczy P., Csörge T., Elek T., Földi F., Gulyás J., Hahn E., Kalló P., Mojzes I., Nagy A., Piroska Gy., Schlemmer L., Sebestyén B.: Esettanulmány és tervezési irányelvek a függőleges bányaaknába telepíthető ejtőtorony és az abban végezhető technológiai kísérletekre. Elektronikai technológia, Mikrotechnika, 37. évf. 1–2 sz. 11–17 (1997)
- Bernal,1967 Bernal,J.D.: Die Wissenschaft in der Geschichte. Berlin, Wissenschaft (1967)
- Braun,1982 Braun T. és mtsai: A tudomány, mint a mérés tárgya. MTA Könyvtára, Budapest 2. kiadás, (1982)
- de Solla Price1979 de Solla Price,D: Kis tudomány – nagy tudomány. Akadémiai Kiadó, Budapest 204 oldal (1979)
- Friedrichs,1984 G.Friedrichs és A.Schaff (Szerk): Mikroelektronika és társadalom. Áldás vagy átok? Jelentés a Római Klub számára.Statisztikai Kiadó Budapest (1984)
- Gunn,1963 J.B.Gunn, Solid-State Communications,1, No4, pp.88–91
- Havas,1983 Havas G.:A kutatás ára. Pénzügykutatási Intézet 1982/ 24 o. (1983)
- Lotka,1926 Lotka, A.J.:The frequency distribution of scientific productivity. J. of the Washington Academy of Sciences,16,pp.317–323 (1926)
- Madelung, 1964 O. Madelung: Physics of III–V compounds, Wiley, N.Y.
- Mojzes,1978 Mojzes,I.:Formation of AuGe contacts to n-GaAs. pys.stat.sol/a/ 47, No2,pp.K183–185 (1978)
- Mojzes,1980 Mojzes I.: Információ'80 Konferencia Kiadványa MTESZ, TTT Budapest, 1980. június 5–6. II. kötet, 447–455. o.
- Mojzes,1988 Mojzes I.: Kell-e nekünk MBE? Vákuum Évkönyv Szerk.: Mojzes Imre Budapest 1989, 85–87 o. ISSN 0238–8596 MTESZ 89/255
- Mojzes,1993 Mojzes I.: Egy hazai kutatási területről. Szakdolgozat ELTE –MSZH, 54 o. (1993)
- Ostwald, 1912 W. Ostwald: Feltalálók, felfedezők, nagy emberek. Révai, Budapest (1912)
- Papp,1966 Papp E.: Tervtanulmány GaAs egykristály hazai gyártásának előkészítésére 543.sz. megbízásos téma
- Sebestyén,1976 T.Sebestyén, M.Menyhard and D.Szigethy, Electronics Letters, 12, p96 (1976)
- Toffler,1980 A. Toffler: The third wave. Bantam Books, Inc. (1980)
- Yablonszky,1980 Yablonszky, A.I.:On fundamental regularities of the distribution of scientific productivity. Scientometrics,2,No1, pp.3–34 81980)

A VASTAGRÉTEG TECHNOLÓGIA HELYZETE MAGYARORSZÁGON AZ EZREDFORDULÓN

Harsányi Gábor

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyem
VIK Elektronikai Technológia Tanszék
harsanyi@ett.bme.hu

1. Újjá és újonnan alakult gyártókapacitások

1.1. Vastagréteg fűtőelemek gyártása a Ferro Electronics-nál (Budapest)

A Ferro Electronics Kft. holland tulajdonú magyar vállalkozás, mely vastagréteg technológián alapuló fűtőelemek fejlesztésével és gyártásával foglalkozik. A Kft-t 1998-ban egy mikroelektronikai alkatrészeket gyártó vállalat alapította az egykori MEV, később Interbip hibridáramkörü üzemének bázisán. A társaságot 1999. január 1-jén a holland Ferro Techniek B. V. megvásárolta. A cég alapításakor alig 40 dolgozóval működött, mára ez a szám megkétszereződött.

Jelenlegi fő termékeik a zománcozott acélhordozón vastagréteg technológiával előállított fűtőelemek, melyeket az úgynevezett PEMS-en készítenek. A PEMS (Porcelain Enamelled Metal Substrates) az anyacég, a holland Ferro Techniek B. V. fejlesztése. Az általuk előállított fűtőelemek felhasználhatók például a háztartási berendezések, az orvosi műszerek és a gépjármű elektronika területén.

A technológia fázisai a következők: Hollandiában a Ferro Techniek BV-ben a rozsdamentes acélt először a kívánt formára alakítják, majd ezután az ELPOR (electronic porcelain) nevezetű anyaggal vonják be. Az ELPOR egy olyan speciális üvegkerámia, amely kiváló elektromos tulajdonságokkal bír. A felhasználástól függően különféle vezetőrétegeket visznek fel a zománcozott fémre, a vastagréteg-technológia alkalmazásával. Az ezzel a technológiával előállított fűtőelemek kiválóan alkalmazhatók konyhai készülékekben, fürdőszoba felszerelésekben és a gépjármű elektronikában is. A hordozókon továbbá lehetőség van hőmérséklet-érzékelő, hőmérséklet-szabályzó és túlmelegedést-gátló beépítésére is.

A termék főbb tulajdonságai:

- nagy teljesítmény-sűrűség,
- jó hővezetés,
- nagy megbízhatóság,
- lehetőség 3D megoldásokra,
- jó mechanikai tulajdonságok,
- egyszerű álló,
- elektromos és mágneses árnyékolás,
- integrált hőmérsékletérzékelők.

Az utóbbi 15 évben a tudásunk a zománcozott acélhordozóra történő vastagréteg nyomtatással kapcsolatban jelentősen bővült. A PEMS egyre több alkalmazásban fordul elő úgy, mint érzékelő vagy fűtőelem.

Fejlesztési munkák:

- fűtőlemez tervezése (zománcozott acélhordozóra, különféle alakú hordozókra: tárcsa, lap, cső; különféle kerámia hordozókra, műanyag hordozókra),
- fűtőelemek megmintázása,
- fűtőelemek vezérlésének tervezése,
- fűtőelem-vezérlések mintáinak elkészítése,
- vezérlőelemek tervezése, elkészítése.

1.2. Polimer vastagréteg klaviatúrák és hálózatok gyártása az FMH-ban (Freudenberg Mektex Hungary – Pécel)

A gyárat a Telefunken alapította 1982-ben Gräfenbergben. Sokáig, mint az AEG-Telefunken gyára üzemelt Nürnbergben. 1992-ben a céget átvette a MERCEDES-BENZ, a neve TEMIC-re változott. 1996-ban a gyártást átköltöztették Magyarországra, a péceli telephelyre, ahol ma is üzemel. 1997-ben a Freudenberg Mektex (a Freudenberg Mektex vegyes vállalat: a németországi Freudenberg és a japán NOK) átvette a gyárat. 2001-ben a gyártmány- és technológiafejlesztés átkerült Pécelre, a nürnbergi részleg megszüntetésével.

A péceli gyárban poliészter fólián szitanyomtatási eljárással áramkörök, ill. kapcsolók gyártása folyik. Az alapvető alkalmazások: kis teljesítményű kapcsolók, billentyűzetek. A *poliészter áramkör* hajlékony, de – ellentétben a poliimiddel – az ismétlődő hajlító igénybevételre korlátozottan használható a vezetőpálya és a hordozó közepes tapadása miatt. Mivel a hordozó hőre lágyul, magas hőmérsékleten tartósan nem használható. Nagy és közepes sorozatban gazdaságosan gyártható, anyagköltsége kedvező, ezért a darabára alacsony. Az áramkörök kialakítása szitanyomtatási és hőkezelési ciklusokban történik. Nem szükséges maratás, mosás, maszkeltávolítás, ezért környezetkímélő.

A hordozó poliészter fólia vastagsága 50–250 mikrométer közötti. A fólia 150 °C felett képlékenyen alakítható, lehűtés után is megtartja alakját. Ez használható ki az ún. dómozásnál (l. később.) Mivel 150 °C felett elveszti a szilárdságát, a poliészter alapú áramkörökön forrasztás nem képzelhető el. Az áramkör kialakításának lépései az 2. sz. ábrán láthatók.



2. ábra. Az klaviatúra áramkör kialakításának lépései

A vezető és szigetelő rétegek a vastagréteg technológiára jellemző módon szitanyomtatási technológiával készülnek. A nyomtatott rétegek vastagsága jellemzően 6–30 μm közötti. A kötőanyag jellemzően poliakrilát és epoxi. A vezető pályák kialakításához az alacsony ellenállás elérése érdekében általában ezüstpaszta használható. Az ezüst levegőn oxidálódik, ezért szabadon ezüstfelület nem maradhat. Az érintkező felületeket általában szénpasztával kell lefedni, a többi felületet szigetelő pasztával fedik le, vagy védőfóliát ragasztanak rá. A szén-ezüst keverék pasztákat finomrajzolatú hálózatokhoz használják. A szigetelőanyagok jellemzően UV sugárzás hatására keményedő akrilát gyanták. A fólia felületén kialakíthatóak (c) *passzív* elektromos áramköri elemek is. Ezek lehetnek ellenállások, jellemzően 100

Ohm-tól néhány 100 kOhm-ig terjedő tartományban. Kapacitások néhány 100 pF nagyságúak. A nyomtatott áramkörü elemek pontossága maximum 10%.

A kialakított áramkörök működési elv szerint lehetnek rezisztív, illetve kapacitív kapcsolók. A rezisztív kapcsolók egyszerűbb kialakításúak. A kapcsolás bonyolultságtól függően 1-5 rétegesek. A kapacitív kapcsolók bonyolultabbak. Általában 7-9 nyomtatott rétegből állnak, a gyártásuknál kritikus a szigetelési ellenállás megfelelő értéken tartása. A kapacitásos kapcsolók viszont sokkal védettebbek a külső elektromos zavarokkal szemben, ezért ipari körülmények között jobban használhatók. Amennyiben szükséges, a fólia mindkét oldalán kialakítható vezetőpálya. A kétoldali vezetőpályák átkontaktálással köthetők össze. A fólia felületén 0,2-0,5 mm átmérőjű lyukat kell készíteni, majd ezeket átnyomatják vezető pasztával. A lyukba befolyt vezetőpaszta átvezetést képez a fólia két oldala között.

A fólia megfelelő feldoborításával ún. dómkapcsoló alakítható ki. A dómkapcsolóval kellemes kapcsolási érzettel rendelkező billentyűzet alakítható ki. A dómozás mechanikus elem nélkül képes a kapcsolást biztosítani, nem szükséges rugó a kapcsolásérzéshez.

A dómfóliák – kialakításukat, illetve felépítésüket tekintve – többféle kivitelben készíthetők:

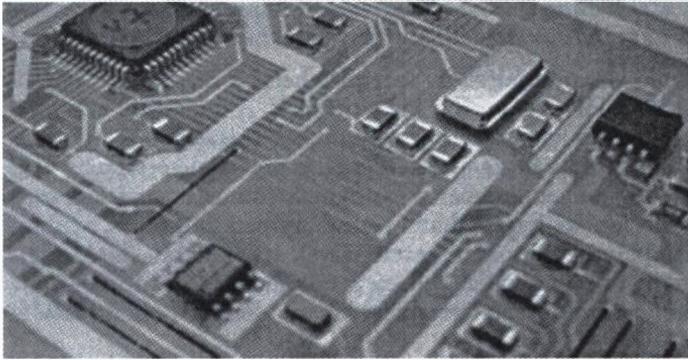
- (a) Nyomtatott dómfólia: a kapcsolást a dómfelület közepére nyomtatott vezető felület biztosítja. A kontaktusfelület a dóm inflexió pontja körül helyezkedik el. Mivel a hajlító igénybevételre a paszta leválhat a fólia felületéről, korlátozott élettartamú.
- (b) Nyelvs fólia: a kontaktust a kapcsolófelület és a dómfólia közé helyezett nyelvfólia biztosítja. Ebben az esetben a dómfóliára nincs vezetőréteg nyomtatva. Ez kedvezően hat a fólia élettartamára.
- (c) Nyomtatott dómfólia vezető pályákkal: a dómfóliára is átvihetők a vezetőpályák, a kapcsolófelület egyik felét kapcsolófólián a másik felét a dómfólián helyezik el. Így csökkenthető a pályák sűrűsége, elkerülhető az átkontaktálás.
- (d) Sík kapcsoló: domborítás nélkül kialakított kapcsoló, jellemzően mindkét fólián van vezetőpálya. Ebben az esetben a kapcsolásérzetet más mechanikus elemnek kell biztosítani.

A fólia felületére a merev nyomtatott áramkörökhöz hasonlóan lehetséges alkatrészeket rögzíteni: elsősorban diszkrét elemeket, diódákat, LED-eket, ellenállásokat, kondenzátorokat, oszcillátorokat. Ahogyan már korábban ismertettük, a fólia nem alkalmas forrasztásos technológiára, az alkalmazott anyagok és berendezések különböznek a megszokott hullámforrasztásos, illetve újrafolyasztásos forrasztási technológiától. A vezetőragasztós felületszerelési eljárás lépései: vezető ragasztó szitanyomtatása, alkatrészek beültetése, ragasztó kikeményítése, ellenőrzés.

A technológia korlátai a következők:

- az átmeneti ellenállás nagyobb, mint a forrasztott kötéseknel ($> 100 \text{ m}\Omega$);
- a letolási erő kisebb, mint 10 N;
- a maximális alkalmazási hőmérséklet 110 °C;
- a minimális alkatréשמéretet a minimális vezetőpálya-szélesség behatárolja.

További, speciális kötési technológiák is alkalmazhatók. A legelterjedtebb mechanikus technológia integrált áramkörök és processzorok rögzítésére, hogy a felmelegített fólián a processzor lábait át kell nyomni és visszahajlítani, mint egy irodai tűzőkapocs esetében. Előnye, hogy egyszerű technológia, biztos a mechanikus kötés, gyors, viszonylag alacsony a berendezés költsége. Hátrányai: nincs adhéziós kötés, ezért az átmeneti ellenállás nagyobb, mint a vezető ragasztóval kialakított kötés. Az elektromos kontaktus bizonytalanabb, párának kitett helyen a kontaktus oxidációja miatt nem alkalmazható.



3. ábra. Ragasztással beültetett áramköri elemek poliészter fólián

A fóliához rögzíthetünk anizotrop vezető ragasztóval is elemeket: például LCD panelt, me-rev nyomtatott áramkört, processzort stb. A polimer flip-chip technológia pedig egy új fejlesztési irány.

A poliészter fóliakapcsolók és áramkörök alkalmazási területei a következők: mobiltelefonok, PC-tasztatúrák, ipari vezérlő tasztatúrák, szórakozató elektronika, távkapcsolók, háztartási elektronikai készülékek. A poliészter fólia alapú áramkörök az autóelektronika területén korlátozottan alkalmazhatók: kapacitív érzékelők, autók komfort kezelő szervei, rádió, klímaberendezés, ablakemelő stb. Elektrolumineszcens fóliák is készíthetők. A LED analógiájára „LEC” „világító kapacitásnak” is nevezi. Használatukat erősen korlátozza a rövid, maximum 2500 órás élettartam, szemben a gyakorlatilag örök életű LED-kel. Az ilyen irányú FMH-BME kutatások eredményeiről a későbbiekben lesz szó.

1.3. Vastagréteg teljesítmény áramkörök gyártása a Tyco Electronics-nál (Bicske)

A Moduláramkörök Részleg 1999-ben csatlakozott a Tyco Electronics családnak. A több mint 30 év tapasztalat és kifogástalan szolgáltatás, valamint az innováció iránti elkötelezettség az európai hibrid- és moduláramköri piac vezető pozíciójába emelte a céget. Az iparág értékmérőjeként termékválasztékuk - a vevőorientált és szabványos hibridek, a szilárdtest relék, teljesítmény-és mikroelektronikai modulok, nagyszűrűségű összeköttetési technológiák, korszerű tokozások valamint innovatív szerelési és hordozókialakítási technológiák - része annak a fejlődésnek, mely európai vezető szerepüket világméretűvé kiterjesztheti.

A bicskei részleg 382 főt alkalmaz, a teljesítmény és kapcsolóüzemű modulokra specializálódott. Nagyszorozatban gyártott részegységeik: teljesítménymodulok (pl. DC/DC konverterek 3,3W-tól 60W-ig), vastagréteg áramkörök, szilárdtest relék, a „chip on board” és felületi szerelést egyaránt alkalmazó multichip modulok (4–5. sz. ábrákat lásd a színes mellékletben).

A teljesítmény-áramkörök egy része az ún. DBC (Direct Bonded Copper) hordozókra készülnek. A teljesítmény-áramkörök fejlesztése kezdettől (1996-tól) Bicskén folyik, beleértve a technológiafejlesztést is. Münchenben végzik a teljesítmény-áramkörök marketingjét.

Mindkét gyáregységet a Siemens alapította. 1968-ban Münchenben hoztak létre hibrid áramköri gyártást, 1989-ben pedig önálló részleggé vált az Elektromechanikus Alkatrész Részleg néven. A bicskei gyárat 1966-ban alapították, s ez 1999-ben vált a Tyco Electronics részévé.

1.4. Vastagréteg hibridáramkörök gyártása a VT-t Hibrid Elektronikai Kft-ben (Székesfehérvár)

A VT-t Hibrid Elektronikai Kft. (Székesfehérvár) magyar-német vegyes vállalat, magyar részről 24%-os részesedéssel a Videoton Holding, míg 76%-ban a német Tekmar Alkalmazott Elektronikai Kft. a tulajdonos. Bázisát a Videoton vastagréteg üzeme képezte. Tevékenységi köre a következőkre terjed:

- vastagréteg hibridáramkörök tervezése, fejlesztése, gyártása (jelenleg 54 különböző típus gyártása folyik),
- nyomtatott huzalozású lemezekkel kapcsolatos szolgáltatások: topológia tervezés, szitamaszk készítés, felületi szerelés (jelenleg 12 különböző típus fut),
- különféle szereléstechológiák.

A gyár 980 m² alapterületéből 720 m² gyártási terület, a 37 alkalmazottból 10 főiskolát illetve egyetemet végzett.

A vastagréteg hálózatok 10,16 cm x 10,1 cm (4"x4") méretű kerámiahordozókra készülnek DuPont, ESL, Ferro, ECOREL gyártmányú paszták felhasználásával. A hibridáramköri gyártósor elemei:

- kerámia vágás és lyukasztás,
- szitanyomató berendezések,
- szárító és beégető kemencék,
- YAG lézeres ellenállás értékbeállító,
- felületszerelő automata,
- chipbeültető és huzalkötő,
- bemártásos tokozás,
- mérőautomata.

Minőségbiztosítási rendszer EN ISO 9001:1994, QS 9000:1998

Az export megrendelők megoszlása:

Siemens-Tyco	22%
Tekmar	75%
Busch&Jaeger	2%
Egyéb	1%

A hazai megrendelők megoszlása:

Bicske-Tyco	}	69%	
Elektro Market		}	31%
VT-Informatika			
Baluff			
Intertechnik			

2. Kutatások a BME Elektronikai Technológia Tanszéken

2.1. A mikroáramköri összeköttetés-hálózatok meghibásodását okozó elektrokémiai migráció

A BME Elektronikai Technológia Tanszéken folyó kutatások egyik fókuszpontjában a rétegtechnológiákkal készíthető áramkörök megbízhatósági kérdései álltak, az elektrokémiai

migráció vizsgálatát illetően dr. Harsányi Gábor témavezetésével. Áttörést sikerült elérni számos területen ebben a kutatási témában, amelynek nagy része a vastagrétegek illetve a polimer vastagrétegek területére koncentrált.

Napjainkban a mikroelektronika fejlődésében a funkciók integrálása és a méretcsökkentés mellett a fokozott megbízhatósági követelmények képviselik a legfontosabb hajtóerőt. Az egyre finomabb felbontású, többretegű összeköttetés-hálózatok és integrált struktúrák megvalósításának határait nemcsak a technológiai korlátok jelentik, hanem azok a fizikai-kémiai folyamatok is, melyek a növekvő arányú méretcsökkentéssel megnövelik a meghibásodások kialakulásának valószínűségét. A fokozott megbízhatósági követelményeknek megfelelni képes mikroszerkezetek kifejlesztése érdekében szükség van a meghibásodások okának és megelőzhetőségének felderítésére. Az integrált áramköri chippek és a multichip modulok nagysűrűségű összeköttetés-hálózataiban gyakran előforduló jelenség az ún. *elektrokémiai migráció*, amely a meghibásodások jelentős hányadát okozhatja.

A „nedves” *elektrokémiai migráció klasszikus modelljét* már az ötvenes években megalkották az ezüst migrációjával kapcsolatban, ami rendszeresen okozott meghibásodási problémákat az elektronikus alkatrészekben és összeköttetés-hálózatokban. A modell szerint a jelenség az áramkör működése közben, nedvesség és elektromos feszültség együttes hatására lép fel, lényege fémionok keletkezése anódos oldódás révén, ezek vándorlása az elektrolitban, és az ezt követő dendrites kiválás a katódon. A dendritek átnövése rövidzár kialakulásához és az áramkör katasztrofális tönkremeneteléhez vezet.

A jelenség elsősorban akkor veszélyes, amikor az élet- és vagyonbiztonsági kívánalmaknak megfelelően, nagy-megbízhatóságúnak vélt rendszerekben idéz elő katasztrofális pusztulást. További óriási probléma, hogy a hiba hirtelen következik be, általában a környezeti feltételek megváltozásakor (pl.: hőmérsékletcsökkenés, páratartalom növekedés, nedvesség illetve szennyeződések kerülnek be, stb.), ezért annak valószínűségét nehéz előre megjósolni.

Hosszú ideig az ezüst egyedüli tulajdonságának tartották a migrációs viselkedést, s ennek megfelelő magyarázatok születtek. A későbbi gyakorlati tapasztalatok bebizonyították, hogy egy általánosabb modelltől, illetve viselkedésről van szó, hiszen számos más fémkomponens is mutat zárlatokhoz vezető migrációt, mint például az réz, az ólom, az ón és a nikkel. Halogén-ion szennyeződések jelenlétében, az anódos komplexképződési mechanizmusok révén, az arany, a palládium és a platina is képes zárlatok kialakítására. A szakirodalmi állítások és a tapasztalatok ezekkel a jelenségekkel kapcsolatosan azonban igen ellenmondásosak voltak. Ezenfelül az előfordulás egyre újabb anyagrendszerekben, folyamatosan igényelte a jelenségkör mélyebb vizsgálatát. Az utóbbi években született jó néhány, a témát érintő publikáció jelzi a téma folyamatos aktualitását. Mivel azonban az összehasonlító vizsgálatok szükségessé teszik a hosszú idejű „terheléses nedvesmeleg-tárolási” körülményeket, egy-egy megalapozott eredmény közzlése a szokásosnál hosszabb időt vett igénybe.

A '80-as években hazánkban is jelentős fejlődésen ment keresztül a nagymegbízhatóságú felhasználási területek felé orientálódott hibrid mikroelektronika. Így szükség volt nemcsak az említett jelenségkör részletes vizsgálatára, hanem az elméleti modellek kidolgozására is (akkoriban a Mikroelektronikai Vállalatnál folyó kutatásokhoz kapcsolódóan). Bár az elektronikai és mikroelektronikai ipar, valamint kutatás-fejlesztés rendszerváltást követő visszaesése átmenetileg szüneteltette a hazai érdeklődést a téma iránt, megnyílt a lehetőség ugyanakkor az eredmények nemzetközi megismertetésére, az államilag támogatott alap kutatás végzésére. Ennek következményeként a kutatásnak inkább az alap kutatási vonatkozásait vittük tovább az F007365 sz. OTKA pályázati projekt keretében 1992 és 1996 között, majd folytatva mindezt 1999-től a T030574 OTKA keretében. Eközben nemzetközi szintű érdeklődés követte az eredményeket elsősorban az USA-ban, ahol a nagymegbízhatóságú (űrtechnikai, repülőgépi, gépjárműbeli) elektronikai egységek tervezésében szinte mindennapos

probléma a migrációs meghibásodások elleni küzdelem. Egy-két éves gyakorisággal cikket publikáltunk és előadásokat tartottunk az IEEE, az IMAPS (Int. Microelectronics and Packaging Society) és az IUMRS (Int. Union of Materials Research Societies) konferenciáin.

Fontos azt is megemlíteni, hogy a hazai vállalati struktúra átrendeződése közben ill. ellenére a Mikroelektronikai Vállalatnál megkezdett kutatásokat a részbeni utódvállalat, az INTERBIP munkatársai mindvégig figyelemmel kísérték, és mintakészítéssel, alapanyagok, valamint vizsgálati lehetőségek rendelkezésre bocsátásával támogatták a munkát. A hazai elektronikai ipar feléledése a 90-es évek második felében ismét előhívta a helyi ipar szélesebb érdeklődését a téma iránt, most egy kicsit más vonatkozásban: nem a nagymegbízhatóságú áramkörök oldaláról, hanem az olcsó, ezüsttartalmú alapanyagok alkalmazásával kapcsolatban. Két egészen konkrét hazai ipari terület folyamatosan igényelte a migrációs folyamatok jobb megértéséből származó eredményeket: az egyik a polimer vastagréteg technológián alapuló fóliatasztatúra-gyártás a „Freudenberg Mectec Hungary”-nál, illetve a hagyományos vastagrégeken alapuló nagyfeszültségű, nagyteljesítményű áramkörök gyártása a Siemens Bicskénél (illetve utódja, a Tycoelectronics). Az olcsó, környezetkímélő alapanyagok megbízhatósági problémáinak kiküszöbölésére irányuló kutatások, részét képezték az 1999-ben indult FKFP 300/99 pályázati projektnek.

A folyamatok megértése érdekében szükség volt egy teljesebb modellrendszer felállítására és a már ismertek elemeinek finomítására. Az egyes anyagrendszerekben lejátszódó migráció típusú jelenségek megértése és a befolyásoló tényezők megismerése érdekében meg kellett alkotni a migrációs folyamatok teljes hierarchiáját. Ennek felállításával végül kiderült, hogy a migráció klasszikus modellje csak egy speciális eset a sok közül – ráadásul csak korlátozott számú anyagtípusra igaz.

A kutatás vastagrégeket is érintő súlyponti területei a következők voltak:

1. A klasszikus migráció mélyebb megértése.

Bár a klasszikus migrációs modellt követő fémzés-típusok viselkedéséről igen nagyszámú publikáció jelent meg, ezek túlnyomó része esettanulmányokat közöl és tulajdonképpen „újrafelfedezik” magát a modellt. Kevés az a cikk, amelyik valóban új információt közöl és ezek sem vállalják fel az olyan tanulságok keresését, amelyek a mikroelektronikai összekötés-hálózatok fizikai tervezésében (anyagok és kötések megválasztása, topológia kialakítása) valamilyen mértékben irányadóak lehetnének. Ezen hiány pótlására folytattunk igen széles körű összehasonlító vizsgálatot – első lépésben az egyes anyagtípusok és szerkezetek migrációs viselkedésének klímaállósági teszteken alapuló összehasonlítására. Ezen kísérleti munka célja nemcsak az elméleti modellek megalkotása, kiegészítése volt, hanem az is, hogy a tervezői gyakorlatban használható eredményekre jussunk a különböző anyagrendszerekben előforduló migrációs meghibásodások előfordulási valószínűségének összehasonlítása által.

A modellekkel kapcsolatosan korábban nem sikerült azt sem egyértelműen meghatározni, hogy az anyagok milyen jellemzője mérvadó migrációs meghibásodások kialakulásának gyorsasága szempontjából. Az eredmények értékelésekor kiderült, erre sincs általános érvényű leírás: feltétlenül meg kell különböztetni a vezetőanyagokat abból a szempontból, hogy az anódos felületi folyamatok, avagy az ionok elektrolitbeli viselkedése-e a mérvadó.

Tisztázatlan volt a nemesfém ötvözők szerepének értelmezése. Bár közismert tapasztalati tényként kezelhető az ötvözők időnkénti (jó értelemben vett) drasztikus hatása a migrációra, pontosabb összefüggéseket feltáró vizsgálat ezzel kapcsolatban nem történt. Példaként említhető az ezüst és ötvözőinek saját tapasztalatokban is megfigyelt érdekes viselkedése. Az ezüst migrációs hajlamát palládium és platina ötvözőkkel szokták csökkenteni. A terner ötvözet esetében – kedvező összetétel mellett – teljesen megszüntethető a migráció. Bár az

elektroanalitikai és korróziós szakirodalom szinte áttekinthetetlen információmennyiséget tartalmaz az egyes anyagok anódos viselkedéséről, mégsem sikerült olyan adatokat találni, amelyek alapján egyértelműen meg lehetett volna érteni ezt a viselkedést. Ennek legfőbb oka az, hogy az elektroanalitikai módszerekkel az itt szóba jövő tiszta (ötvözetlen) anyagokat vizsgálták, viszonylag kis (max. 1V körüli) potenciál mellett, erősen savas vagy lúgos közegben. Ezért alapkutatást kellett végezni magának a módszernek a kidolgozása érdekében is. A modern ciklikus voltammetriát, illetve ennek a migrációs elektrokémiai viszonyokat jól modellező változatát lehetett alkalmazni. Ezzel lehetőség nyílt a migráció közbeni elektród-folyamatok, valamint az ötvözők hatásának eddiginél tudományosabb megismerésére.

2. A klasszikus modellől eltérő, anódos dendritesedéssel járó migrációs jelenségek vizsgálata

Egyes fémeknél a klasszikus modellnek ellentmondó migrációs jelenségek voltak tapasztalhatók, amiket a szakirodalom ellentmondásosan kezelt, az elméleti magyarázat megadását pedig meg sem kísérelték: ilyen például a nikkel anódos dendritesedése, amely klasszikus modellel nem írható le. Tisztázni kellett, hogy valójában mi a helyzet: ténylegesen Ni dendritek képződnek-e, azok anyaga honnan kerül az elektrolitba, és mi lehet ilyenkor a migráció mechanizmusa.

3. A vastagréteg anyagkomponensek kötésállapotának befolyásoló hatása a redukálódott szigetelőkomponensek migrációs zárlatkialakítási hajlamára

Magát a redukálódott szigetelőkomponensek migrációjának modelljét még a 80-as években folytatott kutatómunka során sikerült előzetes követelményként felállítani. Az új modell lényege, hogy a zárlatokhoz vezető fémkomponensek nemcsak valamely fémezéspályából származhatnak, hanem a szigetelő rétegekből is – azok egyes fémoxid összetevőinek kémiai-elektrokémiai reakciói által. Alacsony hőmérsékleten beégetett üveg-kerámiánál (LTCC – low temperature cofired ceramic), illetve vastagréteg szigetelőknél a következő komponensek mutathatják ezt a viselkedést: a réz, a bizmut, az ólom és a vas oxidjai, amelyek az említett típusú szigetelők gyakori összetevői. A tapasztalatok azt is mutatták, hogy a zárlatok kialakulásának valószínűsége erősen függhet az anyagösszetétel mellett a hőkezelési paraméterektől is. Így feltételezhető volt a rétegbeli fémkomponensek kötésállapotának, illetve az eredetileg oxid állapotú adalékok hőkezelés közbeni szilárd fázisú átalakulásainak a későbbi migrációs tulajdonságokat lényegesen befolyásoló hatása. Ezzel kapcsolatban a következő fontos megállapításokra jutottunk:

- A beégetés során új fázis kialakításában részt vevő fémoxidoknál (CuO , Bi_2O_3 , PbO) létezik olyan határkoncentráció, amely alatt tökéletesen végbemegy a kémiai reakció, így fémoxid nem marad a rétegben, ezért migrációs zárlatok nem keletkeznek a kész rétegben. Ezen anyagoknál a határkoncentráció feletti összetételek mellett is javítható a migrációs viselkedés a beégetési csúcshőmérséklet és idő növelésével. Ilyenkor a tökéletesebb reakció felé tolódik el a beégetési folyamat, s a migrációs viselkedés meghatározója az új fázis kialakításában részt nem vett fémoxid mennyiség.
- A beégetéskor új fázis kialakításában részt nem vevő fémoxidoknál (pl.: Fe_2O_3) egészen kis koncentrációknál is felléphet migrációs meghibásodás. Ilyenkor a beégetési paraméterek nem befolyásolják lényegesen a kialakult rétegben a migrációs viselkedést.

A rétegbeli oxidok beégetés közbeni átalakulásai adnak tehát kézenfekvő magyarázatot arra, hogy a későbbiekben a redukálható szigetelőkomponensek migrációs viselkedése miért függvénye az összetételnek és a technológiai paramétereknek. A szakirodalmi állítások és a rendelkezésre álló állapotdiagramok nem szolgáltattak azonban egyértelmű választ az átalakulások jellegére és hőmérséklettartományára vonatkozóan. A pontosabb megismeréshez szükség volt ezért saját kísérleti munkára. A szilárd fázisú reakciók nyomon követésére a hőkezelés közbeni in-situ röntgen-diffrakciós vizsgálatok nyújtottak lehetőséget. Munkámban az említett fémoxidok reakcióit vizsgáltam a vastagrétegekben alkalmazott funkcionális dielektrikum tipikus példáján, a BaTiO_3 -on.

4. A „virtuális” migráció

A redukálódott szigetelőkomponensek zárlatképződési mechanizmusainak vizsgálata során tapasztalni lehetett, hogy a szigetelőrétegben a fémesen vezető csatornák kialakulása kétféle alapvető mechanizmus szerint mehet végbe: a szigetelőkomponensek redukciója, ionos migrációja és dendrites leválása által, illetve a redukció lokális lezajlása és „továbbterjedése” révén anélkül, hogy valóságos fémion-vándorlás és dendritkiválás végbemenne. Ezen utóbbi hipotetikus esetet „virtuális” migrációnak neveztem el. A kutatás egyik részének célja ezen „virtuális” migráció, és a redukálódott szigetelőkomponensek kétféle migrációs mechanizmusa létezésének igazolása volt, amelyre bizonyítékot a kétféle aktivációs energia létezésének valamint a dendritképződési mechanizmusok különbözőségének kimutatása szolgáltatott.

5. Ionos szennyeződések hatása az elektrokémiai migrációra

Korábbi vizsgálatok már rámutattak arra, hogy a szennyeződések összetett, és egymással ellentétes hatásokat gyakorolhatnak az elektrokémiai migrációra. Ezek a következők:

- nedvszívó hatásuk révén a só jellegű szennyeződések növelik az összefüggő nedvességréteg kialakulásának valószínűségét;
- az ionok megnövelik az elektrolit vezetőképességét, ezzel felgyorsítva az ionvándorlási folyamatokat;
- az anionok gyorsíthatják, vagy komplex-képződés révén előidézhetik az egyébként nem végbemenő anódos oldódást;
- az anódról beoldódott kationok a szennyező anionokkal csapadékot képezhetnek, ami megakadályozza a katódhoz jutásukat, azaz a zárlatképződést is.

A felsorolt, egymással interferáló hatások ellentmondásos tapasztalati eredményekre vezethetnek: míg a zárlatok hibaanalízise esetén gyakran kimutatható a kloridion szennyeződés, addig annak mesterséges bevitelkor meghibásodások egyáltalán nem keletkeznek. A szakirodalomban meglehetősen ellentmondásos állítások láttak napvilágot ezekkel a tapasztalatokkal kapcsolatosan. Mind elméleti, mind pedig gyakorlati szempontból is fontos volt ezért a szennyeződések hatásának következetes vizsgálata a felületi koncentráció függvényében. Ezt az is indokolta, hogy az áramköri modulok megbízhatóságának, gyártási költségeinek egy igen meghatározó eleme a szerelés utáni tisztítás.

6. Az olvadék elektrolitban lejátszódó elektrokémiai migráció

A korábbi tanulmányok egyike sem fedezte föl a „nedves” elektrokémiai migráció és a magas hőmérsékleten (üveg-kerámia kompozit szerkezetek beégetésekor) olvadék elektrolitban végbemenő rövidzár-kialakulás analógiáit. Ezen utóbbi elvben a többretegű üveg-kerámia és vastagréteg szerkezetek beégetésekor játszódhat le az ún. „battery effect” révén, amikor a beégetés közben a megolvadt üveg elektrolitot képez, és vele együtt az eltérő anyagú vezetőrétegek galvánelemet alkotnak. Az effektus egyik gyakori következménye az elektrokémiai folyamatokat kísérő oxigénfejlődés miatti rétegfelhólyagosodás. Másrésztől, a többretegű szerkezetek előállításakor gyakran keletkeznek rövidzár jellegű meghibásodások is, amelyeket nem lehet minden esetben a rétegfelválás illetve túlyuk-keletkezés rovására írni. Kézenfekvően adódik az a hipotézis, hogy a nedves elektrolithoz hasonlóan, az olvadék elektrolitban végbemenő migráció létét is feltételezzük ezekben az esetekben. Hőkezelés közbeni in-situ elektromos mérésekkel a közvetett, valamint mikroanalitikai vizsgálatokkal a közvetlen bizonyítást lehetett megcélozni. Ezzel kapcsolatban újszerű módszer kidolgozása is szükségesé vált a vezető/szigetelő/vezető szendvicsszerkezetekben létrejött rövidzárok lokalizálása érdekében. A „nedves” elektrokémiai migráció könnyen végbemegy a felületen is, ezért mikroanalitikai vizsgálatok közvetlenül elvégezhetőek az ilyen rövidzárokat tartalmazó mintákon. Az olvadék elektrolitú migráció inkább tömbi folyamat, amely valódi többretegű vezető/szigetelő/vezető szendvicsszerkezetekben játszódik le. Ilyen esetben a rövidzárok csak metszeti csiszolatokon, avagy a felső vezetőréteg eltávolítása után vizsgálhatók

(az alkotóelemek meghatározása céljából elektronmikroszkóppal és elektronsugaras mikroanalízissel). A roncsolásos beavatkozás előtt kívánatos volt ilyenkor a rövidzár helyének meghatározása. Erre a különböző mélységekre koncentrált C-módú ultrahang-mikroszkópia alkalmazása adott reményt, amelynek az újonnan kidolgozott alkalmazástechnikája lehetővé tette a zárlatkialakulás helyének roncsolásmentes azonosítását a további vizsgálatok előtt.

A részben már meglévő modellek kiegészítésével és újak posztulálásával felállítottuk az elektrokémiai migrációs mechanizmusok rendszerét. Ezen osztályozás elengedhetetlennek bizonyult az egyes anyagok migrációs viselkedésének és az azt befolyásoló tényezők pontos értelmezéséhez. Bár a végeredmény (a rövidzárak kialakulását előidéző dendritesedés) minden esetben ugyanaz, lényegesen különbözőek lehetnek az ahhoz vezető folyamatok. Így a klasszikus migrációs modell alapján megtett következtetések nem általánosíthatók. Ennek a felismerésnek a hiánya okozta számos esetben a kísérleteknek ellentmondó állításokat. A rendszerezés a következő (dőlt betűs szedés jelzi az általunk bevezetett modelleket ill. azokat, melyekre vonatkozóan lényeges előrelépést sikerült elérni):

a/ a „nedves” elektrokémiai migráció modelljei

a-1/szennyező ionoktól mentes migráció

- klasszikus modell
 - gátolatlan anódos oldódással járó migráció
 - az anódfolyamatok által meghatározott (passzivilódással gátolt) migráció
- anódos dendritesedéssel járó migráció
- redukálódott fénoxid komponensek migrációja
- redukálódott fénoxid komponensek „virtuális” migrációja

a-2/ migráció szennyező ionok jelenlétében

- szennyező ionok által indukált migráció
- szennyező ionok által módosított migráció

b/ migráció elektrolit oldadékban

A fenti modellrendszerrel kapcsolatos új tudományos eredmények Harsányi Gábor MTA doktori értekezésében olvashatók. Valamennyi terület részletesebb bemutatására itt nincs lehetőség, de egy érdekes esettanulmányt ismertetünk az alábbiakban: szennyeződést tartalmazó polimer vastagréteg szerkezetekben kimutatott ezüst migrációs rövidzárak analíziséte.

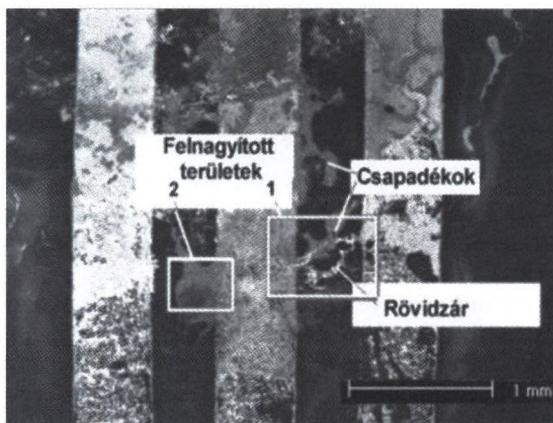
Polimer vastagréteg összeköttetés-hálózatokban észleltek olyan funkcionális meghibásodásokat, amelyek a vezetőrétegek közötti szigetelési ellenállás időleges vagy végleges lecsökkenéséből származtathatók.

Az összeköttetés-rendszerek legfontosabb jellemzői a következők:

- a hordozó műanyag fólia;
- az összeköttetés-hálózat szitanyomtatott polimer vastagréteg ezüst vezetőrétegből készült;
- a fólián nincs további védőréteg; ez egy szokásos megoldás olcsó összeköttetés-rendszerekben.
- *Az elektromos és mikroszkóp alatti vizuális hibaanalízis* a következőket tárta fel:
- Az egymás mellett futó, egyenfeszültség alatti, szomszédos vezetópályák közötti szigetelési ellenállás drasztikus mértékben lecsökkent, a meghibásodási helyeken.
- A meghibásodások a fokozott környezeti igénybevételnek kitett helyeken fordultak elő.
- A mikroszkóp alatti vizuális megfigyelés alapján fémes dendriteket, sötét, valószínűsíthetően fémesen vezető jellegű rétegeket, illetve sötétbarnás, szerkezet nélküli csapadékokat lehetett megfigyelni a rövidzárat mutató vezetőrétegek között (l.a. színes melékletben a 6.ábrát).

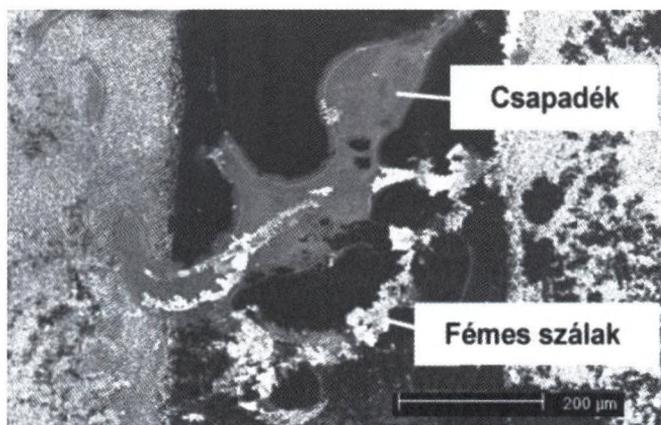
Mikroanalitikai vizsgálatokat végeztünk a meghibásodott mintákon pásztázó elektronmikroszkóp (SEM) és energiadiszipatív elektronsugaras röntgen-spektroszkópia (EDAX) alkalmazásával: visszashórt elektronképek (BEI), röntgen-spektrumok és elemeloszlási röntgen-térképek készítésével. A vizsgálat eredményeit a 7–13. sz. ábrák illusztrálják (a 9. ábrát l. a színes mellékletben). (A felvételek a BME Mechanikai Technológia és Anyagszerkeztani Tanszéken készültek.)

A polimer vastagréteg áramkörtön megjelent egyik jellegzetes hibahely mikroszkópi felvétele. Sötét, dendritre emlékeztető szerkezetek, a vezetőrétegek között sok helyen folytonos sötét réteg, ill. struktúra nélküli, barnás árnyalatba menő csapadékok figyelhetők meg ezen a területen. A piros keret jelzi azt a területet, amelyet pásztázó elektronmikroszkóppal is megvizsgáltunk



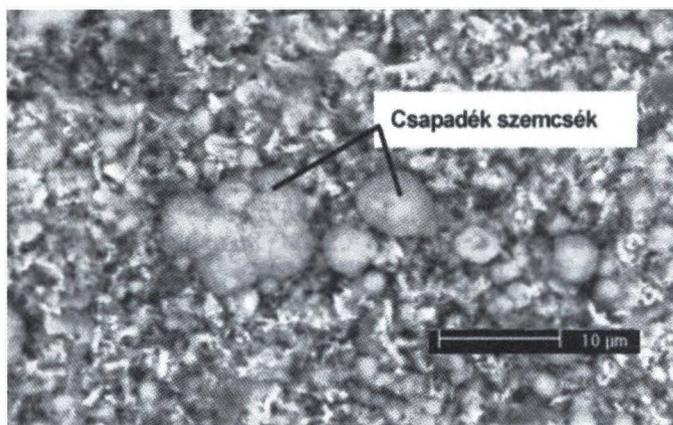
7. ábra. A 6. ábrán bejelölt területről készített visszashórt elektronkép (BEI).

Az elemeloszlási kontraszt jól mutatja egy világos, valószínűsíthetően ezüst rövidzár-fonal körvonalait a szintén világos kontrasztot mutató vezetőrétegek között. A csapadékok sötétebb kontrasztot adnak, míg a szerves hordozó gyakorlatilag fekete. A keretek kijelölik a nagyobb nagyításban végzett további vizsgálatok területeit



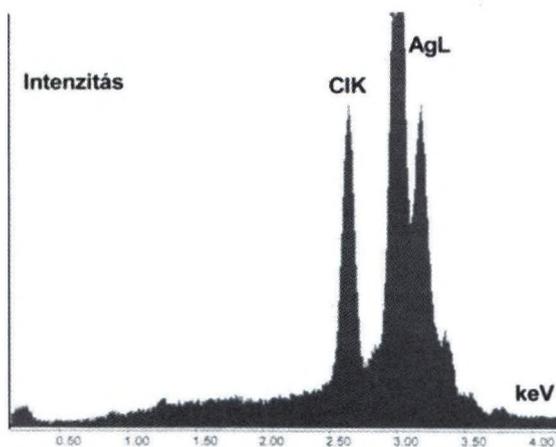
8. ábra. A 7. ábrán bejelölt 1.sz. területről készített, felnagyított visszashórt elektronkép (BEI).

A világos, fémes fonal dendritszerű szerkezetet mutat, különösen a jobboldali vezetőréteg mellett. A szabályos, faágakra emlékeztető dendrites szerkezetet valószínűleg tönkretette a rövidzár kialakulásakor átfolyó áram



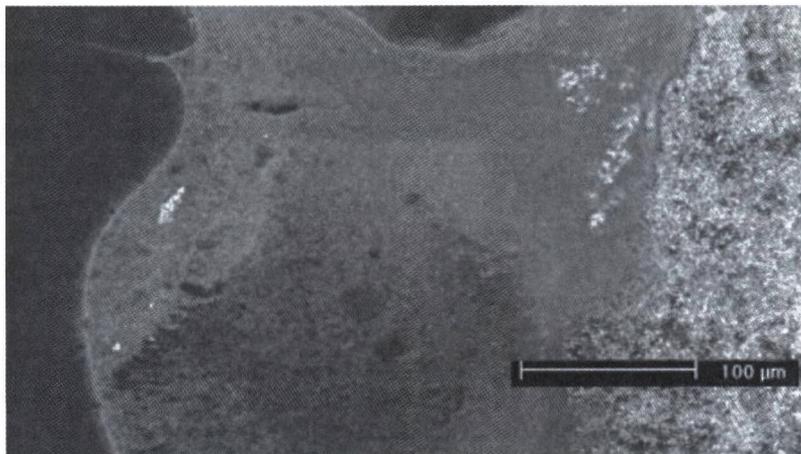
10. ábra. A 8. ábrán látható csapadék nagy nagyítású felvétele. Felismerhetők a csapadék szemcséi a felületen

Minden kétséget kizáróan mutatja a felvétel, hogy a rövidzárat okozó szál valóban ezüstből áll. Erős egybeeséssel jelentkezik a klór és az ezüst a csapadékban, ami ezek szerint AgCl kell, hogy legyen. A kén viszonylag egyenletesen oszlik el, nem mutat strukturálódást. A kén általában alacsony koncentrációban jelen van a levegőben hőkezeléssel készített mintákon, különösen az ezüst felületeken, amely levegőben szulfidizálódik. A klór láthatóan nagyobb felületi koncentrációban van jelen, valószínűsíthetően valamilyen külső szennyezésből származik.



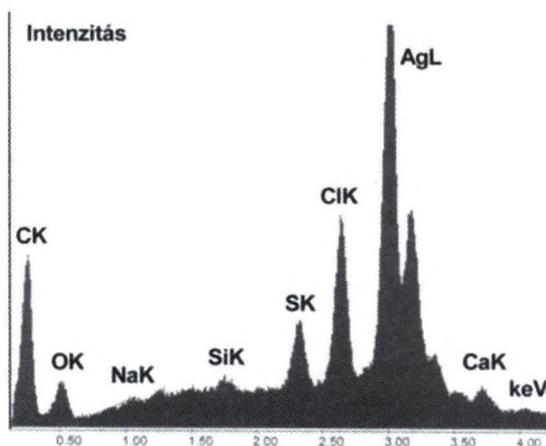
11. ábra. A 10. ábra szemcséiről készített röntgen-spektrum.

Mivel kizárólag az ezüst és a klór csúcsai ismerhetők fel, a csapadék nyilvánvalóan AgCl. A kvantitatív analízis 70%Ag/30%Cl atomarányt mutatott ki: ez alapján feltételezhető fémes ezüst jelenléte is a csapadékzónában



12. ábra. A 7. ábra 2.sz. területéről készített visszaszórt elektronkép. A szürke csapadék dominálja a felvételt.

A hordozó elemei (C, O), az ezüst, a klór és a kén mellett felfedezhető két újabb szennyező csúcsa: ezek a Si és a Ca, amelyek porszemcsékben előforduló komponensek, így jelenlétük nem meglepő.



13. ábra. A 12. ábra területéről készített globális röntgen-spektrum.

Értékelés:

- Az analitikai eredmények szerint határozottan a klór-szennyezés dominálja a meghibásodási zónát.
- A fém-klorid só szennyezés előidézhetheti a nedvesség felületi kondenzációját a normál körülménynek számító 75%-os relatív páratartalom mellett is. Összefüggő nedvességréteg

jelenlétében elindulhat az ezüst migráció az egyenfeszültség alatt álló, szomszédos vezetőrétegek között.

- Az analitikai eredmények mind rövidzár, mind pedig AgCl csapadék jelenlétét kimutatták, amelyek a nedvesség kicsapódását követő migrációs-korróziós folyamatok eredményeként alakultak ki.
- További szennyező elemek is kimutathatók voltak, de ezek általában jelen vannak a nyitott áramköri felületeken.
- Mindezek alapján látható, hogy ezüst migrációs rövidzárok kialakulhatnak kloridion-szennyezés jelenlétében is; vagyis a kloridionok nem feltétlenül képeznek olyan mértékben csapadékot, hogy teljesen megszűnjön a migráció.

2.2. Vastagrétegek és elektronvezető polimerek kombinációján alapuló enzimatis bioszenzorok

A BME Elektronikai Technológia Tanszéken folyó kutatások másik fókuszpontjába a rétegtechnológiák és elektronvezető polimerek kombinációján alapuló szenzorok kerültek dr. Harsányi Gábor témavezetésével. Áttörést sikerült elérni például a húgysav bioszenzorok területén egy hazai kutatási együttműködésben, dr. Visy Csaba (SZTE) és Dobay Róbert (később dr. Sántha Hunor) doktorandusz (BME) részvételével egy OTKA támogatás keretében (témaszám: T021102), amely 1996-ban indult, és folytatódott az F030129 sz. OTKA kutatás keretében.

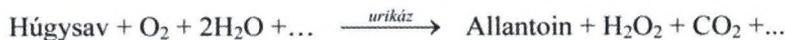
A kutatás célkitűzése volt újszerű, alacsony költségű, mikroelektronikai rétegtechnológiákkal előállítható, elektrokémiai cella típusú, elektrokémiaileg leválasztott, elektronvezető polimer (EVP) rétegeket alkalmazó enzimatis bioszenzorok előállítási technológiájának kutatása. Ezzel együtt szükséges volt az érzékelők paramétereinek vizsgálata, különös tekintettel a stabilitásra; modellek felállítása az instabilitás fizikai kémiai okainak magyarázatára továbbá javaslatok megtétele olyan anyagrendszerek és mérés technikai módszerek kidolgozására, melyek minimalizálják ill. kezelhetővé teszik az instabilitást egy adott használati perióduson belül.

A 90-es évek közepére az érzékelő-kutatás szinte legprogresszívebb ágává a bioszenzorok területe vált. Ezek egyik típusa az enzimreakciókon alapuló érzékelők. Nagy erővel folytak és folynak a kutatások olyan enzimatis bioszenzorok előállítására, melyek alkalmasak az élő szervezetben belüli folyamatos megfigyelésre (*in vivo* monitoring), mint például a vércukorszint, a karbamid- vagy a húgysavtartalom jelzésére. A legnagyobb probléma egyelőre az érzékelők instabilitásából adódó rövid idejű használhatóság. Ennek magyarázata az enzimek kioldódása ill. bomlása, valamint az elektródok és/vagy a rétegek degradációját és/vagy delaminálódását előidéző reakciótermékek keletkezése. Az esetek nagy részében még nem azonosították egyértelműen az okokat.

A szakirodalomban leírt bioérzékelők készítésekor különböző enzimeket (glükóz-oxidáz, ureáz, koleszteráz, urikáz stb.) rögzítettek az érzékelők felületén, a legtöbb esetben a kiemelt fontosságú vércukor detektálását tartva elsődleges fontosságúnak. Kevés kutatás foglalkozott a hasonló jelentőségű húgysav érzékelésével. Az érzékelő jelentőségét az is növeli, hogy biológiai szempontból nagyon fontos információt adhat a vérben vagy a vizeletben lévő húgysav mennyiségéről. A vérben a megengedett értéknél nagyobb húgysav-koncentrációból helytelen veseműködésre (veseelégtelenségre, mérgezésre, anyagcsere betegségekre) következtethetünk. Ilyenkor a vese nem választja ki megfelelő mértékben a húgysavat. A vérben a megnövekedett koncentrációjú húgysav sója az izületeknél lerakódik, kikristályosodik, és köszvényt okozhat.

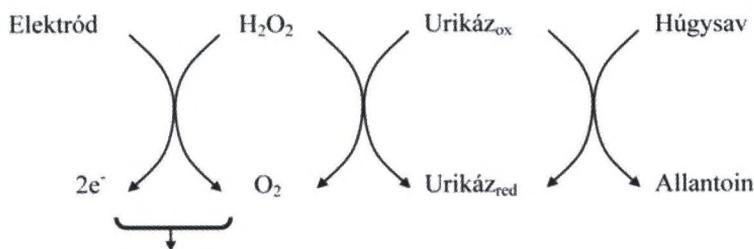
A húgysav detektálásakor urikáz enzim által katalizált kémiai folyamat:

A hidrogén-peroxid detektálása a legegyszerűbben úgy történhet, hogy a keletkezett hidrogén-peroxid oxidációs áramát közvetlenül mérik.



A teljes folyamat részleteit az 14. ábra szemlélteti.

A korábban húgysav-érzékelő készítésére tett kísérletek legnagyobb problémája a kis érzékenység és a rövid élettartam volt. Az enzimszenzorok másik komoly hátránya az, hogy előállításuk költségek igen magas, sok esetben a technológia is rendkívül bonyolult volt.



14. ábra. A húgysav-detektálási folyamat részciklusai

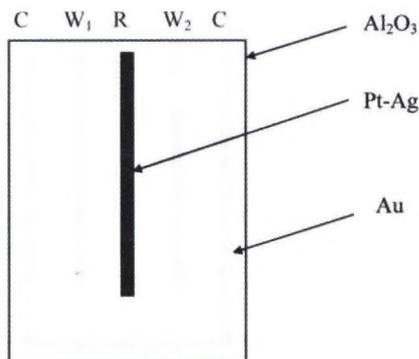
Az Al_2O_3 kerámiahordozót (96%), a Pd-Pt-Ag, az Au és a Pt-Ag vastagréteg vezetőpasztákat az EMCA-Remextől vásároltuk. A metilpirrol (MPy) (Aldrich) a felhasználás előtt frissen desztilláltuk. A Na-dodecil-szulfát (SDS) (>99%, Sigma), az urikáz enzimet (EC 1.7.3.3 from *Candida Utilis*; 2,9 U/mg aktivitás, Sigma-Aldrich) és a húgysav (>99%, SIGMA) gyári csomagolásban, változatlan formában használtuk fel. Az oldatokat Milli-Q desztillált vízzel készítettük. A bioérzékelő kalibrációja ill. mérése során Na/K foszfátbuffer oldatot használtunk. Ugyanez az oldat szolgált az érzékelők tárolására is. A polimerizációt és a méréseket kettős potenciosztáttal végeztük, melynek sajátossága, hogy két munkaelektrodot egyszerre képes polarizálni. Az ElectroFlex típusú potenciosztát üzemeltetése egy számítógépbe illeszthető ISA buszos kártyán került megvalósításra.

Az érzékelő topológiáját Al_2O_3 kerámiahordozón alakítottuk ki vastagréteg technológiával. Így olcsón és gyorsan elkészíthető az érzékelő alapja. A vastagréteg vezetőanyagok egyúttal kevésbé érzékenyek kémiai reagensek károsító hatására. (A Si technológia esetében már egyes ionok jelenlétében is megváltozhat a viselkedésük. Vékonyrétegeknél pedig probléma az elektród fémanyagának esetleges „elfogyása”). A nyomtatáshoz használt maszk elkészítése is jóval egyszerűbb és olcsóbb, mint más technológiáknál, mert nem igényel nagy felbontóképességet és a réteg vastagsága egyszerűen változtatható. Ezzel az eljárással – szükség esetén – multifunkciós, többrétegű szerkezetek könnyen kialakíthatók. A technika könnyen átvihető ún. polimer vastagréteg alapra, ami jelenleg az egyik legolcsóbb technológia vezetőhálózatok kialakítására.

A bipotenciosztatikus mérési eljárás lényege, a két munkaelektrodot tartalmazó topológia, valamint a két munkaelektrodot egyidőben polarizálni képes mérőeszköz. A rétegek készítés az egyes elektródokon szeparáltan zajlott: először az enzimelektrodot, majd a polimer elektródot készítetttem el. Fontos követelmény, hogy a két munkaelektrodot az enzimtől eltérően azonos viselkedésű legyen, ugyanis csak így biztosítható, hogy a mért áramok különbsége kizárólag az enzimreakció termékével legyen arányos. Az amperometriás mérési elvet megtartva, a

stacionárius állapot kialakulása utáni áramértékek regisztrálásával a húgysav koncentrációval arányos áramkülönbség mérhető. A kettős potenciosztát a két munkaelektrod áramát egyidejűleg volt képes mérni és elvégezte a különbségképzést is.

A munka- és ellenelektrodot arany vezetőpasztából készítettük. Ez abból a szempontból is megfelelőbbnek tűnt, hogy a vezető réteg homogén összetételű. A referenciaelektrod anyag Pt-Ag, amit kloridizáltunk A tervezésnél figyelembe vettük a szimmetrikus topológia kialakításának szükségességét, ugyanis fontos az oldatban kialakuló egyensúlyi viszonyok fenntartásának biztosítása. Az egyik munkaelektrodra (W2) elektronvezető polimert - poli-N-Metilpirrolt (PMP) - választottunk le galvanosztatisz úton elektrokémiai oxidációval. A másik elektrodra (W1) PMP/urikáz oldatból készítettünk filmet (l.: 15. ábra).



15. ábra. A bipotenciostatisz mérési eljáráshoz alkalmazott ikercella topológiája

Az elektronvezető polimer leválasztását elektrokémia eljárással végeztük egy lépésben az enzim immobilizálásával. Elméleti megfontolások és gyakorlati tapasztalatok szóltak a poli-N-metilpirrol alkalmazása mellett. Először megpróbálkoztunk a sokszor alkalmazott ciklikus voltammetriás eljárást követni, majd megpróbáltuk a galvanosztatisz eljárás alkalmazását. Ez utóbbi kedvezőbbnek bizonyult az enzimbeágyazás szempontjából.

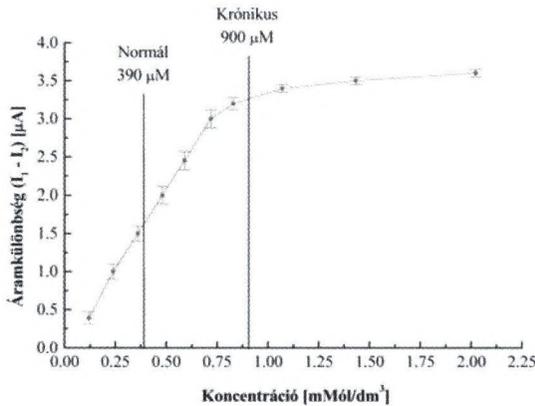
Mint említettük, az áramtöbblet ad hasznos információt a húgysav mennyiségéről, amely az enzimreakció eredménye. Bár az enzim beépülése nagymértékben megváltoztatja a polimerfilm szerkezetét, a két elektrod együttfutásából mégis arra következtethetünk, hogy az érzékelés szempontjából a két elektrod egyformán viselkedik. Ezt támasztja alá a 16. sz. ábrán látható görbe (l. a színes mellékletben), melyen megfigyelhető, hogy a húgysav beadása előtt a két elektrod árama között nincs különbség. A 0,5 mM/l húgysav beadása 100 s-nál történt. I_1 enzimelektrod árama, I_2 polimer elektrod árama, $\Delta I = I_1 - I_2$. Az ábra alapján belátható, hogy bár a húgysav elektroaktivitást mutat az enzimet nem tartalmazó polimer elektrodon is, a H_2O_2 oxidációs áramának szelektív mérése differenciális mérési módszerrel lehetségessé válik.

A munkaelektrodokat 0,2 V-os potenciálon tartva, 22 °C-on, pH= 6,5 mellett különböző koncentrációjú húgysav-oldatokban elvégeztük az érzékelő kalibrációs karakterisztikájának meghatározását. A kalibrációs görbéről leolvashatók a fiziológiailag előforduló tipikus értékek is (l.: 17. ábra).

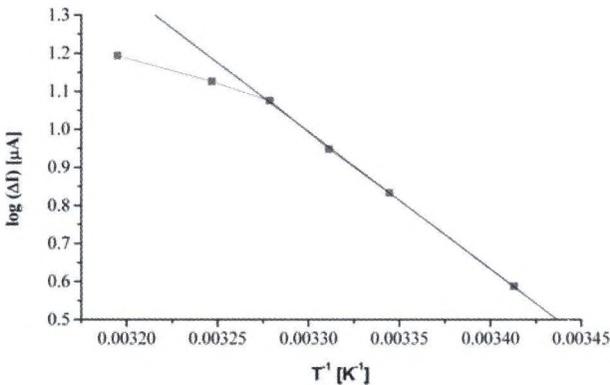
Az ábra alapján megállapítható, hogy a bioérzékelő lineáris mérési tartománya lefedi a fiziológiai szempontból fontos tartományt, és e tartomány alsó szélsőértéke alatt is megtartja lineáris jellegét. A felső szélsőérték fölött nincs jelentősége a jelleggörbének, sőt még az érzékelő használatának sem, ugyanis a krónikus tartomány feletti értékek az emberi szervezet

tűrészatárán vannak. Az ábráról leolvasható az is, hogy az egyes koncentrációértékeken mért adatok reprodukálhatósága 10%-on belül van.

A detektálási folyamat hőmérsékletfüggő jellege a mértékek hőfokfüggését eredményezi. A 18. sz. ábrán a bioérzékelő hőmérsékletfüggése látható, ami jól követi az elméletileg indokolható Arrhenius-jelleget.



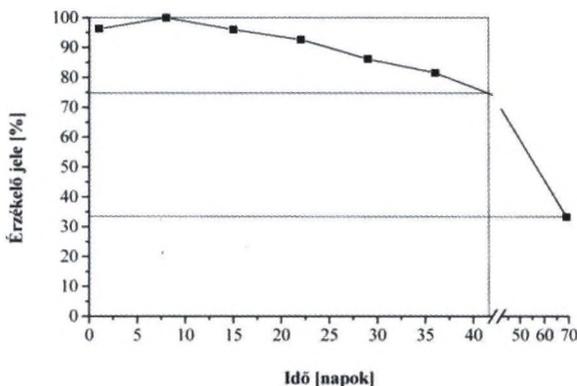
17. ábra. A vastagréteg bioérzékelő kalibrációs görbéje



18. ábra. A bioérzékelő áramának hőmérsékletfüggése

A tervezett orvosi biológiai felhasználási terület sajátosságait figyelembe véve, megvizsgáltuk az érzékelő viselkedését különböző – az emberi vérben is megtalálható – zavaró összetevők hatására. Példaképpen a vércukor hatását vizsgáltuk. Az alapoldathoz adott 2 mM/l mennyiségű glükóz hatását a 19. sz. ábrán követhetjük nyomon (1. színes mellékletben). Az ábrán látható, hogy a glükóz a várakozásnak megfelelően nem okozott semmilyen eltérést a mérésben, hiszen az urikáz enzim szelektivitása biztosítja, hogy enzimreakció ne tudjon végbemeni, másrészt a glükóz, összetételéből eredően nem oxidálódik az elektródokon. Az is megállapítható, hogy a glükóz jelenlétének ellenére az elektród a húgysav beadására megőrizte korábbi sajátosságát.

A működési stabilitást úgy határozzák meg, hogy az érzékelőket folyamatosan vagy periodikusan mérik mindaddig, amíg az érzékelő elemek működőképes állapotban vannak. Munkánk során ezen utóbbi paramétert határoztuk meg, az eredményeket a 20. ábra mutatja.



20. ábra. A bioérzékelő működésének stabilitása

Az érzékelőt Na/K puffer oldatban tároltuk 4 °C-on. A készítéstől számítva 70 napon keresztül hetente azonos húgysav-koncentrációjú oldatban vizsgáltuk az érzékelőket. Végeredményben azt tapasztaltuk, hogy az érzékelő megtartotta koncentrációfüggését, és jelének 20%-át veszítette el, ami az enzim degradációjának óhatatlan következménye. Megállapítható, hogy az új polimerizációs technikának köszönhetően olyan stabil érzékelőt készítettünk, amely hosszú ideig megőrizte aktivitását. Az általunk készített szenzor jóval felülmúlta az irodalomban eddig található hasonló technológiával készített eszközök élettartamát, amely néhány napra tehető.

Az elért legfontosabb eredmények a következőkben foglalhatók össze. A kutatás eredményeként sikerült egy ígéretesnek mondható húgysav bioérzékelő típust kialakítani. Az eszköz élettartama mintegy három hétre tehető, ami jó eredmény a bioérzékelők területén. A kimenőjel pH és hőmérsékletfüggése és a minimális keresztéffektusok lehetővé teszik a fiziológiai húgysav-koncentráció tartományban való mérés 1–2% pontossággal való végrehajthatóságát. A technológia és a mérés technika lehetővé teszi az olcsó, eldobható, de az egy használati perióduson belül stabil és megbízható, orvosi diagnosztikai célokra alkalmazható bioszenzorok előállítását. Az anyagszerkezet, a technológia és a mérés technika potenciálisan általánosabban is alkalmazható más jellegű bioszenzorok kialakításánál.

2.3. Polimer vastagréteg elektrolumineszcens (EL) kijelzők technológiája

A BME Elektronikai Technológia Tanszéken 1999 óta folynak az FMH Bt.-vel közösen kutatások a polimer vastagréteg elektrolumineszcens kijelzők technológiájának és üzemi körülményeinek optimalizálására a legjobb megbízhatóság és élettartam elérése érdekében. A kutatások résztvevői: Illyefalvi-Vitéz Zsolt, Ripka Gábor, valamint diplomatervezőként Bojta Péter és Ballun Gergely voltak.

Az elektrolumineszcens kijelzők esetében a fénysugárzást előidéző energiát elektromos térérel hozzuk létre. A lumineszcens anyagot (pl. ZnS) átlátszó fegyverzetek – fémezett üveghorodozók – közé helyezve és a kondenzátor kialakítású elrendezésre feszültséget kapcsolva a

fénypor lumineszcens sugárzást emittál. A fénykibocsátás egyen és váltakozó feszültség hatására egyaránt létrejön.

Amikor egyenfeszültséggel történik a gerjesztése a fénypor ellenállásként viselkedik, rajta egyenáram folyik. Váltakozó áramú meghajtáskor a rendszer kondenzátorként működik, rajta egyenáram nem folyik. A félvezető tulajdonságú fénypor az elektromos térben közvetlenül a fém-félvezető átmenetnél Schottky-gát alakul ki. Az elektródákon megjelenő feszültség nagyobbik része a fényporszemcse katód felőli oldalán, egy vékony rétegben, a Schottky gáton jelenik meg, aminek hatására a gerjesztett elektronok felgyorsulva elegendő energiát nyernék ahhoz, hogy a kialakuló elektron-lyuk párok lavinaszerűen felgyorsuljanak és megnöveljék az emissziós hatásfokot.

Az egyenfeszültségű meghajtáskor esetén a világító réteg ZnS, melynek egyik oldalán $5\ \mu\text{m}$ vastag ezüstréteg, míg a másik oldalán hasonló vastagságú átlátszó óndioxid réteg található. Meghajtásuk 100 V körüli egyenfeszültséggel történik. Áramfelvételük a folyadékkristályos kijelzőkhöz hasonló nagyságrendű, négyzetcentiméterenként 1–2 mW.

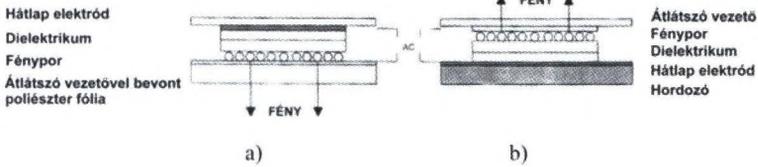
A váltakozó feszültséggel működtetett kijelző világító rétege mangánnal aktivált ZnS. A váltóáramú kijelzők kondenzátor felépítésűek, ezért a hordozókon kialakított fegyverzetekre átlátszó szigetelőréteg kerül, amelynek anyaga Al_2O_3 , Y_2O_3 vagy Si_3N_4 . Az aktív réteget sötét szigetelőréteggel zárják le, melyet Al-ból alakítanak ki a másik elektródán. A kijelzők készülnének hétszegmenses vagy pontmátrix kialakításban. Meghajtásuk az anyagtól függően 1% körüli kitöltési tényezőjű, több kHz-es, 100 V körüli feszültségű négyszögjellel történik.

Az elektrolumineszcens kijelzők síkkondenzátor struktúrában épülnek fel, melynek dielektrikumát szigetelő- és fénypor rétegek alkotják. Gyakorlati megvalósításuk vékony- és vastagréteg technológiával egyaránt lehetséges. A régebbi EL kijelzők kizárólag üveghordozóra, több lépésben felvitt vékonyrétegből készültek. Törekény voltuk, magas árú erősen behatárolta alkalmazási lehetőségeiket. Valószínűleg ennek tudható be, hogy nem terjedtek el széles alkalmazási körben. Az ELD terén áttörést jelentett a fényporok megjelenése a vastagrétegek készítéséhez használatos paszta formájában. Az eljárás lényege, hogy a korábban vákuumpárologtatással felvitt anyagból (adalékolt ZnS), mikrokapszulázási technikával, szitanyomtatásra alkalmas paszta készíthető.

A fénypor-pasztnak köszönhetően napjainkban az üveghordozó alapú EL kijelzők mellett megjelentek, és mind nagyobb teret nyernek a polimer vastagrétegből készült típusok is. Ezek gyártása sokkal egyszerűbb, mivel nem tartalmaz többlépéses vákuumtechnológiai eljárásokat, és teljesen kompatibilis a meglévő vastagréteg gyártó sorokkal. Széles körű elterjedésük és árú jelentős csökkenése várható a közeljövőben. Jelenlegi alkalmazási területük: LCD háttérvilágítás, hétszegmenses kijelzők, piktogram kijelzők, járművek műszerfala, kisfelbontású lapos képernyők, dekorációs célú világítás.

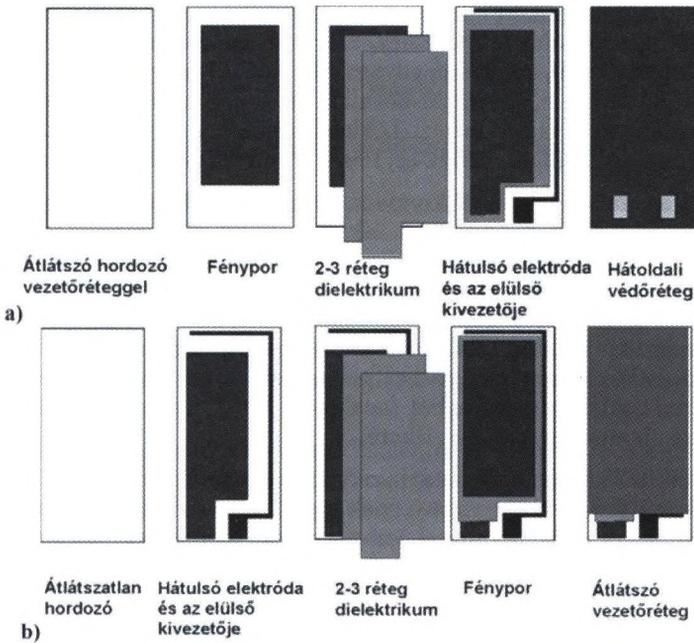
A vastagréteg EL kijelző működési elve, kondenzátor-struktúrája megegyezik a hagyományos EL celláival. Az alkalmazott rétegszerkezet szerint két típusba sorolhatók:

- A kijelző önálló egység, átlátszó hordozón épül fel és azon keresztül sugároz (l.: 21.a. ábra). A hordozó üveg, vagy mind gyakrabban 100...175 mm vastag poliészter fólia, esetleg vezető polimer. Utóbbi esetben az átlátszó elektródaréteg felvitele szükségtelen. A fóliaalapú kijelzők elsősorban műszerfalban és világító, érintőmezős billentyűzetben használatosak. Nagy előnyük a flexibilitás és a kis tömeg (600g/m^2). Öntapadó kivitelben is elkészíthetők.
- A kijelző az áramköri hordozóra kerül (pl. kerámia, nyomtatott huzalozás, stb.), a meghajtó áramkör mellé (l.: 21.b. ábra). Kisméretű, kijelzővel ellátott (pl. mérőműszer) áramkörök építésénél alkalmazott megoldás. A huzalozás, az alkatrészek és a kijelző egyazon hordozón foglalnak helyet, az integrált szerelőlemez-koncepciónak megfelelően.



21. ábra. Az elektrolumineszcens kijelzők kétféle szerkezeti megoldása

Az egyes rétegek anyagai (átlátszó elektród-, dielektrikum- és színes fénypor-paszták) a DuPont gyártmányválasztékában megtalálhatók. A paszták felvitele a hagyományos módon, szitanyomtatással történik. A kijelző mintázatát a fénypor és az elektródák maszkolásával lehet kialakítani. Ez lehetőséget ad a kísérleti topológia gyors és aránylag egyszerű megváltoztatására, ami a fejlesztés során igen hasznos lehet.



22. ábra. A vastagréteg EL kijelzők készítmény technológiái

A kijelző készítésének lépései a kétféle kivitel esetén a 22. ábrán láthatók. Az egyes rétegeket felvitelük után $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on 5 percre egyenként hőkezelik. A kijelzőre végül egy védőréteg kerül, amely a levegőben lévő nedvesség behatolása ellen véd: a nedvesség ugyanis erősen lecsökkenti az EL kijelzők élettartamát.

A 23. ábra egy ilyen flexibilis kijelzőt mutat be (1. a színes mellékletben).

Irodalom

Az elektrokémiai migráció témájához:

1. Harsányi, G.: A mikroáramköri összeköttetés-hálózatok meghibásodását okozó elektrokémiai migráció, MTA doktori értekezés, 2000.
2. Harsányi, G.: New Type Short Circuits at Fritless Thick Film Conductors – Formed from Reduced Oxides, *Proc. of the 25th Intern. Symp. on Microelectronics*, (ISHM – The Microelectronics Society), San Francisco, USA, pp.140–143, (1992)
3. Harsányi, G.: Dendritic Growth From Dielectric Constituents: A Newly Discovered Failure Mechanism in Thick-Film Circuits, *Int. J. Microcircuits & Electronic Packaging*, (ISHM-EIA), Vol. 16, No 3, pp. 207–216, (1993)
4. Harsányi, G.: Electrochemical Processes Resulting in Migrated Short Failures in Microcircuits, *IEEE Transactions on Components, Packaging, and Manufacturing Technology – Part A*, Vol. 18, No. 3, pp, 602–610. (1995)
5. Harsányi, G. Illyefalvi-V. Zs., and Jones, W.K.: Correlation between Material Composition, Processing, Chemical Bonding State, and Electrochemical Migration Failure Rate in Isolating Compounds of High Density Microelectronics Systems, *Proceedings of the 46th Electronic Components and Technology Conference*, (IEEE-CPMT), Orlando, USA, pp. 765–771, (1996)
6. Harsányi, G.: New Types of Reliability Problems in Porous Ceramic based Microdevices, *Materials Chemistry and Physics*, (Elsevier), Vol. 44, pp. 85–89, (1996)
7. Harsányi, G.: Material Design Aspects of High Reliability high Density Interconnects, *Materials Chemistry and Physics*, (Elsevier), Vol. 45, No. 2, pp. 120–123, (1996)
8. Harsányi, G.: Irregular Effect of Chloride Impurities on Migration Failure Reliability: Contradictions or Understandable? *Microelectronics Reliability*, (Pergamon-Elsevier), Vol. 39, pp. 1407–1411, (1999)
9. Harsányi, G.: Processing Induced Material Interactions Determining the Reliability of LTCC Multichip Modules, *Microelectronics Reliability*, (Pergamon-Elsevier), Vol. 40, pp. 339–345, (2000)
10. Harsányi, G.: Semmens, J. E., and Martell, S. R., „A New Application of Acoustic Micro Imaging: Screening MCM-C Multilayer Defects, *Microelectronics Reliability*, (Pergamon-Elsevier), Vol. 40, pp. 477–484, (2000)
11. Harsányi, G. and Inzelt, Gy.: A New Method for Comparing Migration Abilities of Conductor Systems Based on Conventional Electroanalytical Techniques, *Proceedings of the 50th Electronic Components and Technology Conference*, (IEEE-CPMT), Las Vegas, pp. 1666–1673, (2000)

Az érzékelők témájához:

12. Harsányi, G.: Polymer Films in Sensor Applications, Technomic Publishing Co., Lancaster (USA), Basel, p. 435, 1995
13. Harsányi, G.: Sensors in Biomedical Applications, Technomic Publishing Co., Lancaster (USA), Basel, p. 2000
14. Harsányi, G. Péteri, I. and Deák, I.: Low Cost Ceramic Sensors for Biomedical Use: a Revolution in Transcutaneous Blood Oxygen Monitoring? *Sensors and Actuators B*, Vol. 18–19, pp.171–174, (1994)

15. Harsányi, G.: Polymeric Sensing Films: New Horizons in the Sensorics? *Sensors and Actuators A*, Vol. 46–47, pp. 85–88, (1995)
16. Dobay, R. Harsányi, G., and Visy, Cs.: Detection of Uric Acid with a New Type of Conducting Polymer-Based Enzymatic Sensor by Bipotentiostatic Technique, 7th *European Conference on ElectroAnalysis*, Coimbra, Portugal, p. O-32, (1998), folyóiratban is megjelent: *Analytica Chimica Acta*, Vol. 385, pp. 187–194, (1999)
17. Harsányi, G. Dobay, R., and Visy, Cs.: Conducting Polymer-Based Electrochemical Sensors on Thick Film Substrate, *Proc. of the International Symposium on Electrochemical and Biosensors*, Mátrafüred, Hungary, p. L–20., (1998), folyóiratban is megjelent: *Electroanalysis*, Vol. 11, No. 10–11, pp. 804–808, (1999)
18. Harsányi, G. Réczey, M. Dobay, R. Lepsényi, I. Illyefalvi-Vitéz, Zs. Van den Steen J. Vervaeet, A. Reinert, W. – Urbancik, J. Guljajev, A. Visy, Cs. Inzelt, Gy., and Bársony, I.: Combining Inorganic and Organic Gas Sensor Elements: a New Approach for Multicomponent Sensing, *Sensor Review*, Vol. 19, No. 2, pp. 128–134, (1999)

Az kijelzők témájához:

19. Bojta – Harsányi– Králik: Kijelzők és képmegjelenítők, egyetemi jegyzet, Műegyetemi Kk. 1999.
20. DuPont: EL Seminar '98
21. King, C. N., *Electroluminescent Displays*, 1998. (elektronikus publikáció)

EGY SIKERES MIKROHULLÁMÚ MŰHELY: BONN MAGYARORSZÁG ELEKTRONIKAI KFT.

12



Kazi Károly

BONN HUNGARY
bonnh@bonn-hungary.hu

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Szélessávú Hírközlő Rendszerek Tanszéke (régiben a BME Mikrohullámú Híradástechnika Tanszék) 2002 októberében ünnepelte megalapításának 50 évfordulóját. Az ünnepi rendezvény előadói közül – a nemzetközileg is elismert nagy elődök munkájának méltatása, Istvánffy Edvin professzor, volt tanszékvezető emléktáblájának felavatása mellett – többen is beleszóltak mondanivalójukba azt a megállapítást, hogy sajnos ma Magyarországon nincs elektronikai, s főleg nincs mikrohullámú ipar. Ezzel a megállapítással nehéz vitatkozni, de egy kissé a verseny – rajtvonalnál történő – feladásához hasonlítható az, hogy ezen iparág újraélesztésének igénye sem fogalmazódott meg.

Pedig vannak az országban apró „sejtek”, amelyek kezdeményei lehetnek a nagy elődök nyomdokain újrainduló fejlődésnek. A teljesség igénye nélkül ilyenek például a Totaltel, a MobiTel, a TKI utódcegei, a GRANTE, a Teletechnika, a BME Szélessávú Hírközlő Rendszerek Tanszéke és a kapcsolódó vállalkozások, a Bonn Hungary stb. A fejlesztési területen dolgozó munkatársak számát, a termékpaletta sokszínűségét, a nemzetközi kapcsolatokat tekintve ez utóbbi a legjobbak közé tartozik. Az alábbi fejezetek a Bonn Hungary fejlődésével, elért eredményeivel, közeli, s középtávú fejlesztési elképzeléseivel foglalkoznak.

1. A kezdetek

Az 1990-es évek elején a magyarországi elektronikai cégek alapvetően négy fő csoportra voltak oszthatók:

Az egyik a korábban szebb időket látott magyar nagyvállalatok nyomdokain, azok egy-egy sikeresebb, a jelentősen megváltozott piaci viszonyok mellett is versenyképes termék, termékcsoporthoz, szolgáltatás továbbvitelére (át)alakult vállalkozások, többnyire jelentősebb szálalékban magánkézben. Ebbe a csoportba sorolhatók azok a cégek is, amelyek átszervezéssel, új vezetéssel, de gyakorlatilag változatlan tulajdonosi szerkezettel próbáltak meg alkalmazkodni az új körülményekhez.

A második csoport, a multinacionális cégek által Magyarországra telepített gyártás, vagy kereskedelmi képviselő, gyakorlatilag százszázalékos külföldi tulajdonban.

A harmadik csoportba sorolhatók azok a cégek, amelyek jelentősebb magyar erőfeszítéssel, csak korlátozott külföldi segítséggel (tőkével, tartós szerződéses megbízással stb.), vagy külföldi támogatás nélkül, de számottevő előzmények nélkül, „zöldmezős” beruházásként indultak.

Negyedik a strukturális változásokra alkalmazkodni nehezen tudó, régi, főként állami tulajdonú, agonizáló, haldokló cégek, amelyek előbb-utóbb valamilyen felszámolási eljárás eredményeként megszűntek, vagy külföldi tulajdonba kerültek, s a „befektető” külföldi tulajdonos számolta fel a mikrohullámú fejlesztést, gyártást.

A Bonn Magyarország Elektronikai Kft. 1991-ben alakult, 5 millió forint alaptőkével, 75% külföldi tulajdonrészrel, s az alapítás körülményeit tekintve talán egyik kategóriába sem sorolható be. A kapcsolatfelvétel és a cég megalakítása szakmai alapon és személyes szimpátiát sem mellőzve történt. Solymosi János akkori munkahelyén a Műszaki Egyetem Mikrohullámú Híradástechnika Tanszéken működő Úrkutató Csoport tagjaként már korábban is szakmai kapcsolatban állt a müncheni Bonn céggel. 1988-ban öt évre szóló meghívást kapott Münchenből úrminősítésű RF és mikrohullámú eszközök és áramkörök fejlesztési feladatainak végzésére. A különféle engedélyek hosszantartó (1988!) beszerzése után rövid ideig a cégnél dolgozott majd hamarosan közbeszólt a történelem. 1989-ben a berlini fal leomlása és a német újraegyesítés a német munkaerőpiacra jelentős kihatással volt. A volt NDK-ból áttelepült szakemberek az Arbeitsamt-nál (Német Munkaügyi Hivatal) ebben a szektorban mérlegelés nélkül elsőbbséget élveztek, azaz addig külföldi munkavállaló nem kaphatott munkavállalási engedélyt ameddig német jelentkező akadt.

Ez a tény döntő lökést adott ahhoz az elhatározáshoz, hogy Budapesten megalakítsanak egy hasonló profilú közös német-magyar céget. A cég megalakításának feltételeiben és részleteiben az alapítók, Robert Bonn és Solymosi János, valamint Helmut Bonn 1990 januárjában Reit-ben egy kis Bajor erdei üdülőfaluban állapodtak meg. Az 1990-es év az előkészítési és szervezési munkával telt el. A társasági szerződést 1991 májusában írták alá. Így egy kétszobás gazdagréti lakásban megkezdte működését a Bonn Magyarország Kft. A névválasztásban döntő szempont volt, hogy a németországi Bonn cég akkor már több mint huszonöt éves múlttal és a szakmában nagyon jól csengő névvel és kapcsolattal rendelkezett.

A Reit-ben megfogalmazott üzleti stratégia egyik fontos alappillére volt a kölcsönös előnyök és lehetőségek összevonása és kiaknázása. Ez azt jelentette, hogy a német Bonn cégnek sok megrendelése volt, viszont kapacitáshiánnyal küzdött, s ugyanakkor sok magasan képzett mikrohullámú szakember dolgozott különböző hazai cégeknél vagy éppen szabad státusszal rendelkezett a cégfelszámolások és privatizációk miatt.

Az alapításkor kitűzött célok nem olcsó tömeggyártást és licenc-átvételt, hanem élvonalbeli K+F tevékenységet és az arra, illetve a német társtulajdonos müncheni cégének már meglévő termékeire épülő egyedi vagy kis sorozatú gyártást fogalmaztak meg. A tényleges munka során azonban a német fél részéről erős nyomás nehezedett a magyar ügyvezetőre a német termékek fokozott magyarországi értékesítése érdekében. A kilencvenes évek elején a korábbi hazai állami elektronikai ipar éppen összeomlóban volt vagy privatizálták, ezért professzionális RF és mikrohullámú berendezéseket gyakorlatilag lehetetlen volt eladni. Hamarosan világhossá vált – miután sem az eredeti koncepció szerinti K+F megbízások, sem egyéb munkák nem nagyon érkeztek –, hogy a túlélés érdekében stratégiát kell váltani.

A sikeres túlélési stratégiának három fontos feltétele volt:

- Először is kellett korszzerű, bárhol versenyképesen eladható termékek, lehetőleg a cég eredeti profiljának megfelelő rádiófrekvenciás és mikrohullámú területen.
- Másodsorban: kellett az ezeket kifejlesztő és gyártó magasan képzett nagy gyakorlati tapasztalatokkal rendelkező szakemberek, valamint a költségek szempontjából nem mellékes infrastruktúra (számítógépek, szoftverek, műszerek, szerszámok stb.).
- S végül, de nem utolsósorban piac, amelyet illetően nem sok lehetőség volt, ha itthon nem meg akkor irány külföld !

A kitűzött új célok megvalósításának nehéz évei következtek, a saját termékpalletta megalapozásának, valamint a külföldi piacokra való bekerülés lehetőségeinek nehéz évei.

A saját termékek hatékony fejlesztéséhez elengedhetetlenül szükség volt korszerű mikrohullámú tervező szoftverekre is. Ezek megvásárlásához elegendő forrás nem állt rendelkezésre, ezért a cég elvállalta néhány külföldi mikrohullámú tervezőszoftver képviselőjét. Ez részben kereskedelmi értékesítésből, részben pedig a szoftverek teszteléséből állt. Ebből kettes előny származott. Egyrészt az eladások után jutalék járt, másrészt pedig legalísan lehetett használni az akkor a cég számára megfizethetetlenül drága legújabb változatokat is.

A cég így lett hivatalos képviselője az AMPSA CC.-nek (Dél-Afrika), amely a MultiMatch nevű akkoriban egyedülálló nagyfrekvenciás, nemlineáris áramkör szintetizáló szoftver fejlesztője. Képviselte továbbá az OPTOTEK-et (Kanada) a MMICAD RF tervezőrendszerrel, és a Barnard Microsystems-et (Anglia), a WaveMaker nevű moduláris felépítésű lineáris, nemlineáris tervező és layout rajzoló, konvertáló szoftverrel. A gyakorlatban csak ez utóbbi tudott olyan rugalmas árpolitikát folytatni, melynek eredményeként sikerült a szoftver néhány példányát Közép és Kelet-Európában eladni. Akkoriban a többire – a világpiacon különben elfogadott áron – nem sikerült vevőt találni. A Bonn Hungary egyébként a WaveMaker-t még ma is használja, s képviseli a Barnard Microsystems-et.

Első tényleges termék a Semilab Rt. részére gyártott, 10 GHz-es mikrohullámú mérőfej volt, amelynek továbbfejlesztett változatát a mai napig használják. A két egység egymás mellett látható a 3. ábrán (ld. a színes mellékletben). A mérőfej kifejlesztése Juhász Kálmán munkája volt, aki korábbi munkahelyét a Távközlési Kutató Intézetet elhagyva, 1993 nyarán csatlakozott a céghez. Ezzel lassan, de meg is indult egy létszámnövekedés, amely elengedhetetlen feltétele volt a saját termékkör kialakításának.

Néhány hónappal később dr. Kazi Károly is a cég dolgozója lett, aki két év Japánban végzett mikrohullámú K+F munka után 1992 végén ugyan még visszatért korábbi munkahelyére az MTA Műszaki Fizikai Kutatóintézetének (Müfi) Mikrohullámú Főosztályára. A magyar fejlesztésű mikrohullámú félvezető eszközökön alapuló alkalmazott K+F azonban a liberalizálás és a hazánkat érintő COCOM lista eltörlése után elvesztette a talajt a lába alól, s így számára célszerűnek látszott olyan helyen folytatni a munkát, ahol a már gond nélkül beszerezhető nyugati alkatrészek alkalmazásával lehet mikrohullámú áramköröket tervezni. Egy évvel később a korábban Müfi-s, majd a Müfi-ből kivált Semilab-es, szintén két évet Japánban a Yokogawa Electric Co. R&D központjában dolgozó Mirk Zoltán már vissza sem tért régi munkahelyére, hazatérése után azonnal a Bonn Hungary-nál helyezkedett el. Ezt megelőzően a cég létszáma azonban még egy fővel bővült. A cég dolgozója lett Zsiga Ilona, aki mindenesként jelentős szerepet játszott (s játszik ma is) a mérnökök adminisztratív terheinek csökkentésében.

Gyakorlatilag így kialakult a cégnek az a magasszintű, nemzetközi tapasztalatokkal is rendelkező kutató-fejlesztő magja, amely azóta is meghatározza a cég műszaki színvonalát és irányítja, szervezi a K+F, valamint a gyártási tevékenységet. Az első terméket további részegységek (áramkörök, modulok) kifejlesztése követte.

Ezzel a cég gyakorlatilag ki is nőtte a gazdagréti kétszobás lakást, ahol addig a székhelye volt. Ez az időpont szerencsésen egybeesett egy szint megüresedésével Újpesten a Müfi toldalék épületében, ahová 1995 januárjában át is költözött a cég. Itt érdemes megjegyezni, hogy ez az átköltözés nem jelentett túl nagy gondot, hiszen a megfelelő tőke hiánya ebben az időben erősen kihatott a cég mikrohullámú műszerezettségére. Ekkor mindössze egy 10 éves spektrumanalizátorból, egy sweeperből, egy frekvenciamérőből és egy detektoros átvitelmérőből állt.

Időközben az egyszerűbb mikrohullámú áramkörök (szélessávú keverők, iránycsatolók, oszcillátorok stb.) – többnyire saját kockázatra történő – fejlesztése mellett sikerült megszerezni néhány külföldi (főleg USA) megbízást. Előbb a Budapesti Műszaki Egyetemmel közösen egy mikrohullámú azonosító rendszeren dolgozott a cég, majd – szintén amerikai megbízásra – egy, a 3–13 GHz-es frekvenciatartományt lefedő Dielektromos Rezonátoros Oszcillátor (DRO) család kifejlesztését kapta megbízásként. A sikeresen teljesített szerződéses munkákat – jellegüknél fogva – sajnos magyarországi gyártás nem, de további megbízások követték, melyek közül az egyik egy a maga nemében nem túl gyakori, „átalánydíjas” kutatás-fejlesztési együttműködés volt.

Éz utóbbi megbízást kivéve sajnos a cég témáról-témára élt, sokszor a fizetőképesség határait súrolva. A szerződéses munkák befejezésekor bizonytalan volt a folytatás, annak ellenére, hogy a saját fejlesztésű áramkörök, modulok száma évről évre jelentősen növekedett. A külföldi partner termékeiből egy-két kivétellel továbbra sem sikerült eladni, sem gyártási, sem számottevő fejlesztési jellegű megbízást nem kapott a cég ebből az irányból. Ennek – bizonyos szempontból teljesen érthető – oka, hogy a németek mindenekelőtt saját cégük érdekét tartották szem előtt. Ez – a több szempontból kedvezőtlen – hozzáállás azonban egy jelentős előnnyel bírt, a gyakorlatilag teljes pénzügyi és szakmai függetlenséggel, melynek egyenes következménye, hogy a cég vezetése számára egyetlen alternatíva maradt, az előre menekülés útja.

A lassú, de folyamatos fejlődés, az egyre bővülő termékkála, s vele együtt az egyre bonyolultabb marketing jellegű kapcsolattartás 1996 elejére szükségessé tette a cég vezetési struktúrájának átalakítását. Ezen átszervezés során külön lett választva a cégvezetés, a marketing és a szorosabb értelemben vett szakmai vezetés: az addigi ügyvezető, Solymosi János a marketing részt vitte tovább, a műszaki vezető Mirk Zoltán, míg az ügyvezető dr. Kazi Károly lett. Ez a vezetési struktúra egyébként néhány kulcspozícióval kiegészítve a mai napig megmaradt. Az átszervezés a tulajdonosi kört is érintette, – a cég fejlődése érdekében tett erőfeszítéseik elismeréseként – a cégben meghatározó szerepet vállaló mérnökök bekerültek a tulajdonosi körbe, s a külföldi tulajdonrész 70%-ra módosult.

Az ezt követő évek összehangolt erőfeszítéseinek eredményeként több országgal alakult ki-ténylegesen működő helyi képviseleteken keresztül – a cég szempontjából számottevőnek mondható export irányú kereskedelmi forgalom. A külföldi piacokon való stabil megmaradás megköveteli a helyi jelenléteket. Ez pedig csak a helyi nyelvet beszélő, a helyi viszonyokat jól ismerő és kapcsolatrendszerrel rendelkező képviseleti cégek tudják biztosítani. A Bonn Hungary Kft. kiépített egy külföldi képviseleti hálózatot, gyakorlatilag a kereskedelmi szempontból összes fontos régióban, így Európában, az amerikai kontinensen és a Táv-Keleten. Ezenkívül közvetlen cégkapcsolatok épültek ki számos más térséggel és országgal a Közel-Kelettel, Szingapúrral és a Csendes-óceániai térséggel. A cég alapstratégiái közé tartozik a több lábón állás. Ez igaz a termékek széles skálájára, valamint a piaci kapcsolatok sokrétűségére is.

Ezzel egyidőben a hazai piacra is mind több terméket sikerült kifejleszteni és eladni. Az egyik magyarországi mobilszolgáltató részére GSM hálózati elemeket, ismétlőállomásokat (repeater), jelszétosztó-összegző áramköröket (splitter), iránycsatolókat (coupler), szűrő-váltókat (diplexer), más cégeknek kristálystabilizált mikrohullámú oszcillátorokat (PLDRO), frekvencia szintézereket, le- és felkeverő (up-, down-converter) egységeket szállított a cég.

Az elért eredmények ellenére a kezdeti évek nehézségeit mi sem szemlélteti jobban, mint az a tény, hogy 1996-ra sikerült az addig felhalmozott veszteségeket kompenzálni.

2. Út a jelenig

A kitartó, szívós és ezzel együtt azért színvonalas mérnöki és marketing munkának köszönhetően a cég évről évre folyamatosan fejlődött. Amikor a koreai tőzsdeválság miatt az ottani megrendelések csúsztak, töröltek, akkor a magyar és más külföldi piacok töltötték be az így keletkezett űrt. Manapság pedig a bizonyos területeken lassan telítődő magyar piacot a külföldi megrendelések élénkülése kompenzálja. Időközben a német társtulajdonos részéről továbbra sem érkezett jelentősebb megrendelés – viszont a tisztesség kedvéért itt meg kell jegyezni, hogy tőkét sem vont ki a cégből-, a folyamatos fejlődés szinte kizárólag az itthoni tevékenység eredménye volt. Ez a helyzet végül is a tulajdonviszonyok átrendeződéséhez vezetett, melynek következtében a többségi tulajdon (74%) a magyar cégvezetés kezébe került.

A létszám és a tevékenység folyamatos bővülése során mind több és több helyiséget kellett kibérelni, amely három szinten szétszórva egy idő után kezdte nehézkessé tenni a munkaszervezést. 2000 szeptemberében kapóra jött, hogy a Semilab Rt. távozott a telephelyről, s így a cég átköltözött a korábban általuk bérelt „Z” épületbe. Az új helyen, a földszinten, az időközben létrehozott mechanikai műhely a félkésztermék-raktár és csomagoló kapott helyet. Az I. emeletre kerültek a szerelő és tesztelő laboratóriumok (1. és 2. ábrákat ld. a színes mellékletben), míg a II. emeleten a tervező irodák és a titkárság található.

Időközben a lassan, de stabilan növekvő bevételek lehetővé tették a mikrohullámú műszerpark növelését, s így az évek során – csak a leglényegesebbeket említve – több 20 GHz-es vektor hálózatanalizátor, 20 GHz-ig spektrumanalizátorok és más műszerek kerültek beszerzésre. Állandó, és egyre nagyobb gondot jelentett a mechanikai alkatrészeket (elsősorban mikrohullámú mart áramkörü dobozokat) beszállító alvállalkozók megbízhatatlansága. Ez a függőség végül is annyira kritikussá vált, hogy egyetlen kiút maradt: egy mechanikai műhely létrehozása, saját CNC marógép beszerzése. Így került Magyarországra az első olyan CNC marógép (DMG gyártmányú), amelynek programozása az egyik legmodernebb, 3 dimenziós szimulációra is képes ShopMill nevű szoftveren keresztül történik.

Aki végzett már kisvállalkozásban tervezési, fejlesztési munkát, az jól tudja, hogy a végtermék szabványszerű dokumentálása általában a végére marad, s ha közben újabb fejlesztési feladat merül fel, a részletes dokumentálás sok esetben el is marad. Az évek során ez a probléma jelentőssé vált a Bonn Hungary-n belül is. Növelte ezt a problémát a létszám növekedése is, ami miatt nem mindenki ismert minden terméket (mint a kezdeti években), s sok esetben a minőséget veszélyeztették a nem kellően dokumentált munkafolyamatok.

Az évek során a cégvezetés egyre gyakrabban szembesült azzal a ténnyel, hogy a (elsősorban külföldi) tárgyalópartnerek a tárgyalást azzal a kérdéssel kezdték, hogy milyen minőségbiztosítási rendszer alapján dolgozik a cég. A minőségbiztosítási rendszer hiánya egyfajta bizalmatlanságot generált már a kezdetekben, s ezen az sem igen enyhített, hogy sok esetben egy 5-6 oldalas adatlapot kellett kitölteni (a kérdések között – enyhe túlzással – még az is szerepelt, hogy a szerelést végzők közül hányan forrasztanak bal kézzel).

A két fenti tényező hatására a cégvezetés 1999 végén az ISO 9001-es minőségbiztosítási rendszerre való felkészülés elindítása mellett döntött, s 2000 novemberében sikerült is a minősítést megkapni, majd 2003-ban a 2000-es verzióra áttérni. A felkészülés során fogalmaztuk meg a cég (minőség)politikáját:

Cégünk **minőség- és üzletpolitikájának középpontjában a Vevő áll**, s ennek érdekében folyamatosan fejlesztjük a mikrohullámú eszközök, valamint az ezek alkalmazásához szükséges kiegészítő termékek minőségét, választékát továbbá az ezekhez kapcsolódó vevőszolgálati tevékenységet.

A fenti cégpolitika nem üres szlogen, hanem az évek során megfogalmazódott stratégia is, hiszen bebizonyosodott, hogy az egyedi igényekre szabott, ugyanakkor minőségi termékeknek van fizetőképes piacuk. Annak tudatában választotta a cég ezt az utat, hogy egy-két termék – különösebb szakértelmet nem igénylő – tömeges gyártása, eladása gyorsabban realizálható és nagyobb profitot jelent. A magas hozzáadott szellemi értéket képviselő termékek fókuszban tartása természetesen nem zárja ki a kis és közepes sorozatú gyártást sem, de ez kizárólag a saját fejlesztésű termékekre korlátozódik.

A világon szinte mindenütt tapasztalható, hogy az informatika, a számítástechnika, a programozás területe vonzza a fiatalokat, az informatikai forradalom hardveres területe szakemberhiánnyal küzd. Különösen igaz ez a hagyományos, alacsonyfrekvenciás, vagy digitális elektronikától merőben más megközelítést, szemléletet, és nem utolsósorban gyakorlatot igénylő rádiófrekvenciás, mikrohullámú áramkör és berendezés tervezése terén. A cég ezen a problémán a BME Mikrohullámú Tanszék (pontosabban: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Szélessávú Hírközlő Rendszerek Tanszék) vezető oktatóival (Dr. Zombory László, dr. Völgyi Ferenc, dr. Seller Rudolf és mások) a jó munkakapcsolatot kihasználva, a hardveres érdeklődést mutató hallgatók TDK, illetve diplomatervezési munkájának támogatásával, valamint (áramkörtervezés, legyártás, bemérés) ezt meghaladóan is igyekszik segíteni és bevonják őket a mindennapi tevékenységbe. Ennek az együttműködésnek eredményeként már több értékes szakmai eredmény született, több hallgató a Bonn Hungary-nál helyezkedett el. A cég támogatásával 2004 őszére a tanszék egy nagyfrekvenciás témalabort szerelt fel.

3. Főbb termékcsoportok

3.1 Oszcillátorok, szintézerek

A cég általában vett nagyfrekvenciás és mikrohullámú tevékenységén belül egyik súlyponti terület a speciális jelforrások, szintézerek fejlesztése, gyártása, melyeknek sajátos jellemzőiről érdemes néhány szót szólni, illetve a fejlesztés gyökereiről néhány bekezdés erejéig megemlékezni.

A frekvencia szintézerek olyan korszerű, változtatható frekvenciájú jelforrások, amelyeknek mindenkor frekvenciája egy alacsonyabb frekvenciás, de stabil és/vagy kis-zajú referenciajelhez van (fázisban is) szinkronizálva. Hangolásuk (a frekvencia léptetése) nagyon leegyszerűsítve digitális kódok segítségével, a referencia és a kimenő frekvencia közötti szorzási arány változtatásával történik. A digitális vezérlés (és egyéb funkciók kézbe tartása) miatt általában egy vagy több mikroprocesszort is tartalmaznak. Legjellemzőbb paramétereik a frekvencia pontossága, stabilitása, a fázis-zaj (a vivőfrekvenciától bizonyos távolságra mérhető, egységnyi sáv szélességre viszonyított kimenő teljesítmény), a diszkrét zavarok (a vezérlésből és egyéb belső jelekből adódó áthallás) hasznos jelhez viszonyított szintje, valamint a léptetéshez szükséges idő.

A gyökerekről:

A Mechanikai Laboratórium egyik fejlesztő laborjában Rothmann György vezetésével igen alacsony integráltságú áramkörökből a '70-es évek végén hozták létre az első vevőkészülékben használt, technikaileg igen korszerű, kis-zajú, 100 MHz-es sávban működő szintézert (REV). Ebbe a munkába kapcsolódott be Földes József és Czákó László (akik jelenleg a Bonn Hungary szintézeres csoportjának kulcsemberei). Ezt követték később a 100 MHz-es (VREV), 500 MHz-es majd az 1 GHz-es (UREV) vevők törtszámú (fractional) szintézerei. Ezzel párhuzamosan fejlesztették ki a fázisfolytonos, kvázilineáris frekvenciahangolást

szintézereket a nagysebességű panoráma vevőkhöz. Készültek még kis zajú, gyors szintérezerek fáziselőhangolási technikát használva – szintén az előbbi frekvenciasávban néhány 100 μsec -os frekvenciaváltási idővel. A készülékekben megjelenő műszaki megoldásokat több szabadalom is védte. Ezeket a fejlesztéseket a '90-es évek elejéig több száz darabos sorozatgyártás követte.

Földes és Czako a '90-es évek végén, a Bonn Hungary megbízásából, már önálló cékként (F&C PLL Kft.) hozták létre a kis-zajú, 1–2 GHz közötti sávban 50 μsec -os frekvenciaváltási idejű, 100 Hz lépésű, öthurkos szintézeret. A megvalósításhoz kiszajú kvarcoszcillátort kellett kifejleszteni. A fejlesztés során külön feladatot jelentett, hogy gyorsan programozható szintézer IC hiányában XILINX gyártmányú FPGA (programozható logika) áramkörbe kiszajú, törtsztású szintézer IC-t kellett létrehozni. A frekvenciát meghatározó adatok bevétele 16 bites adatbuszon történik, mindössze 5 μsec alatt. A nemkívánt zavarjelek nagysága igen alacsony: -70 dB-el a jelszint alatt van, a fogyasztása kevesebb mint 18 W. Tipikus fáziszaj-érték a vívótól 1 kHz-re -110 dBc/Hz. A szerkezet három, egymáshoz kapcsolódó mart alumínium dobozba van beépítve, melynek fényképe a 4. ábrán látható (ld. a színes mellékletben).

Mérési célra készült a 2U modul magas, 19"-os rack-be épített 1–80 MHz-es sávú, FM-ben modulálható generátor. A meglehetősen finom felbontású (0,01 Hz !) frekvencia léptetést DDS (direkt digitális szintézer) áramkörrel oldották meg.

Az UHF sávban működő monitoring rendszer adatátviteli egységének kifejlesztése is erre az időszakra esett. Az egység FEC hibajavító kóddal dolgozott. Több kissorozatú gyártását közműhálózatok ellenőrzésére használják még ma is hibamentesen.

Az egyre kifinomultabb modulációs módszerek, az átviteli sáv szélesség maximális kihasználásának igénye igen kis-zajú szintérezerek fejlesztését követelte meg a 3 GHz-es, illetve a 9 GHz-es sávra.

A 3 GHz-es sávban a kimenő jelet előállító oszcillátorban a frekvencia meghatározó elem egy nagy jóságú tényezőjű, elektronikus hangolású üregrezonátor, amit egy 25 kHz-es frekvencia lépést biztosító kis-zajú szabályozó áramkör szinkronizál. A szintézer a készülék előlapjáról manuálisan illetve távvezérléssel is hangolható. A tipikus fáziszaj a jeltől 1 kHz-re -95 dBc/Hz, 10 kHz-re -115 dBc/Hz. A szintézer kiegészíti egy – a 30 MHz-es KF jelet 1 μsec -os kapuidővel mérő -25 kHz pontosságú frekvenciamérő is, ami a szintézer automatikus frekvenciaszabályozását is lehetővé teszi változatlan paraméterekkel.

A 9 GHz-es sávú szintézerben a jelgenerálás a 400 MHz-es tartományban történik kiszajú feszültségvezérelt oszcillátorral, amit sokszorozó fokozat követ. A mikrohullámú jel a sokszorozó kimenetén jelenik meg. Az UHF sávú VCO fáziszaját extrém kis-zajú szabályozókör csökkenti a megkívánt értékre. A fáziszaj tipikus értéke 9 GHz-en a jeltől 1 kHz-re -110 dBc/Hz, 10 kHz-re -120 dBc/Hz.

A fenti fejlesztések nagy része a Bonn Hungary megrendelésére készült. S miután a várható megrendelések zöme is ebből az irányból volt várható, logikus lépésként 2001-ben az F&C PLL Kft. tagjai csatlakoztak a Bonn Hungary-hoz. A csatlakozás után az így kialakulóban lévő szintézeres csoport által fejlesztett áramkörök frekvenciája a mikrohullámú tartomány felé tolódott el. Az első fejlesztések közé tartozik az igen kis-zajú (10 kHz-re a vívótól -105 dBc/Hz), fix frekvenciás DRO-k szinkronizálása a 10–13 GHz-es sávban. A mikrohullámú oszcillátor aktív eleme bipoláris tranzisztor, az oszcillátor jelét harmonikus keverő transzformálja néhányszor 10 MHz-es tartományba, ahol a szinkronizációt kommersz szintézer IC biztosítja. Ahhoz hogy a jelforrás fáziszaj paramétere nagymértékben független lehessen a külső szinkronizáló referencia jeltől, a fáziszajt alapvetően meghatározó kiszajú – és a piacon egyébként igen drága – kvarcoszcillátor is része az áramkörnek.

Következő jelentősebb lépés az extra szélessávú, 0,5–18 GHz-es frekvenciatartományú finom lépésű (1 MHz) jelforrás fejlesztése.

Ennek az igen nagy frekvenciatartománynak a 2 GHz fölötti részét két YIG oszcillátorral, a 2 GHz alatti részét frekvenciaosztással állítjuk elő, jelentősen csökkentve így a költségeket. A frekvencia programozása szabványos RS-232 vonalon történik. A készülék fogyasztása kb. 30 W, a zavarjelek nagysága: –60 dBc alatti.

Külön családot alkotnak a kiszajú (1 kHz-re –105 dBc/Hz) fix frekvenciájú, 500 MHz–3 GHz tartományban működő PLL-es (fáziszárt hurkos) jelforrások. Ezeknél a szinkronizáló áramkör megoldása megegyezik a DRO oszcillátorokéval, gyakorlatilag egyhurkos, egyfrekvenciás szintézerek.

Az 1–2 GHz-es szintézer módosulataként készült el a 0,7–1,3 GHz-es szintézer 1 Hz-es frekvencia lépésű változata. Az előző változattal szemben ezt a sávot már három fáziszárt hurokkal meg lehetett oldani. Ez részben annak köszönhető, hogy a finom lépéseket előállító törtszoros hurok helyett olyan DDS áramkör került felhasználásra, amellyel a –70 dBc-s diszkrét zavarjelelnyomást is el lehetett érni. Tipikus fáziszaja a 5. ábrán látható (ld. színes mellékletben), fogyasztása kb. 12 W.

Készült továbbá gyors, kis zajú, több kimenetű szintézer is a 7,8–8,3 GHz-es tartományra. A 10 MHz lépésben hangolható mikrohullámú jel hangolási ideje 50 μ sec, fáziszaja a jeltől 1 kHz-es távolságban –95 dBc/Hz, 10 kHz-re –100 dBc/Hz. A feszültséggel hangolt oszcillátort itt is alacsonyabb frekvencia tartományban működik, és a mikrohullámú jel az oszcillátort követő sokszorozó kimenetén jelenik meg. Az egység külön érdekessége, hogy a megrendelő speciális kívánságára további négy, azonos referenciajelre szinkronizált, kis-zajú jelet is előállít: 10 MHz, 50 MHz, 60 MHz (fáziszaj –144 dBc/Hz a jeltől 1 kHz-re), és 1080 MHz (fáziszaj –120 dBc/Hz a jeltől 1 kHz-re). A fix jelek közötti izoláció és a diszkrét zavarok szintje: –90 dBc(!). A frekvencia vezérlése RS-422 buszon keresztül történt. A szintézer mérete: 200x100x40 mm, fogyasztása kb. 12 W.

A fenti szintézerekben igen gyakran szükség volt a kereskedelmi forgalomban nem, vagy csak igen hosszú szállítási határidővel beszerezhető speciálisan kiszajú kvarcoszcillátorokra. Ezért lett kifejlesztve a 10–20 MHz-es (fáziszaja 10 kHz-re –150 dBc/Hz), illetve 80–110 MHz-es, (10 kHz-re –160 dBc/Hz fáziszajú) frekvencia sávokba eső kiszajú kvarcoszcillátorokat, melyek –40 ... +70 °C hőmérséklettartományon belül szinkronizálhatók nagy stabilitású és pontosságú TCXO vagy OCXO oszcillátorhoz. Az eredmény szuper fáziszaj mellett extra stabilitás, amely meghatározó (és elengedhetetlen) alapeleme a minőségi szintézereknek.

Kifejlesztettek egy, a 6,4–7,0 GHz-es sávban 0,5 MHz lépésben hangolható, szintézert is, melynél a kis fáziszaj eléréséhez a kereskedelemben kapható, törtszortású szintézer IC-hez elő kellett állítani egy 200 MHz-ig működő kétmodulusú frekvenciaosztót, amelyet ismét csak egy XILINX gyártmányú FPGA (programozható logika) áramkörrel lehetett megoldani. Az oszcillátort itt is sokszorozó fokozat követi.

Az extrém kis fázis-zajú, gyors szintézerek közé tartozik a 900–950 MHz frekvenciatartományban működő szintézer is. A frekvencia lépésköz 6,25 MHz, a frekvencia áthangolási ideje 50 μ sec. A kéthurkos, két mikroprocesszort tartalmazó szintézert IEEE 1284 interfészen keresztül PC-ről lehet vezérelni. A szintézer további négy fix frekvenciás jelet is előállít: 10 MHz, 12 MHz, 20 MHz, 200 MHz. A diszkrét zavarjelek szintje csak –60 dBc-re garantált az egyes kimeneteken, de a fáziszaj igen alacsony: a 200 MHz-es kimeneten mérve 1 kHz-re vivőtől –140 dBc/Hz és –150 dBc/Hz 10 kHz-re, míg a 900 MHz-es kimeneten is kisebb mint –120 dBc/Hz 1 kHz-re.

Az áramköri elemek méreteinek folyamatos zsugorodása további lehetőségeket adott a készülékek méretcsökkentésére. Legvégül ezek közül mutatunk be kettőt.

Az első termék valós üzemi körülmények között is tesztelt, sorozatban gyártott BMCD13 típusjelű szélessávú, kiszajú frekvenciakonverter, elsősorban műholdas adások vételéhez. A konstrukció olyan, hogy egy PC alaplap csatlakozójába beilleszthető, tápfeszültségeket és a vezérlést (TCP/IP alapon) is a PC-n keresztül kapja. A bemenő 950–2150 MHz-es frekvenciasávot konvertálja át az 50–90 MHz-es tartományba. A „jóságát” jellemzi, hogy az erősítés ingadozása a teljes sávban kisebb mint 1 dB, a fáziszaja 10–15 dB-lel alacsonyabb mint az INTELSAT IESS 308 specifikációja. A „nagyobb tudású” változata is készült BMCD15 típusjelzéssel. Dobozos kivitelű, 60 dB-nél nagyobb dinamikával és az IESS 308 előírásnál 30 dB-lel alacsonyabb szintű zajjal.

A második termék a fázisszinkronizált oszcillátorok (PLO) közé tartozik. Extrém kiszajú megoldást sikerült kialakítani a 2,4 GHz-es sávban, 57x57x15 mm-es térfogatban. Ebben a méretben 8x10E-7 pontosságú referencia, a kimenő jelet adó oszcillátor, kiszajú kvarcoszcillátor, erősítők és szabályozó körök lettek elhelyezve. A jelforrás fáziszaja a jeltől 1 kHz távolságra már -110 dBc/Hz, a diszkrét zavarjelek szintje is 80 dB-lel alacsonyabb a kimenőjelnél.

3.2 Erősítők

A cég másik fő tevékenységi területe a mikrohullámú erősítők. Ez a terület különösebb (más cégnél kezdődött) előzmény nélkül, a megrendelői igényeknek a szakmai lehetőségeknek (tudás, műszerezettség stb.) megfelelően fejlődött.

Ezen a területen a fejlesztés először az olcsóbb alkatrészigénnyel rendelkező, könnyebben modellezhető LNA (kis-zajú) és a közepes teljesítményű erősítőkkel kezdődött.

Az első tapasztalatok a 2, 4, 6 és a 10 GHz-es frekvenciasávban születtek.

Később egy nagyobb bonyolultságú, összetett rendszer fejlesztése során került előtérbe egy 5,0–5,6 GHz-es, 1 W-os erősítő alkalmazása. A speciális méretek és adatok miatt természetesen ezt is célszerű volt saját belső forrásból megoldani. Így született meg az első teljesítményerősítő.

Különböző megrendelések eredményeként a következő lépcső az 1,8–2,1 GHz-es 25 W-os erősítő volt. Ezt követték a GSM 900–960 MHz-es 25, majd 100 W-os illetve az 1,8–2,2 GHz-es 100 W-os erősítők. A 6. ábrán egy 2 GHz-es, rack kompatibilis 40 W-os erősítő fényképe látható (ld. a színes mellékletben).

Az évek során gyűjtött tapasztalatok eredményeként egy egész családot sikerült ki-, illetve továbbfejlesztetni. Az egyes darabok szinte mindig egy-egy megrendelés eredményeként születtek. Az éppen aktuális lista a cég honlapján található www.bonn-hungary.hu.

Köztudott, hogy a teljesítményerősítőknél nemcsak a félvezetők nagyfrekvenciás illesztése a feladat, hanem konstrukciós és termikus problémákat is meg kell oldani. Ezek az áramkörök szinte kizárólag „microstrip” kivitelben készülnek. Erre a technológiára jellemző, hogy a nyomtatott áramköri lap egyik oldala teljes felületén fémezett és az áramköri rajzolat a másik oldalon van. Ilyen feltételek mellett a nagy teljesítményeket probléma nélkül átvinni képes áramköri vonalak megfelelő helyre eljuttatása, kereszteződésének megoldása a tervezés során elég nagy körültekintést igényel.

Tekintettel arra, hogy egy-egy nagyobb teljesítményű félvezető ára meghaladja a százezer forintot is, ezért védelmük, megóvásuk igen fontos feladat. Minden egyes félvezető saját DC bias (munkapont beállító) áramkörrel rendelkezik. Túlmelegedéskor esetén a védelmi

áramkör kikapcsolja az erősítőt. A nagyfrekvenciás jel közismert tulajdonsága, hogy illesztetlen lezárásnál a jel reflektálódik, s az áramkörben visszafelé haladva egy bizonyos teljesítményszint felett tönkretelheti magát a teljesítményt előállító eszközt. A legegyszerűbben (és leggyakrabban) ez akkor fordulhat elő, ha az erősítőt bekapcsolják úgy, hogy a kimenetére nincs rácsatlakoztatva semmi, vagy a rácsatlakoztatott eszköz (pl. antenna) kábele megszakad. Ez bármikor könnyen előfordulhat, ezért az esetleges RF illesztetlenség elkerülésére a cég valamennyi nagyobb teljesítményű erősítőjének kimenetét saját fejlesztésű cirkulátorral, illetve izolátorral biztosítja.

Gyakran előfordul, hogy a kívánt teljesítményt egy félvezető nem tudja biztosítani, ilyenkor több eszközt kell párhuzamosan működtetni. Például egy „A” osztályú 1,8–2,2 GHz-es 100 W-os erősítő teljesítményét négy FET párhuzamos működtetésével lehetett elérni. A párhuzamos működtetéshez olyan áramkört kellett tervezni, mely a megfelelő frekvenciasávban a jelet szétosztja, majd a szétosztott, megerősített jelet megfelelő fázisban összegzi és mindemellett a lehető legkisebb veszteséggel (csillapítással) rendelkezik.

A nagyteljesítményű erősítők másik jelentős problémaköre a termelődő hő elvezetésének megfelelő tervezése. A példaként említett erősítő termikus viszonyára jellemző hogy, a 12 V-os tápfeszültségről, 36–40 A-t fogyaszt. Érezkelni lehet, hogy ez milyen hatalmas energiasűrűséget jelent a mm³ nagyságrendjébe eső chip-térfogat esetén. Nem kis tervezői kihívást jelent a megfelelő nagyfrekvenciás áramkörü paraméterek biztosítása mellett a hűtést úgy megoldani, hogy a félvezető chip-ben a hőmérséklet ne haladja meg a +170 °C -ot.

Ennél nagyobb teljesítményeknél a megfelelő hűtés hagyományos (árban elfogadható) módszerekkel már nem is oldható meg, ezért kézenfekvő megoldás a kész erősítő modulok párhuzamos működtetése. A Bonn Hungary egyik legújabb fejlesztésű „A” osztályú félvezetős erősítője a 2 GHz-es frekvenciasávra készült, s folyamatos üzemben 500–1000 W RF teljesítményt képes leadni.

3.3 Mobil távközlési (GSM) elemek

A cég alapítását követő években, a mobil távközlés magyarországi beindulásával és rohamos fejlődésével egyidőben nyilvánvalóvá vált, hogy erre a piacra a várható megrendelési mennyiségek miatt akárcsak egy egyszerűbb alkatrészsel is érdemes bekerülni. Ez a bekerülés azonban közel sem egyszerű, hiszen a fővállalkozók sok esetben – ha hivatalosan nem is, de gyakorlatilag – előírták, hogy „még az alátéteket is” az általuk előírt (elfogadott) beszállítótól rendeljék meg. A beruházások elején – részben érthető okok miatt – ezek a beszállítók szinte kizárólag külföldi cégek voltak, s a lehetetlen vágyalomnak látszott ebbe a körbe bekerülni.

Nem is sikerült mindaddig belépni erre a piacra, amíg a legnagyobb magyarországi mobil szolgáltató, a WESTEL 900 (GSM Mobil Távközlési Rt.) Fejlesztési Igazgatóságán fel nem merült annak a számbavétele, hogy milyen műszaki (és gazdasági) előnyökkel járhat, ha az általuk specifikált, az igényeiknek legjobban megfelelő építőelemeket is beterveznek a hálózatba. A WESTEL-lel és a Bonn Hungary-vel egyaránt jó szakmai kapcsolatban álló BME (Prof. Pap László) által katalizálva, 1997-ben jött létre az első fejlesztési együttműködési szerződés a két cég között. A fejlesztés tárgya egy közepes teljesítményű, sávselektív ismételőállomás (minirepeater) volt. A sikeres fejlesztésnek, s azóta a gyártásnak is részese az MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézete, ahol a megfelelő sávselektív SAW (felületi akusztoelektromos hullámú) szűrő kifejlesztése és gyártása zajlott, ill. zajlik még ma is. A SAW szűrő környezetének (hőfokstabilizálás, be- és kimeneti illesztés, stb.) kidolgozását a Lineárlab Kft. szakemberei végezték, s jelenleg a gyártás során alvállalkozóként a beállítás, bemérés is az ő feladatuk.

Az első megbízás sikerét mi sem bizonyítja jobban, mint hogy az annak keretében kifejlesztett minirepeater (szinte változatlan formában) azóta is gyártásban van, s azóta részben a WESTEL (ill. ma már T-Mobile Hungary) megrendelésére, részben a Bonn Hungary saját kockázatára kifejlesztette és szintén gyártásban van kis- és nagy testvére: a pico- és macrorepeater. Ez utóbbi a 8. ábrán látható a színes mellékletben. A nagyobb fejlesztések mintegy melléktermékeként, nemegyszer a WESTEL–T-Mobile-os műszaki szakemberek által megfogalmazott igények kielégítésére születtek olyan termékek, mint a kis- és nagyteljesítményű jel szétosztó/összegző (splitter), valamint iránycsatoló (coupler). Először csak 900 MHz-es változatban, majd továbbfejlesztve olyan verzióban, amely egyszerre teljesíti az elvárt paramétereket mindkét GSM sávban (900/1800 MHz-es, dual-band). Hasonló indítástól indult fejlesztések eredményei a különféle (900 MHz uplink/downlink fényképe a 7. ábráját ld. a színes mellékletben), 1800 MHz uplink/downlink, 900/1800 MHz, stb.) szűrőváltók (diplexerek).

A hazai fejlesztésű eszközök mind műszaki paraméterek, mind árak tekintetében versenyképesnek bizonyultak, s a több mint hétéves együttműködés eredményeként a Bonn Hungary termékpalettájáról ma már több ezer, s több mint 40 féle GSM hálózati elem működik szerte a világban különösebb probléma nélkül.

Időközben az egyszerűbb dual-band GSM hálózati elemek egy részét sikerült a külföldi piacokon is eladni, s ezzel párhuzamosan jelentkezett igény a repeaterekre is. Ez azonban bonyolultabb kérdés, hiszen szinte valamennyi országban más és más módon osztották ki a frekvenciasávokat a GSM szolgáltatók részére, s ez mindig más és másfajta repeatert igényelne, különös tekintettel a sávszélességében nem hangolható SAW szűrőre. A külföldi megrendelők azonban nem tudják megvárni az éppen számukra ideális változat kifejlesztését, ezért csak az tud versenyben maradni (vagy egyáltalán indulni) akinek „raktáron” van a megoldás. A problémát tehát különféle sávszélességű SAW szűrők, és erősítésben, teljesítményben is többféle repeater kifejlesztésével lehet megoldani. Ez azonban túl sok forrást vett volna el az egyéb fejlesztésektől, ezért a cég vezetése megírta első pályázatát az Oktatási Minisztérium Alkalmazott Kutatás-Fejlesztési programjának keretén belül. A megpályázott támogatást sikerült elnyerni, s a kétéves fejlesztési programot sikeresen befejezni, melynek kulcsszereplője az MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézetének Dr. Beleznay Ferenc által vezetett csoportja volt, amely a SAW szűrők fejlesztését végezte.

A repeater fejlesztések „koronája” a WESTEL szakembereinek javaslatára elindított, s ma már gyártásban és alkalmazásban lévő frekvencia-váltós (offset) repeater megvalósítása volt. Ez a repeater egy kisebb körzetre vonatkoztatva ki tud váltani egy bázisállomást annak mikrohullámú (vagy optikai) kapcsolódásával együtt, létrehozva ezzel egy a fő bázisállomáshoz tartozó „bébi-cellát”.

A passzív mobil hálózati elemek fejlesztését a három mobilszolgáltató bázisállomásainak kétirányú, csatornavesztés nélküli közösítésének igénye indította el. Ez az azért vált fontosá, mert bizonyos helyeken (főleg nagyobb létesítményekben) a tulajdonosok nem tartották (tartják) kívánatosnak, hogy mindhárman külön-külön építsék ki saját antennarendszerüket. Egy ilyen közösítő modullal szemben rendkívül magas elvárások fogalmazódtak meg: az egyes bemenetek nem zavarhatják egymást (számszerűen a beadott teljesítmény kevesebb mint 1%-a juthat csak bármelyik másik bemeneti kapura), járulékos veszteségének minimálisnak kell lennie, megfelelő módon tudnia kell kezelni a 900 és az 1800 MHz-es (sőt újabban az UMTS) sávot, valamennyi kapujának kevesebb mint 1% reflexióra illesztettnek kell lennie, s természetesen nem tehet kivételt egyik szolgáltatóval sem, tehát az ő szempontjukból teljesen egyformának kell lennie. Külön hab a specifikáció tortáján, hogy egy ilyen összegző a sok jelenlévő, nagyteljesítményű csatorna miatt különösen érzékeny arra, hogy az adóirányban beadott jelekből nem keveredhet ki akkora jel, amely a vevőirányú érzékenységet

zavarná. Erre az ún. harmadrendű intermodulációs termékre 150 dB-es nagyságrendű elnyomással kell rendelkeznie. (Ez egyébként valamennyi GSM hálózati elemre előírás, de a viszonylag kevés csatorna miatt csak ritkán válik kritikussá.) Előbb egy 2x4/2-es (a bázisállomás felőli oldalon 4–4 csatlakozás 900 és 1800 MHz-en, 2 db dual band antennacsatlakozási lehetőséggel) verzió készült el, s a tesztelés során valamennyi paramétere jobb, vagy legalább olyan volt, mint a nagynevű konkurensnek hasonló termékéé.

Fejlesztés közben „jön meg az étvágy”, minek következtében külön megrendelés nélkül elkészült egy 2x4/4-es verzió is (BHED11), amely az előzővel azonos beiktatási csillapítás mellett, de 4 antennacsatlakozási lehetőséggel rendelkezik. A sikeres tesztek követő első felhasználói reakciók azt mutatják, hogy ez a továbbfejlesztett verzió nagyobb sikerre számíthat elődjénél. A felhasználást illetően is bővült a paletta, hiszen időközben kiderült, hogy a bázisállomások kimenetén eddig használt, viszonylag bonyolult csatornaösszegző elrendezések nagymértékben egyszerűsíthetők a BHED11, vagy a kompromisszumok nélküli legújabb, 3 sávós megoldás, a 9. ábrán látható BHET11 alkalmazásával.

A Bonn Hungary innovációs készségét mutatja, hogy a 2002 végén indult passzív mobil hálózati elemek (szűrőváltók, iránycsatolók, szétosztó-összegzők, lezárók) fejlesztésének eredményeként ma már közel 30 féle, három sávós (900 MHz / 1800 MHz / UMTS) passzív modul működik sikerrel a magyar, ill. több más európai ország mobil hálózatában.

4. A jövő

Egy, a Bonn Hungary-hez hasonló kis-közepes cégnek a jelenlegi gazdasági, politikai világhelyzetben, nem könnyű közép és hosszú távon tartható, konkrét szám adatokkal jellemzett jövőpolitikát kialakítani. Ezzel együtt azonban szükséges meghatározni azokat a fő irányvonalakat, amelyek mentén a cég stabil fejlődése valószínűsíthető. A célkitűzésekben szereplő fejlesztési, fejlődési tendenciákat legalább két (egymástól persze nem teljesen független) szempontból célszerű meghatározni:

- szakmailag és
- üzletpolitikailag.

Ami a szakmai célokat illeti, természetesen a jelenlegi specifikációs határok további kitolása az elsődleges cél. Ezen a területen a szakemberek folyamatos képzésén túl a megfelelő műszerezettség biztosítása kulcsfontosságú. A középtávú fejlesztési elképzelések megvalósításának első lépéseként megvásárlásra került egy több felhasználói joggal rendelkező PROTEL hagyományos, illetve egy Microwave Office elnevezésű mikrohullámú áramkör-tervező rendszer. Beszerzésre került egy -168 dBc/Hz fáziszaj mérésére is alkalmas 178 dB mérési dinamikával rendelkező professzionális fáziszajmérő berendezés, egy 40 GHz-es spektrumanalizátor, egy számítógép vezérlésű vibrációs és sokk teszt rendszer 5000 N rázóerővel, egy páratartalom szabályozására is alkalmas nagyméretű klímasekrény a $-70...+180$ °C hőfoktartományra, valamint EMC mérésekre egy G-TEM cella és a hozzá való teljesítményerősítők. A sok esetben szűk keresztmetszetet jelentő mechanikai gyártási kapacitás növelését egy a meglévővel azonos típusú CNC marógép vásárlásával, a még nagyobb megbízhatóságú szerelési tevékenységet pedig egy nagyobb tisztaságú, teljesen anti-sztatikus szerelő munkahelyekkel felszerelt labor szolgálja. A cég folyamatos fejlesztése, s így a fenti beruházás is, az évek során keletkezett nyereség rendszeres visszaforgatásából keletkezett anyagi tartalékokon alapult. Itt meg kell azonban jegyezni, hogy a már említett GSM fejlesztésekre elnyert OM pályázatból, valamint a Széchenyi Terv Vállalkozásérősítő 18-as alprogramjának keretén belül kapott támogatásból származó kiegészítő beruházási forrásoknak köszönhetően a fenti elképzelések jelentős része az eredetileg tervezett idő előtt

valósult meg. Középtávon a fejlesztés tárgyát képező berendezések frekvenciájának növekedésével, óhatatlanul előtérbe fog kerülni a tokozatlan (chip) eszközök beültetésének szükségessége, legalább egy ún. bondoló gép beszerzése.

Ami az üzletpolitikai jövőt illeti, fő szempont marad a több és még több lábbon állás. A cég továbbra is fejleszteni kívánja a már tradicionálisnak nevezhető távközlési (elsősorban mobil) hálózati elemeket, modulokat, de csatlakozni kíván olyan nagy tudást és technikai felkészültséget igénylő fejlesztésekhez, mint például az ESA (European Space Agency) – melynek várhatóan Magyarország is hamarosan a tagja lesz – programjai. Mindezek mellett természetesen meg kívánja őrizni, illetve növelni szeretné jelenlétét a már bejáratott piacokon, főleg a legjelentősebbnek számító dél-koreai és indiai távközlési piacon.

Mindvégig alapvető szempont marad azonban a megfontolt növekedési ütem, amely még nem veszélyezteti a cég nehezen elért stabilitását.

A cég eredményeinek és jövőbeni stratégiájának elismeréseként 2003-ban és 2004-ben is megkapta az „Üzlet és Siker Minősített Vállalkozása” címet.

Összefoglalva – és folytatva a bevezető gondolatsort – talán nem tűnik szerénytelenségnek az a célkitűzés, hogy a Bonn Hungary az újjáéledő magyar mikrohullámú elektronikai ipar egyik meghatározó építőkövévé szeretne válni.

MikroVákuum TÖRTÉNET (SZUBJEKTÍV ELBESZÉLÉSBEN)

13

Szendró István

MikroVákuum Kft.
istvan.szendro@microvacuum.com

Mottó:

Kunfajta, nagyszemű legény volt,
Kínzottja sok-sok méla vágynak,
Csordát őrzött és nekivágott a
híres magyar Hortobágnak.

Alkonyatok és délibábok
Megtápták százszor is a lelkét,
De ha virág nőtt a szívében,
a csorda népek lelegelték.

Ezerszer gondolt csodaszépet
Gondolt halálra, borra, nőre
Minden más táján a világnak
Szent dalnok lett volna belőle.

De ha a piszkos, gatyás, bamba
Társakra s a csordára nézett,
Eltemette rögtön a nótát:
Káromkodott és füttyörészett.”

(Ady Endre)

Előzmények- (MEV – tűz előtt és után)

A MEV-tűzzel kapcsolatban egy időben kérdezni szokták, hogy mi a véleményem róla, mi-ért történt. Az igazi okokat nem tudom, de az már előtte érezhető volt, hogy valami hihetetlen szervezetlenség, áttekinthetetlen érdekviszonyok által befolyásolt, kontrollálhatatlan erők „működtették” a MEV-et. Az én szintemen ez úgy jelentkezett, hogy szinte lehetetlen volt már évek óta a Félvezető Fejlesztési Osztályon félvezető technológia- és -berendezés-fejlesztéssel foglalkozni, de még nehezebb volt az eredményeket elismertetni. Ez a belső, „sajátfejlesztés ellenesség” a fáradhatatlan, iskola- és iparteremtő Dr. Giber János (I. Rádió-technika Évkönyve 2003.) távozását követő vezetőváltással kezdődött, még a Tungramban, majd a MEV megalakulásával – egy átmeneti kormánybiztosi időszak ritka perceit kivéve – fokról-fokra eluralkodott. Holott a félvezetőtechnológia-berendezések fejlesztésére kivételesen kedvező helyzetet biztosított volna, hogy rendelkezésre állt a szükséges technológiai tudás, tapasztalat, és jelentős piaci igény is létezett nemcsak a félvezetőeszköz-gyártás, hanem a rokon technológiát igénylő lámpagyártás részéről is.

A MEV-tűzről álljon itt a felejthetetlen, örök optimista Oláh Joachim már betegen írt, kiadatlan „Kisember történetek három tűz kapcsán” írásából egy részlet.

„Rudi késve érkezett munkahelyére. A nyavałyás 30-as busz szinte cammogott a kis utcában. Amikor leszállt, hatalmas, fekete, az ég felé emelkedő füst fogadta. A füst zászlója a Duna felé lobogott. Sok báméshkodó állt a járdán.

– Keresett a főnök - mondta valaki közülük.

A kerítést már a tűzoltók bedöntötték, és a tetőt locsolták. Rudi felkapott egy légzőkészüleket és egy alumínium orru vizes slagot. Két tűzoltó segített behúzni a vászoncsövet. Először a saját üzemszbe ment, és locsolta a papírszűrő mennyezetet. Számba vette a gépeit. Melyiket kezdje locsolni: kezdje a svájci óramű-pontosságú, zsinórmenetes kvarcharang zárólifttel, vagy a vezérlő számítógép nyomtatott áramköreit locsolja? Vagy locsolja a Fourier-transzformációs lézer spektrométert? Hisz az már úgysis tönkrement, ahogy megszakadt a folyamatos nitrogénöblítése. Vagy locsolja a megabájtos memóriát, ami azt a jópofa kukacháború játkot nyújtotta, ha egész héten nem követtél el kezelési hibát a billentyűzetet?

Rudi a locsolócsövet tovább húzta a következő szobába. Itt már égett a mennyezet és a fal is. A kompjuter-vezérelt kályhák képernyői sorra durrantak el. A képernyőrobbanás ijesztően hangzott, de veszélyt nem jelentett. A berobbanó képernyő a benne lévő vákuum miatt befelé repülő üvegszilánkokat produkált, majd azok a vele szemben repülő szilánkokkal ütköznek és lelassulnak. Ritkán fordul elő, hogy az eredeti keretből valami kirepüljön. Rudi úgy érezte, ezt a pánikot nem ő okozta, de nem tud felülemelkedve úrrá lenni rajta.”

A MEV-tűz még ki sem hűlt, de máig ismeretlen, bár már érdektelen okok miatt, az ország egyetlen működő, félvezető technológiai gyártókapacitással rendelkező laboratóriumának vezetése alól felmentettek. A kollégák bátorítása, a kiszolgáltatottságtól való menekülés, a kihívás, hogy lehet és érdemes újra kezdeni, a csak azért is megmutatjuk a világnak, hogy lehet a puha, „létező szocializmus” keretei között magánierőből „high-tech” kutatással, fejlesztéssel, gyártással, kereskedéssel foglalkozó, megélhetést, alkotó tevékenységet biztosító céget létrehozni, ez mind-mind oda vezetett, hogy 1987 tavaszán felmondtam a MEV-ben. Nem volt könnyű döntés. 17 évig egyetlen munkahelyem, a Tungsram 17-es épületének IV. emeletén dolgoztam, és ezen idő alatt nagyon sok emberrel kerültem olyan munkakapcsolatba, mely a félvezetőeszköz-fejlesztést, gyártást, vékonyréteg technológiák alkalmazását más iparágakban (pl. lámpagyártás), szövevényes jelenét, jövőjét évekre előre munkatársi kapcsolatba fűzte. Nehéz volt ezt az alkotó, tervekkel, álmokkal teli gombolyagot magára hagyni, elhagyni, elvágni a hozzám kötődő szálakat.

Nehéz volt, mert a közvetlen kollégák ott maradtak az akkor bizonytalannak tűnő jövőben (ma sok „biztos” munkahelyen szívesen cserélnének az akkori „bizonytalan” távlatokkal); úgy tűnhetett, hogy cserbenhagytam őket, és nem lehetett tudni, hogyan és mikor lesz újra együtt a labor.

1987 nyarán „szabadfoglalkozású” bejegyzésű személyi igazolvánnyal rendelkeztem és ismerkedtem a gazdasági társaságok, bankok, telephelyek, engedélyek, tevékenységi körök, ügyvédek, könyvelők, hivatalok és egyéb nem műszaki teendőik rendjével.

A kezdetek

A családi segítség és támogatás sok magánierőből indított vállalkozásnál döntő jelentőségű, így volt ez a MikroVákuumnál is. Az „olcsó” bérlet biztosítása a garázsból átalakított iroda, műhely esetében, a telefonügyeletek, segítség az ügyintézésben, a napi konzultációs lehetőségek a döntések előkészítésében, vagy az érdeklődő lelkesítés, hogy csak néhányat említsek. Magánvállalkozási „hagyomány” családi alapon néhai id. Szendrő László által vezetett Konzunion Gmk-ból öröklődött, ahonnan nemcsak az üzletvitelhez szükséges alapokat, -

levéliktatást, feljegyzések készítését, ajánlatok, szerződések szövegezését, külföldi partnerekkel történő tárgyalások technikáját – hanem üzleti etikát is tanultunk. Alljon itt egy részlet néhai id. Szendrő László egyik példabeszédéből: „Kétféle kereskedő van a világon: az „egyik” és a „másik” típusú. Az egyik hosszú, költséges, ügyvédek sokaságát foglalkoztató írásos szerződést készít partnerével, de már a szerződéskötéskor azon töri a fejét, hogyan csapja be az üzletfelét. A másik típusú kereskedő a lehető legkevesebbet foglalja írásba, ellenben a megállapodás közben már arra törekszik, hogy figyelembe vegye partnere érdekeit is, és a szerződés teljesítése során is kínosan ügyel arra, hogy üzletfele érdekei ne sérüljenek, sőt saját előnyeit, hasznát is képes feláldozni, csakhogy, üzletfele meglepéssel gondoljon vissza együttműködésükre. Az igazán jó üzletek akkor jönnek létre, ha mindkét fél elégedett és megtalálja a számítását...”

Az első jelentősebb munkáinkat a Videoton Rt.-ben, majd a Híradástechnikai Szövetkezetben létesített BOÁK (Berendezés Orientált Áramkörök) üzemek félvezető-technológiai berendezéseinek létrehozásában, telepítésében végeztük. Az 1987–88-as években ahhoz, hogy egy magáncéget ilyen jellegű fejlesztő, berendezés-gyártó feladattal bízzanak meg, nagy bátorság és bizalom kellett, és ez szerencsére megvolt a projekt akkori KFKI-s vezetőjében, Szabó Zsoltban.

Az induláshoz igen nagy erkölcsi és anyagi segítséget jelentett, hogy Szendrő István, még a MEV alkalmazottjaként elnyert egy jelentős összegű, több évre szóló OTKA-pályázatot (W vékonyrétegek előállítására LPCVD technológiával). Ezt az OTKA-szerződést az iroda akkori vezetője Dr. Láng István akadémikus mindenféle biztosítékok bekérése, kételkedések nélkül, bátran és korrektül átirányíthatónak ítélte a MikroVákuum Kisszövetkezethez.

A W vékonyrétegek előállítására szolgáló új LPCVD berendezés, technológia diplomamunkás egyetemi hallgatók és KFKI-s kollégák közreműködésével, nemzetközi publikációkkal sikeresen megvalósult. Az OTKA-beruházásból kiépített berendezés a mai napig működőképes és példázta azt, hogyan lehet támogatott K+F-ből, üzleti könyvekben már régen leírt amortizációjú berendezéssel újabb fejlesztéseket végezni, netán gyártást segíteni.

Első hónapok

Belföld

Nagyon bíztunk abban, hogy állami, minisztériumi támogatást kaphatunk „high-tech” tevékenységet célul kitűző vállalkozásunknak.

Sok és sokféle tanulmányt, javaslatot írtunk, adtunk be a legkülönbözőbb hivatalokba, állami cégekhez; írásban, szóban számtalan műszaki, gazdaságossági előterjesztést készítettünk, melyeknek témái mind-mind a félvezető eszközök kis sorozatú, de nyereséges gyártását, valamint a félvezető technológiai berendezések fejlesztését tűzték ki célul.

Ezen a területen sok támogatást, bátorítást és együtt gondolkodást kaptunk Sándori Mihálytól a korábbi mikroelektronikai kormánybiztostól.

Dr. Ferenczi Györggyel, a Semilab cég alapítójával közösen kidolgozott cégalapítási előterjesztésünk tűnt a legbiztatóbbnak, de végül ez sem valósult meg.

Külföld

Intenzív levelezést folytattunk külföldi potenciális megbízók, partnerek felkutatására. Elgondolásunk az volt, hogy sok külföldi, elsősorban nyugat-európai cég örömmel növelné pi-

acát Magyarországon és ehhez megbízható, hozzáértő képviselőket keres. Emlékezni kell arra, hogy a 80-as évek végén szakosított állami külkereskedelmi vállalatok intézték az export-import tevékenységet és kereskedelmi bankok sem léteztek ebben az időben, így minden import terméket csak a külkereskedelmi vállalatokon keresztül, valutakeretük terhére lehetett behozni. Ennek megfelelően a magyarországi cégek, kutatóintézetek, ki voltak szolgáltatva a külkereskedelmi vállalat ügyintézőjének, a beszerzés lassú, nehézkes volt és sokszor lényegesen többbe került, mint a külföldi ár.

A MikroVákuum kezdet óta arra törekedett, hogy a külkereskedelmi vállalatokat csak a leg-szükségesebb mértékben vegye igénybe. Lehetőleg közvetlenül a külföldi gyártótól vásároljon, és minél kisebb kiépítettségi fokon, hogy hazai hozzáadott élömunkával lehessen az esz-közt, berendezést teljessé tenni.

Ez a tevékenység azon kívül, hogy olcsóbbá, versenyképesebbé tette a külföldi áruk beszerzését, azzal az előnnyel járt, hogy gyakorlatot szereztünk a levelezésben, kereskedésben. Ennek nagy hasznát vettük a későbbi években, amikor az állami külkereskedelmi vállalatok fokozatosan megszűntek és lehetőség nyílt az önálló export-import tevékenység végzésére.

A külföldi levelezés, még egy előnnyel járt. Több külföldi cég ránk bízta termékeinek magyarországi képviseletét, amely a jutalékos rendszer révén további nem túl nagy, de biztos árbevételt jelentett és biztosít jelenleg is.

Sok jó, de igen sok rossz tapasztalatot is szereztünk a külföldi cégek képviseletével kapcsolatos munkánk során. Sok illúziótól megszabadultunk, de bölcsőbbek is lettünk és jobban értjük szüleink, nagyszüleink, de az egész elmúlt évszázad gazdasági történéseit, talán okait is. (Érdemes lenne egy tanulmányt szentelni az elmúlt 20 év külföldi vállalati kapcsolatait megélt kis cégek benyomásainak, véleményének, már csak azért is, mert ez az időszak egy kivételes történelmi, gazdasági korszak volt.)

A külföldi cégek termékeinek és szolgáltatásainak magyarországi képviselete ma éves árbevételünk 10–20%-t képviseli és az e-kereskedelem széles körű elterjedéséig, még évekig biztos bevételi forrást biztosít.

Az is látszott, hogy sok intézmény képes volt kisebb-nagyobb kiépítettségben új berendezések vásárlására, de sokszor hiányzott valamilyen részegység, vagy infrastruktúra ahhoz, hogy a berendezések jól működjenek. Szükség volt olyan szakemberekre, akik értették a berendezések rendeltetését és képesek voltak a kiegészítő egységek rendszerint addigra már teljesen kimerített beruházási keretből történő megvalósítására.

A MikroVákuum-nak alapításától kezdve kiemelt célja volt, hogy kamatoztassa külső és belső munkatársainak azt a kivételes tudáseggyüttesét, amely a félvezető technológiai és berendezés fejlesztési ismeretek egyidejű meglétéből adódott. Ez a tevékenységi kör kezdetben lehetővé tette, hogy az ország félvezető technológiával foglalkozó, szinte minden egyetemi, kutatóintézeti laboratóriumában kisebb-nagyobb munkát végezhesünk. Később lehetővé tette, hogy saját laboratóriumunkat olyan célberendezésekkel lássuk el, melyek használt berendezések szétszereléséből, átalakításából, kiegészítéséből jöttek létre, de tudták mindazt, ami a rendeltetésüknek megfelelően szükséges volt. Ezzel a tevékenységgel viszonylag olcsón tudtunk saját termelő célberendezéseket létrehozni, üzembe állítani de ezzel a berendezés-fejlesztő munkával folyamatosan képeztük is magunkat – az új és új kihívásoknak megfelelően.

Jelenleg ez a tevékenységünk reneszánszát éli. Kevés cég maradt talpon nemcsak itthon, de külföldön is, amely elfogadható áron kínál speciális egyedi berendezéstervezést, kivitelezést, de még kevesebb az olyan cég, ahol olyan szakemberek dolgoznak, akik értenek a félvezető, vékonyréteg technológiákhoz is. Internetes honlapunkon (www.microvacuum.com)

néhány referencia munkánkat látva hetente kapunk komoly érdeklődést a világ minden tájáról speciális, egyedi, vékonyréteg-technológiai berendezések szállítására.

A MikroVákuum megalakulását követő egy éven belül kialakult az a „több-lábon álló” tevékenységi kör, mely alapvetően mai napig megmaradt. Röviden összefoglalva ezek a következők:

- félvezető vagy rokon technológiát igénylő eszközök és műszerek fejlesztése, gyártása,
- vékonyréteg-technológiai, vákuum-technológiai speciális berendezések, részegységek fejlesztése, gyártása,
- nagytisztaságú, speciális gázelosztó, vákuum rendszerek tervezése, kivitelezése,
- fenti területekhez kapcsolódó külföldi alkatrész-, műszer-, berendezés-gyártók kereskedelmi képviselője.

A következő oldalakon a fenti tevékenységi körökből vett példák segítségével bemutatjuk a MikroVákuum történetét. Mint látni fogja a tisztelt olvasó, sokféle, hosszabb-rövidebb ideig művelt témával foglalkoztunk. Ezek közül többet már túlhaladtunk, de miközben látszott már az adott tevékenység vége, addigra egy vagy több újabb témát beindítottunk, A kifutó ügyekből mindig tanultunk, és még utólag is ritkán bántuk meg, hogy az adott feladatba energiát, pénzt fektettünk és esetleg veszteséget termeltünk. A következőkben részletesen beszámolunk az elmúlt idők és a jelen főbb tevékenységeiről, lelkesítő motivációiról, kudarcainkról és tanulságainkról.

Nagytisztaságú, speciális gázellátó rendszerek

Azt a szaktudást, amelynek alapján a nagytisztaságú gázellátó rendszerek tervezését, kivitelezését, karbantartását jelenleg is végezzük, még a Tungsramban szereztük meg. A félvezető technológia (és a lámpagyártás technológiája is) olyan speciális, precíz munkát követel meg, mely nagytisztaságú, esetenként mérgező, korrózív gázok ellátására alkalmas, csővezetékéből, szelepekből, mérőműszerekből álló rendszert képes létrehozni, működtetni. A tanulás hőskora a zseniális Bohus János nevéhez kötődik, aki az „asztalfiókban” található alkatrészekből, igényes, kitartó fejlesztő munkával precíziós analitikai műszereket („bohumenterek”-et) hozott létre, pl. nagytisztaságú víz, gázok szennyezőinek ppm szintű mérésére.

A MikroVákuum Kft. tevékenységének jelentős részét alkotja jelenleg is a legkülönbözőbb területeken felmerülő egyedi, nagytisztaságú gázelosztó rendszerek tervezése, kivitelezése. Részt vettünk több félvezető technológiai berendezéseket ellátó, speciális gázszolgáltató rendszer kivitelezésében, legutóbb a Dunasolar Rt.-nél, de gyógyszergyárak, környezetvédelmi analitikai laboratóriumok is megrendelőink között vannak. Demján László technikus kollégánk keze (és szíve) munkáját az országban létrehozott mintegy 100–120 kisebb-nagyobb – már szinte művészi szépségű – gázpanel és több ezer méter hibátlanul beépített csővezeték dicséri. Jellemző módon a 90-es évek elején Magyarországra betelepült külföldi speciális gázszolgáltató cégek (AGA, LINDE) szakemberei, éveken keresztül a MikroVákuum Kft.-vel, mint alvállalkozóval végeztették el speciális gázellátó rendszer kivitelezési munkáikat.

A paksi kaland

Évekkel ezelőtt az AGA cég akkori (külföldi) széleslátókörű vezetőitől értesültünk egy tervezett nagyberuházásról, mely a Paksi Atomerőmű átmeneti hulladéktárolójánál (közkeletű nevén KKÁT) készült megvalósulni. A tervek szerint, a kiégett fűtőelemeket a korrózió megakadályozása céljából nagy tisztaságú N_2 atmoszférában kell tárolni hosszú, hosszú évekig.

Ez a beruházás egy teljesen ismeretlen, előzmény nélküli műszaki kihívást jelentett a Paksi Atomerőműnek, nemcsak a hihetetlen méretű épületek, berendezések, szállítójárművek létrehozása, üzemeltetése miatt, hanem elsősorban a precíziós, igen szigorú tűrésű laboratóriumi munkát igénylő, nagytisztaságú N₂ gázellátó rendszer megfelelő kivitelezésének kockázata miatt is. Számunkra, akik korábban már terveztünk, kiviteleztünk félvezető technológiához szükséges speciális gázellátó rendszereket, műszakilag nem tűnt nehéznek a paksi feladat. Amikor szerződés kötés után lehetőségünk volt a hiányos és több helyen hibás külföldi és a becsületesen honosított hazai tervekbe betekinteni azt hittük, a nehézség abban van, hogy nagyon rövid idő alatt úgy kell átvizsgáljunk, módosítanunk a terveket, hogy annak alapján a több millió forint értékű alkatrészeket csavar, alátét, tömítés szintig – megrendelhesük, és azok időben be is érkezzenek. Azt hittük, hogy ahhoz, hogy működőképes, gyerekeink jövőjét sem veszélyeztető biztonságú rendszert készítsünk, „elegendő”, ha szakmai tapasztalatainkat, érveinket, javaslatainkat megosztjuk a megbízó és a társvállalkozók képviselőivel a munkaértekezleteken, és elérjük, hogy a tervek, a kezelési utasítások, a kivitelezés és annak ellenőrzése megfelelő legyen. A KKAT első ütemének beruházása a maga földmunkáival, több emeletnyi vasbeton épületeivel, az emeletnyi méretű hazai gyártású berendezéseivel, határidőcsúszással valamikor ősszel került olyan állapotba, hogy a „laboratóriumunkban” gyártott több ezer szelleppel, nagytisztaságú csövet tartalmazó részegységekkel a helyszíni szerelést megkezdhetjük. Amikor megjelentünk Pakson, a projekt vezetője (mára már biztosan elfelejtette) azzal fogadott bennünket, hogy „ha ezt befejezitek időben, akkor szentté avatunk benneteket...”. Ezt valószínűleg „komolyan” is gondolta, mert a tervezett hat hónap helyett már csak alig három hónapunk maradt arra, hogy a paksiak, és az egész magyar ipar számára ismeretlen méretű és precízitású feladatot a külföldi tervező és a nemzetközi felügyelők árgus szemei előtt elvégezzük. (A magyarországi AGA cég svéd szakembere nem vállalta a feszített ütemet kívánó feladatot, ezért kapta meg a MikroVákuum Kft a kivitelezés jogát.)

Az összes korábbi kivitelező cég enyhén szólva nem túl segítő, de annál követelőzőbb hangulata közepette a MikroVákuum dolgozóinak és a külsős segítő kollégáknak lelkes, fáradtságot nem ismerő, éjjel-nappali munkával sikerült a vállalt feladatot határidőre, hiba nélkül megoldania. A mintegy két éves beruházás sikere, a végső határidő tartása a MikroVákuum Kft. hozzáértő munkájának köszönhetően megvalósult. (Szentté azért nem avattak bennünket !)

Félvezető eszközök és technológiai berendezések fejlesztése, gyártása

A MikroVákuum Kft. megalakulásának egyik célja az volt, hogy kis sorozatban is gazdaságosan előállítható, elsősorban Si alapú félvezető eszközöket fejlesszen, gyártson.

A megalakulást követően, a 80-as évek végén, felmerült az igény egy speciális ún. feszültség-levezető, digitális telefonokban használatos, triac tulajdonságú eszköz gyártására. A TVS-nek nevezett félvezető diódát tipikus monolit planár technológiával gyártottuk és az első példányok kifejlesztéséhez szükség volt az összes résztevékenység ismeretére és gyakorlatára. A külföldi céltípusok kiválasztásától, visszafejtésétől (reverse engineering) kezdve a fotolitográfias maszkok elkészítésén, a planár technológia részműveleteinek megtervezésén, a szilet alakban létrejött eszközök tokozásán és mérésén keresztül szinte minden művelet saját erőből, a KFKI berendezésparkjára alapozva végeztük el. Piaci kilátásaink igen kedvezőek voltak. A Mechanikai Művek akkori műszaki igazgatója hitetlenkedve, de bátorítónan azt mondta egy értekezleten, ha sikerül a prototípus, akkor garantálja, hogy a minisztériumból dicséretet és támogatást fog részünkre kiharcolni. A prototípus kifejlesztése, sőt, kisserozatú gyártása is sikerült. Az egyik legutolsó KGST ülésen jelentős külföldi igények is felmerültek, nyereséges üzlet azonban mégsem lett ebből a termékből, mert közbejött a KGST felbomlása, amelyre üzleti terveinkben nem számíhattunk. Még éveken keresztül árultuk a raktáron levő TVS diódákat. Külföldön gyártott telefonkészülékek hazai forgalmazásához TVS diódákat kellett a készülékekbe beépíteni. Bár néhány TVS diódát a bevizsgálásokhoz

el tudtunk adni, a berendezések tömeges behozatalánál azonban rendszerint „elfelejtették” megvásárolni és beépíteni a túlfeszültség védő TVS áramkört. De ez már a „vad” kapitalizmus időszaka, amikor már nem lehetett Magyarországon gazdaságosan félvezető eszközöket fejleszteni, gyártani.

Másik nagy kalandozásunk a félvezetőeszköz-gyártás területén a Si(Li) nukleáris detektorgyártás volt. Tudomást szereztünk arról, hogy a Videoton Fejlesztési Intézetben van egy kis-sorozatú, Si alapú félvezető detektorgyártás, amelynek évek óta biztos piaca van, és ezt a technológiát szívesen átadnák egy kis cégnek, amely kellő szakértelemmel rendelkezik, és amely gazdaságos gyártást és új típusok kifejlesztését tudja elérni. Miután a Si(Li) detektor technológiáját saját gyerekükként szerető Videotonos kollégák meggyőződtek róla, hogy dédelgetett termékük jó kezekben lesz a MikroVákuum Kft.-nél, létrejött az a szerződés, melynek keretében a MikroVákuum Kft.-hez került az elsősorban polgárvédelmi, katonai műszerekben alkalmazott Si(Li) technológia, gyártóberendezésekkel együtt. Saját erőből létrehoztunk egy 300 m²-es laboratóriumot, tiszta víz, tiszta gáz, elszívó, vegyszer közömbösítő rendszerrel. Átvettük és kiegészítettük a gyártási know-how-t. Lehetőség volt arra, hogy sok korábbi MEV-es kollégát felvegyünk a MikroVákuum Kft.-be és nagy lelkesedéssel akarással és – a Balázs Lászlóné vezette – Videotonos kollégák aktív segítségével hamarosan valóban gazdaságos gyártást működtettünk. Az új típusok kifejlesztésével megkezdtük export-tevékenységünket is, elsősorban a környező KGST országokat megcélozva. Ennek a sikeres vállalkozásunknak is a KGST összeomlása vetett véget. Az utolsó több ezer db-os szállítmányt – gyorsposta szolgáltatás még nem lévén – saját kezűleg vittük Prágába, még éppen az utolsó pillanatban. Amikor a vevő meglátott bennünket, kétségbe volt esve, mert gyorsabban érkeztek Prágába a detektorok, minthogy az ő szerződést bontó levele Budapestre megérkezett volna. (Az már más kérdés, hogy ebben az időben Magyarországon olyan gazdasági környezet működött, amely jelentős kivitelű vámmal sújtotta azon cégeket, melyek a KGST-be exportáltak. Ezzel szemben még létezett az a rendszer is, amely az országot KGST irányban elhagyó áruk árát, a határátlépéskor azonnal automatikusan átutalta az exportáló vállalat bankszámlájára.)

A nukleáris detektorgyártásunk a hazai igény indokolatlan, hirtelen lecsökkenése miatt szép lassan megszűnt, a raktárunkban lévő detektorokra alapozva, nukleáris műszerfejlesztésbe és értékesítésbe kezdtünk. Éveken keresztül próbálkoztunk a legkülönfélébb nukleáris detektorok (proporcionális számlálócsövek, GM csövek) és műszerek fejlesztésével, hogy új piacokat szerezhessünk, de gazdaságos értékesítésre nem került sor. Mégsem vesztett kárba ez az időszak, mert a megszerzett tudást hasznosítani tudtuk. Egyrészt bekapcsolódhattunk külföldi kutatás-fejlesztési együttműködésekbe, másrészt magas szintű műszaki képviselést tudunk biztosítani külföldi nukleáris műszer, és berendezésgyártó cégek magyarországi képviselőiben.

Egy kis adalék „a rossz hír is jó valamire” beállítottságú munkaszemléletünkre: elkalandoztunk, nagy álmokat szőttünk zenélő képeslapokhoz szükséges zenélő félvezető chipek előállításáról. Hosszas tanulmányok, technológiai, szerelési elemzések, gazdasági számítások készültek a valóban berendezésorientált, integrált áramkör tervezhetőségére, gyártására. (Ha ezt a mikroelektronikai kormánybiztos 5 évvel korábban tudta volna, lehet, hogy sikeres lett volna a BOÁK program!) Sajnos elég hamar kiderült, hogy a zenélő képeslapokhoz szükséges „custom design” integrált áramköröket a Távolságon elképzelhetetlen mennyiségben, hihetetlen rugalmas logisztikai szervezetekben, olyan olcsón gyártják, hogy semmilyen esélyünk sincs a saját gyártásra. A szép álom szertefoszlott, de megmaradtak a feltárt kapcsolatok és a Magyarországon kapható zenélő képeslapokat egyszerű kereskedelmi üzletként a MikroVákuum Kft. hozta be. Ez a tevékenységünk a mai napig jövedelmező üzlet, és az ifj. Szendrő László által vezetett Konzunio Bt.-ben folytatódik.

Már a MEV-ben látszott, hogy jelentős hiány van félvezető technológiai berendezések fejlesztésében, üzembe helyezésében, működtetésében gyakorlott szakemberekben, de még inkább olyan szervezeti egységekben, melyek rugalmasan, gyorsan képesek a nem rutin feladatok elvégzésére. Ez a hiány nem csak azért jelentkezett, mert a félvezető eszköz gyártásban használt berendezések nagy része export korlátozás (embargo) alá esett, hanem azért is, mert csak az tudott új berendezéseket tervezni, létrehozni, aki jól ismerte azt a technológiát, aminek megvalósítására a berendezést szánták. Ugyanakkor csak az tudott a versenytársaknál korszerűbb technológiákat alkalmazni, aki rendelkezett olyan berendezésekkel, amilyenekkel a többiek még nem. Új berendezéseket csak technológiai ismeretekkel rendelkező szakemberek tudnak sikeresen fejleszteni. Jellemző példa erre a Tungsramban, majd a MEV-ben, a 80-as évek elején felmerült igény a szilícium-nitrid vékonyréteg bevonatok iránt. Ilyen bevonatokra a nagy megbízhatóságú Si planár tranzisztorok előállításánál a kúszó áramok csökkentése, a hosszú idejű stabilitás fokozása, egyszerűen a kihozatal növelése miatt volt szükség. Ez az igény megteremtette egy új berendezéscsalád, és a későbbiekben egy új vékonyréteg technológiai eljárás, az LPCVD technológia kifejlesztésének alapjait. Az LPCVD, majd később a PECVD technológia műveléséhez azonban új típusú berendezésekre és az azt kiszolgáló infrastruktúrára volt szükség. Mindezek megteremtésében nem lehetett várni arra, hogy a kereskedelmi forgalomban éppen megjelent, igen drága és még embargós berendezéseket beszeresse a gyártás. Belső fejlesztéssel, nyugati gyártókhoz képest alig néhány év lemaradással, több berendezés is elkészült és közben új és új emberek ismerkedtek meg, ezzel a máig élő és ható technológiával. Az első Magyarországon kereskedelmi forgalomba kerülő LPCVD berendezést a MikroVákuum Kft-ben hoztuk létre. A vékonyréteg technológiák műveléséhez szükséges berendezések fejlesztése és létrehozása azóta is fontos része cégünk tevékenységének.

Bioszenzor

A 90-es évek közepén a nukleáris detektoraink és műszereink iránti kereslet csökkenésének ellensúlyozására, jelentős saját források felhasználásával, kiállításokon vettünk részt, hogy tevékenységünket megismertessük a potenciális ügyfelekkel. Egy svájci szabadalmi kiállítás eredményeképpen együttműködést ajánlottak egy svájci szabadalom alapján készíthető bioszenzor fejlesztésében és gyártásában. Megismerkedve a ráccsal csatolt hullámvezető elven működő érzékelő (továbbiakban OW – optical waveguide sensor) elméletével, gyártási technológiájával, a problémákkal és célokkal, láttuk, hogy ezt a terméket nekünk találták ki. Csatlakoztunk az Európai Unió EUREKA programja által – pénz nélkül – támogatott MEMOCS projekthez, amely az OW szenzor alkalmazását tűzte ki céljául. Saját erőből létrehoztunk egy laboratóriumot, ahol az általunk kiépített infrastruktúrával, átalakított berendezésekkel megkezdtük az OW szenzorok előállítási technológiájának fejlesztését.

A feladat kísérletiesen emlékeztetett a Si planár félvezető eszköz fejlesztésének, mintegy 25 évvel korábbi hőskorára. Abban az időben a félvezető technológia – bár az adott technikai civilizáció csúcspontját képviselte – mégiscsak manufakturális készségeket és berendezéseket igényelt. A legtöbb laboratórium, a gyártás saját készítésű berendezésekkel, valamint a technológus és a berendezéskészítő szakember szoros együttműködésével üzemelt. 10–15 évnek kellett eltelnie ahhoz, hogy a tömeggyártás standard kereskedelmi forgalomban kapható berendezésekkel működjön.

Az OW bioszenzor egy üveghordozón létrehozott vékonyréteg eszköz, amely 400 nm periódicitású ráccsal van ellátva. A reprodukálható, gazdaságos kihozatalú biztosító technológia szinte szóról-szóra megegyezik a félvezető technológia „manufakturális” korszakában alkalmazott eljárásokkal. A kihívást az jelentette számunkra, hogy ismert lépésekből olyan tech-

nológiát fejlesszünk ki, amely viszonylag kis (néhány tízezer db-os) sorozatnagyság esetén is gazdaságos gyártást biztosít. Mivel a bioszenzort egyszer használatos, eldobható alkalmazásokra szántuk, a maximált eladási ár adott volt. (Természetesen a félvezető iparban jelenleg használatos nagy berendezésekkel is lehetőség van az OW szenzor előállítására, de ilyen kis darabszámban irreálisan magas lenne az előállítási költség.) Az OW szenzor technológiájának fejlesztése a félvezetőeszköz-fejlesztés és -gyártás klasszikus életgörbéjét követte. A cél-típus előállításához saját fejlesztésű berendezéseket kellett létrehozni, és a technológiafejlesztés visszacsatolásával módosítani. Mint minden sok részműveletből álló gyártás, így az OW szenzor előállítása is megköveteli a „technológia-közi” ellenőrzések jól megválasztott és egyszerűen végrehajtható kiépítését. Különösen igaz ez az olyan laboratóriumokban, ahol az egyes műveleteket kézzel, automaták nélkül végzik. Magas kihozatalú gyártásunkat ügyes kezekkel, figyelő szemekkel rendelkező, lelkiismeretesen dolgozó munkatársainknak, elsősorban Némethné Sallay Margitnak, Fischer Katalinnak és Balázs Eszternek köszönhetjük. Bioszenzorunk több éve kereskedelmi forgalomban van, és az érdeklődés a világ minden részéről egyre nagyobb iránta.

A szenzor-technológia stabilizálódásával, alkotó erőnket a bioszenzor kiértékelésére alkalmas mérőműszer az OWLS fejlesztésére, majd gyártására fordítottuk. Ismét bizonyítást nyert, hogy sikeres műszer- és berendezésfejlesztés úgy valósulhat meg, ha a fejlesztők rendelkeznek technológiai és alkalmazástechnikai ismeretekkel is. Mivel a bioszenzorok alkalmazása a legkorszerűbb biológiai ismereteket igényli, és a MikroVákuumban ilyen képzettségű szakemberek nem voltak, együttműködéseket kerestünk elsősorban hazai biológiai, biokémiai, biofizikai kutató intézetekkel, egyetemi laboratóriumokkal. Az elmúlt évek ezen a területen is sok szép sikert hoztak. OW bioszenzorunkat, OWLS műszerünket a világ minden táján egyre többen ismerik. Rangos kutatóintézetek, laboratóriumok keresnek meg bennünket különféle együttműködési vagy egyszerűen csak vásárlási szándékkal. A hazai alkalmazást kutató, fejlesztő intézetekkel hosszú távú, kölcsönösen előnyös K+F szerződéseink vannak. Sorban jelennek meg az OWLS technikán alapuló publikációk, melyek a „manufakturális” vékonyréteg laboratóriumunkban előállított, bioszenzorokkal nyert eredményeket közölnék. A bioszenzor fejlesztése, gyártása közben sokszor érezzük úgy magunkat, mint a 70–80-as évek félvezető eszköz fejlesztésének időszakában. Bioszenzorunkkal a világ élvonalába tartozunk, bizonyos területeken azonos szinten vagyunk a legjobbakkal, bizonyos területeken lemaradásunk csak néhány év. És természetesen vannak területek, ahol – tapasztalatok hiányában – fel sem fogjuk, mekkora a lemaradásunk.

Ez utóbbira bioszenzorunk elterjedésével kell egyre gyakrabban rádöbbennünk. Amikor egy nagy ország kis cégének vezetői keresnek meg bennünket együttműködés felajánlásával, és szeretnék meglátogatni szenzorgyártó laboratóriumunkat, de titoktartási szerződésünk aláírását különféle ürügyekkel megtagadják, akkor rájövünk, hogy még sok mindent kell tanuljunk. Amikor neves kutatóintézet nem akarja megérteni, hogy miért nem adunk el néhány darab „filléres” OW szenzort kutatólaboratóriumuk nagy nevű vezetőjének „csak úgy játszani”, vagy hogy miért kellene aláírniuk mindehhez egy olyan szerződést, amely biztosít bennünket, hogy nem saját versenytársainkat támogatjuk, akkor mi is elkezdünk csodálkozni. Az utóbbi időben sokszor eszünkbe jut Cseh Tamás zenéje, Bereményi Géza szavai: „Itt állunk úgy, mint a mór vezér/ Magunk kifosztva másokért / Itt állunk és a szánk nyitva van / Hogy miket tud ez a Shakespeare William!.”

Kutatás-fejlesztési tevékenységünk

Az indulásunkat segítő OTKA pályázatról már ejtettünk néhány köszönő szót „A kezdetek” fejezetben.

Az első K+F szerződésünk az Elektronikai Központi Fejlesztési Programiroda által biztosított, részben visszafizetés köteles, több évre szóló szerződés volt, amely a túlfeszültség levezető dióda kifejlesztését és sorozatgyártásának előkészítését célozta. Az EKFP támogatások a 80-as évek végén olyan korszerű szerződési feltételekkel rendelkeztek, melyek a mai EU-s támogatásokkal is kiállnák a versenyt. Az elmúlt 15 évben ezek voltak az utolsó, kisvállalkozásokban folyó fejlesztést valóban támogató programok.

Az 1991–98 közötti időszakban öt sikeres OMFB szerződésünk volt, melyekkel kapcsolatos visszafizetési kötelezettségeinket is határidőre teljesítettük. 1995–2000 között több visszautasított OMFB pályázatunk volt, ezek közül különösen érthetetlen volt az OWLS bioszenzor műszer fejlesztésére írt pályázatunk elutasítása, melyben néhány millió forint – részben visszafizetendő – támogatást kértünk. A szakértő zsűri nem tartotta támogatásra alkalmasnak annak a bioszenzor műszernek a fejlesztését, amely azóta egyik legsikeresebb termékünk, és amellyel a világ élvonalába tartozunk.

Az utóbbi időben a pályázati feltételek a kisvállalkozásokra nézve nagy mértékben romlottak. Előfordult, hogy támogatásra elfogadott pályázatunk szerződését sem tudtuk az OMFB utódszervezetével megkötni. Csak remélni tudjuk, hogy a hazai K+F támogatási rendszer egyszer eljut oda, hogy a MikroVákuum-hoz hasonló kis cégek véleményét is kikérve, tudományszervezési szaktudást bevonva, segítőkész, udvarias hozzáállással valódi támogatást tud nyújtani az adófizető polgárok pénzéből.

A külföldi pályázati rendszerekkel kapcsolatos jó tapasztalataink a korai 90-es években kezdődtek. Az EU tudományszervezői korán felismerték, hogy a kelet-közép-európai országokban sok jól képzett, univerzális, „jéghátán is megélő” szakember van, akiknek tömeges kiáramlása az amúgy is nagyrészt csődbe jutott kelet-közép-európai gazdaságokból sok szempontból nem támogatandó. Ennek megfelelően a 90-es évek elejétől igen kedvező feltételekkel lehetett képzési és utazási támogatást kapni, „megfigyelőként” részt venni a III. Framework Program keretein belül folyó kutatási projekteken. Ezek a pályázatok kizárólag az utazást, és a konferencia látogatását támogatták. Nagy segítséget nyújtottak abban, hogy megtanultunk pályázatokat írni, megtanultunk jelentéseket, pénzügyi elszámolásokat készíteni EU normák szerint, és nem utolsósorban bekerültünk a nyugati tudományos kutatási projektek vérkeringésébe, új ismeretségekre tettünk szert és kitágult a látókörünk.

A III. Framework Program keretein belül két projektben vettünk részt, egy „Internet a kisvállalkozásoknál” képzés és egy félvezető technológiai fejlesztés témakörben.

Az 1994-ben kezdődő IV. Framework K-F támogatási rendszerben a kelet-közép-európai kutatók és kisvállalkozások (SME-k) még kedvezőbb feltételekkel vehettek részt. Azon kívül, hogy az utazási és képzési költségeket megtérítették, már lehetőség volt egy nyugati mércével szerény, de számunkra jelentős összegű személyi, dologi költségtérítés igénybevételére is. Természetesen a MikroVákuum Kft., mint gazdálkodó magáncég költségeinek csak max. 50%-át kaphatta támogatásként. A hazai gyakorlattal ellentétben az EU teljes mértékben megbízott a pályázatot elnyert intézmények, cégek vezetőiben és nem kért semmiféle garanciát arra, hogy a támogatást valóban a pályázati cél megvalósítására használja fel. Két sikeres pályázatban vettünk részt ezen időszakban, egy félvezető technológiai, igazi „high-tech” vékonyréteg kutatási, és egy nukleáris műszerfejlesztési projektben.

Ezekben a projekteken már egyenrangú kutató-fejlesztő partnerek voltunk, először jelentek meg olyan tudományos publikációk, ahol a MikroVákuum külföldi neves intézményekkel egy sorban szerepelt. A jelentős erkölcsi sikereken, tudományos tudásgyarapodáson kívül ez az időszak és pályázati rendszer még egy fontos és a jövőt tekintve alapvető tanulsággal szolgált.

Bepillantást nyertünk a korábban idealizált nyugati K+F tevékenységek mindennapjaiba, örömeibe, de gondjaiba is. Először értetlenül, majd egyre jobban értve megismertük az EU támogatási rendszer pénzügyi mechanizmusait. Megtanultuk, hogy a megítélt pénzek nagyon-nagyon lassan jelennek meg a bankszámlákon, a támogatott intézménynek, cégnek valódi pénzügyi gazdálkodást kell folytatni, és jelentős áldozatokat kell hozni előfinanszírozás formájában ahhoz, hogy a pályázat pénzügyileg is sikeres legyen.

Az V. Framework Program 1998–2002-ig terjedő pályázati szakaszában már igazi „profik” voltunk. Volt olyan pályázat, amit vagy hatszor irtunk át egy hét alatt, volt amelyiket külföldi utunk közben egy nyilvános Internet kávézóból fejeztünk be. Ebben a pályázati ciklusban a nyert pályázatok aránya már elérte a 70%-ot, és ezek mind bioszenzorunk fejlesztésével, alkalmazási lehetőségeinek kutatásával kapcsolatosak. A nyert pályázatokban már teljes körű partnerekként vettünk részt, sőt, mind a négy nyertes pályázat a mi bioszenzorunk alkalmazásának különböző lehetőségeit vizsgálja. Eljutottunk oda, hogy olyan sok pályázati pénzt kaptunk (fejlesztési költségeink 50% -át vissza nem térítendő támogatás formájában), hogy magyarországi neves kutatóintézeteket tudtunk alvállalkozóként bevonni, jelentős pénzügyi támogatást biztosítva részükre, pályázati céljaink hatékony elérése céljából.

A MikroVákuum Kft. a kezdetekben „kaláka” jelleggel, mára megbízási szerződésekkel, mindig igényelte magyarországi kutatóintézetekkel az együttműködést. A megalapozott, távlatilag is biztos fejlesztés elengedhetetlen a komoly kutatási eredmények felhasználása nélkül. Ehhez sokszor erőn felül is áldoztunk. Nagyon sok akadémiai, egyetemi kutatócsoporttal vagyunk napi munkakapcsolatban, közös publikációinkon kívül az eredményes fejlesztéseink nélkülözhetelen részeivé váltak ezek az együttműködések.

Nagyon fontosnak tartjuk, hogy diákokat foglalkoztassunk kutatási fejlesztési feladataink hatékony elvégzésénél. Az elmúlt időszakban sok tehetséges, szorgalmas diák megfordult nálunk, akik közül többen (Vörös János, Fábán Márk, Puskás Zsolt) jelenleg is aktívan részt vesznek feladataink megoldásában. Természetesen voltak olyanok is, akik megrettentek a napi 10–12 órasi, intenzív, nagy önállóságot igénylő munkától, és a sokszor magárahagyottságnak tűnő munkakörülményektől. A legtehetségesebb volt diák munkatársainkra büszkén gondolunk olyankor, amikor látjuk, hogy sikeresen megállják helyüket a nagyvilágban, és tudjuk, hogy ebben a MikroVákuumban eltöltött tanuló időszaknak is szerepe van.

Összefoglaló

A MikroVákuum története valószínűleg nem tipikus üzleti modell szerint alakult. A kis cégek életéről olvasott, hallott történetek szinte mindenhol fontosnak tartják a banki hitelek, befektetői pénzek szerepét. Tipikus kis cégek néhány évnél nem élnek tovább, mert vagy tönkre mennek, vagy nagyobbá alakulnak, beolvadnak. A MikroVákuum 17 éven át megmaradt lényegében azonos méretű kisvállalatnak. Bár többször „szükség” lett volna banki kölcsönre mind ez ideig nem kaptunk, és így nem is vettünk igénybe kölcsönöket. Mindez köszönhető bölcs, széles látókörű, kritikus humorú Daka János főkönyvelőnknek, aki önzetlen munkájával, tanácsaival a MikroVákuum Kft.-t kezdetek óta biztonságos, ingoványos kalandoktól mentes pénzügyi úton irányítja. Munkájában az alapító-tag Schuster Gabriella és az ugyancsak régóta velünk dolgozó Gál Károlyné segíti.

A MikroVákuum megmaradt túlnyomórészt családi tulajdonú, rugalmasan reagáló, jó előre tervező vállalkozásnak. Fő, és mellékállású, külsős és alapító munkatársai megtanulták, hogy egy időben, egy helyen, egyszerre több feladattal kell magas színvonalon foglalkozni, a változó körülményekhez rugalmasan alkalmazkodni. A MikroVákuum sikerei elképzelhe-

tetleneek lettek volna Erdélyi Katalin mindig tanulni képes, tanítani akaró, fáradhatatlan munkabírási, aktív részvétele nélkül, aki az elmúlt 15 évben mindig képes volt arra, hogy az új kihívásoknak megfeleljen, lett légyen az Si detektor fizika, kisáramú mérés technika, számítógépes műszervezérlés vagy akár ISO9000-es dokumentáció és audit készítése.

Sok kis cégtől, magánembertől kaptunk az elmúlt években olyan segítséget, mely elsősorban korrekt üzleti kapcsolatokban, együttgondolkodásban, egymás bátorításában és erősítésében nyilvánult meg.

Oláh Sándorra, a fáradhatatlan „ezermester” magánvállalkozóra – szinte bármilyen félvezető technológiai, szerelési, vákuumtechnikai berendezés, részegység javításában, átalakításában – mindig számíthatunk.

A Nágel Ferenc által vezetett Pascal Kft. az igényes, tudományosan megalapozott vákuumtechnika, vékonyréteg technológia, kisülőlámpa-fejlesztés legjobb és legszebb hagyományait mentette át a Tungsramból egy virágzó egyszemélyes magánvállalkozásba. Az elmúlt években sok közös, sikeres együttműködésünk volt a Pascal Kft.-vel és úgy tűnik, hogy a GE-Tungsram a jövőben is igényli ezt a hiánypótló, nagy tapasztalatokra alapozott, K+F támogatott szolgáltatást, amit egy rugalmas, de igényes munkát végző kisvállalat nyújtani tud a nagyvállalatnak.

Mit adtunk a világnak? Őszinte rácsodálkozást sokak szemében, hogy mit tudunk megtenni, létrehozni, működtetni, és megdöbbenést kevesek szemében, hogy nem hagyjuk legyőzni magunkat a körülmények által.

Kérdezni szokták, hogy mi a titka annak, hogy a MikroVákuum immár több mint 17 éve tele van munkával, tervekkel; jelen van nemcsak a hazai mikroelektronikát, vékonyréteg technológiát, vákuum technológiát használók piacán, hanem évek óta külföldre szállít olyan saját fejlesztésű berendezéseket, technológiákat, melyeket a „high-tech” iparban jegyeznek, és külföldi kutatóintézetekkel hosszú távú K+F szerződéseik vannak.

Mint a legtöbb kérdésre, erre sem tudjuk az egyértelmű választ, de azt igen, hogy mindnyájan arra vagyunk a legbüszkébbek, amikor egy külföldi tudományos publikációban, amely a mi általunk fejlesztett, gyártott termék segítségével elért eredményekről számol be, azt látjuk, hogy „.. készült a MikroVákuum Kft.-ben, Magyarországon”.

(MEV)-INTERMOS-MELCOM-VISHAY
HUNGARY: A MAGYAR MIKRO-
ELEKTRONIKAI IPAR SZÍNEVÁLTOZÁSAI

Balogh Béla

Vishay 1047 Budapest, Fóti út 56.

Captatio benevolentiae

Kicsit értetlenül olvastam jelen könyv első kötetét. Erre két okom volt: egyrészt 2002-ben (hál'Isten) kicsit anakronisztikus volt olvasni az 1994-es hangulatban írt fejezeteket, másrészt – és ez volt az igazi ok: a magyar mikroelektronika története gazdasági aspektusának teljes hiánya. Többször átlapoztam a könyvet. Kerestem, hogy ez talán „...műszaki történetéből” vagy „...tudományos történetéből” cím-végű kötet lett volna? Nem találtam rá utalást, nem találtam rá jelzett szándékot. Aztán ismét átlapoztam a kötetet, és tüzetesen újra végigolvastam azon szerzők fejezeteit, akik a mikroelektronika termelési-gazdasági vonalában (vagy ahhoz közel) dolgoztak. Szinte egy szó se az ügy gazdasági oldaláról... És akkor újra rá kellett döbbernem, hogy ez a szemlélet, a teljességnek illetően érzete, a gazdasági szemszög bemutatása szükségtelenségének természetes volta egyúttal az egyik meghatározó összetevője volt a magyar mikroelektronika 1994-ig terjedő történetének. Akkor arra gondoltam: én ilyen szemléletű könyvbe (ti. annak második kötetébe) nem tudok fejezetet írni. Ki fogok lógni a sorból. Földön járó, földhözragadt – főleg nem mikronokról, de nyereségről, hatékonyságról, megtérülésről, önköltségről, cégátalakításról stb. szóló – kakukktójás leszek. Az én olvasatomban a magyar mikroelektronika története más, mint amit olvastam. Más is.

Tévedés ne essék: őszintén nagyra becsülöm a magyar mikroelektronika bemutatott eredményeit. Mert igenis voltak eredmények. A szerzőket is tisztellem és munkájukat, sikereiket elismerem; sokan közülük kedves barátaim, kollégáim, harcostársaim. Et ego in Arkadia. Magam is fejlesztőmérnöként kezdtem és nagyon szerettem azt a munkát. Nem a kutató, a fejlesztő, a műszaki szemlélet volt sok. A gazdasági szemlélet volt kevés. Tragikusan kevés. Nem a kutatókból hiányzott a gazdasági érzék; ők tették a dolgukat és sikeresen tették. A folytatás hiányzott, a kutatási eredmények anyagi értékévé transzformálása – mert 1968 után meg kellett volna értenünk: semmiről nem lehet beszélni a gazdasági oldal figyelembevétele, bemutatása, hiteles megalapozása és elfogadtatása nélkül. Illetve lehet, de a kudarc kockázatával. A mikroelektronikához pénz kellett, sok pénz: ezt nem lehet, nem is lehetett ideológiai alapon megszerezni. És kénytelen vagyok beismerni: a magyar mikroelektronikai ipar egészéből lényegében hiányzott ez a szemlélet. Emlékszem, hogy az Ipari Minisztériumban (mindegy, kinek a minisztersége alatt) szervezett nagy létszámú megbeszélésen milyen leújtó, lesajnáló pillantásokat kaptam, amikor – azon eufória közepette, miszerint a Szovjetunió hajlandó egy évi 240 ezer darab 150 mm-es átmérőjű szelet kapacitású, ott nagyon modern szeletgyárat és technológiát nekünk eladni – meg mertem kérdezni, hogy „És hová adjuk el majd azt a rengeteg félvezetőt?” Pedig a MEV vezérigazgatójaként, kontingens-mizériák közepette, alaphiányosan (ha van még, aki e fogalmakat ismeri...) első kérdésként csakis ezt a - tényleg földön járó – gazdasági aspektust vethettem fel. Ma könnyű: azt mondjuk,

piaci szemlélet. Nos, a magyar mikroelektronikai iparra bármi jellemzőbb volt, mint a piaci szemlélet. Márpedig, akik akkor a pénzről nemcsak beszéltek, hanem döntöttek is (ATB, OT, PM, bankok stb.) a mikronra és a megabitre úgy néztek (tisztesség ne essék szólván, és tisztelet a kivételnek) mint én az indián kópírásra. Nem vettük észre, hogy elbeszélünk egymás mellett, hogy más nyelvet beszélünk. És nekünk kellett volna ezt észrevenni, akik a forrásokért hadakoztunk. Mea maxima culpa. Én is bűnösnek érzem magam, hogy nem tanultunk meg eléggé, nem tanítottuk meg magunkat és környezetünket eléggé gazdaságiul. Nem a kutató, nem a fejlesztő, mi, az ipar voltunk a gyenge láncszem.

Az 1990 előtti időszakot az első kötet lefedte; sőt az Interbip későbbi korszakát is. Nekem a (MEV)-Intermos-Melcom-Vishay Hungary vonulat maradt. De én ezt az időszakot sem tudom bemutatni az első kötet szemléletével. Az én szememben a mikroelektronika vállalkozás; amihez ugyan elengedhetetlen a jó szakmai-műszaki, a humán stb. háttér – de nem elég. A vállalkozásnak meg kell állnia a talpán. Az előbbi szükséges, de nem elégséges feltétel. Hány világhírű félvezető cég tűnt el a süllyesztőben kiemelkedő nevük, presztizsük ellenére, „csak” mert gazdaságiilag ellehetetlenültek? Kérem ezért a nyájas olvasót, nézze el nekem, hogy az alábbi oldalakon nem a műszaki eredmények bemutatása lesz a domináló-, és emiatt a hangnem is sokkal szubjektívebbnek fog tűnni. (A körülmények se sok hivatkozási alapot termeltek ki.) A műszaki eredmények vékonyan csörgedeztek – de a magyar mikroelektronikai ipar végül is talpon maradt. Talán nem úgy, nem olyanak maradt, amilyenek egykor elképzeltük. 1998 után tán már nem is magyar, „csak” magyarországi. De azért ez az iparág ma több, mint ezer embert eltart; több milliárd félvezető eszközt előállít évente, fogadni tudott és értelmesen fel tudott használni több tízmillió dollár beruházást úgy, hogy termékeink a világ legigényesebb piacain is megállják a helyüket. Minden létező és szóba jöhető nemzetközi tanúsítványt megszereztünk, és így Gyöngyösön és a Főti úton több félvezetőt állítottunk elő, mint bármikor korábban. Gazdaságiilag is szilárdan állunk a lábunkon. Nem vagyunk mikroelektronikai nagyhatalom (mint Vishay, igen!), de „rajta vagyunk a térképen”. Sokan irigyelnek bennünket itthon és, külföldön is, Kelet-Közép-Európában is; sokszor nálunk nagyobb esélyűek, de kevesebb sikerűek. Mi meg tudtuk ragadni a kisebb esélyt. A magyarországi mikroelektronikai ipar ma a legjobb színvonalú a volt KGST országokéhoz képest, a volt Szovjetuniót is beleértve; talán a csehek vannak velünk azonos színvonalon. A múltat realitán ismerők tudják, hogy micsoda óriási dolog ez. Sohase volt így... (A volt NDK külön sztori) És ezt – szerencsénk, és tán ügyességünk mellett – eleink eredményei, szellemi potenciálja, partnereink támogatása, szakembereink, munkatársaink (néha kétségbeesett, de végül is eredményes) életben maradni akarása érte el. Írásom legyen előttük: hitük, erőfeszítéseik, sikerük előtt való tisztelgés; az élők előtt és azok előtt is, akik már elköltöztek az örök félvezető tiszta szobába.

A vég: 1990

A MEV története – a mások által már bemutatott eredmények mellett – gazdasági szempontból folyamatos lidércnyomás volt. Létrejött pillanatában alaphiányos volt és ebből a gödörből soha nem tudott kimászni. Az 1986-os tűz – a megrendítő műszaki, emberi tragédia mellett – ott sújtotta a MEV-et, ahol a leggyengébb volt: a megsemmisült eszközök miatt kiesett hatalmas értéksökkenési leírást semmivel nem lehetett pótolni, a gazdasági egyensúly soha nem állt helyre. (Kevesen tudják, de a reménynek még egy rétege égett el 1986. május 26-án: előtte elértük, hogy a Magyarországra látogató Gorbacsov ne a vörös Csepelre és ne a neki válaszoló Váci útra, hanem a MEV-be látogasson. A nyilvánvalóan és fel sem mérhetően óriási presztizsnövekedés más pályára, más alku-pozícióba hozta volna a MEV-et, a magyar mikroelektronikai ipart. A tűz a látogatás előtt két héttel ezt a – ma így mondanánk:

a sikeresen felépített PR akciót – is elhamvasztotta.) A talpon maradás egyetlen esélye az volt, ha a KGST-ben a MEV kiemelkedő kereslettel rendelkező gépgyártásának és mérőautomata-gyártásának nyereségéből sikerült volna cégen belül „keresztbe finanszírozni” a MEV alkatrész-ágazatát. (A monolit félvezetőt; a hibrid nyereséges volt.) Ez a keresztbe finanszírozás egyáltalán nem volt blaszfémia, lényegében minden félvezetőt (is) gyártó világ-cég ezt csinálta. (A Siemens egyik vezetője mondta akkoriban: „A félvezető olyan a Siemens-nél, mint a parádés ló: nem az húzza a szekeret, de miatta nézik a parádét”). A berendezés-ágazat 9 forintért termelt ki egy rubelt, még a horribilis, bevétel-arányosan 25%-os termelési adó után is bőven maradt a MEV-nél nyereség. Sajnos azonban, a termékcsalád túl jó volt, műszakilag és gazdaságilag messze kiemelkedett a KGST-ben, óriási volt a kereslet; a kormányközi kontingens-tárgyalásokon ezzel revolvertelt a magyar fél. „Ha nem adtok több olajat, nem adunk több ICOMAT-ot.” Aztán egyszer csak nem volt több olaj és így nem tudtunk több berendezést szállítani. A keresztbe-finanszírozás összeomlott, a MEV napjai meg voltak számlálva. A keleti piacra nem szállíthatott, a nyugati piac felépítéséhez sokkal több időre lett volna szükség. (Ezek a berendezések igenis piacképesek voltak nyugaton is, volt is irántuk érdeklődés!)

A beruházási források utáni harc természetesen nem állt meg. A közvetlen cél a leégett elemgyár után kapott biztosítási összeg megszerzése és a beruházás újraindítása volt. Erre „ki is csikartunk” egy pozitív ATB határozatot, később azonban ez a döntés dr. Báger Gusztávné, az ÁFI akkori vezérigazgatója lobbizására úgy változott meg, hogy a pénzt az ÁFI kapta. (A későbbiek folyamán aztán Bágerné a magyar mikroelektronika egyik igaz támogatója lett, aki érdeklődött az iparág jellemzői után, értette azok és az iparág fontosságát és segítette is a talpon maradást. Szerepét – a biztosítási díj „eltérítése” ellenére – kifejezetten pozitívan ítélem meg. Kétségtelen, hogy ő a mai létünk egyik megalapozója.) E döntéstől kezdve a MEV erőfeszítései arra irányultak, hogy az ÁFI-t minél szorosabb együttműködésre készítse. Erre az MEV alapítású és rész tulajdonú Intermon Rt-n keresztül nyílt lehetőség. Az Intermon emiatt a magyar mikroelektronika szempontjából felértékelődött, a MEV fontossága – a keresztbe-finanszírozás kútba este miatt – lecsökkent.

1989-ben – kritikusan gazdasági helyzete ellenére – a MEV nem volt csődhelyzetben. Beruházni alig tudott, gyenge volt a likviditása, de élt és működött, új termékeket fejlesztett ki, gyártásokat honosított. (Ekkortájt indult a Franciaországban vásárolt gyártósoron megvalósított teljesítmény-mikroelektronika. A technológia sikeres kiválasztására és meghonosítására jellemző, hogy a kilencvenes évek közepén ez lett a magyar mikroelektronikai gyártás mentőkötele. A gyártás ma, 15 év elteltével is működik. Hasonlóan ma is él – és milyen nyereséges! – az ugyancsak ekkortájt felfuttatott szilícium UHF T-plasztik tokozatú termékcsaládja. A DO 35 tokozatú diódák nagysorozatú gyártása is ebben az időszakban futott fel; a terméket ma is gyártjuk.)

Bár feltehetően hamarosan a csőd is elkerülhetetlenül bekövetkezett volna, a történelmi hűség kedvéért ki kell mondani, hogy a MEV-et (több más vállalattal egy időben) csődbe hajtották. („Hogy’ lehet az, hogy Magyarország ilyen nehéz gazdasági helyzetben van, de egy vállalata se ment még csődbe?” – kérdezték az egyik akkori magyar korifeustól külföldön.) Nos, ezután a MEV hitelezője, az MHB felmondta és azonnal visszakövetelte az addig nyújtott és különben rendben törlesztett hiteleket; nemfizetés esetére csődeljárással fenyegetett. Jellemző, hogy olyannyira senki nem hitte, hogy a mintegy 360 millió forint hitelt a MEV vissza tudja fizetni, hogy a határidő lejáratának napján a bíróság – azóta se látott sebességgel – az előre előkészített felszámolási eljárást elindította. A MEV azonban (végső kétségbeesésében minden hazai és külföldi, szakmai és személyes kapcsolatát mozgósítva) a hitelt határidőre visszafizette. A bíróság a döntését pironkodva visszavonta, de a zuhanást megállítani már nem lehetett. Bár a cég működött, de napról napra élt, az anyagellátás összeomlott; a szükséges anyagok – ha voltak is – csak napokra voltak elegendőek. A hazai elektronikai

ipar, a MEV fő felvevő piaca lényegében összeomlott. 1990 második felében megkezdődött a MEV felszámolása.

Élet a romokon: 1990–1994

Szovjet-magyar mikroelektronikai vegyes vállalat alapításáról 1986-ban kezdett a MEV tárgyalni. Hármast követünk: egyrészt (főleg) Magyarországon föl nem lelhető (vagy hozzá nem férhető) forrásokat szerettünk volna a magyar mikroelektronikai iparba addicionálisan bevonni, másrészt abban reménykedtünk, hogy egy ilyen határokon átnyúló – és gazdaságin kívül politikai töltettel is rendelkező – gazdálkodó egység fellazítja a MEV-et fojtogató kontingens-hiányt, nem is annyira alkatrészben, mint inkább berendezések területén (lásd keresztbe-finanszírozás), végül harmadszor: fel akartuk magunkat értékelni a szovjet mikroelektronikai ipar vezetőinek szemében és így kerülő úton hatni, lobbizni; *horribile dictu*, nyomást gyakorolni a magyar gazdaságirányításra. (Kolesznyikov, az akkori szovjet elektronikai miniszter korábban lekicsinylően beszélt a magyar állapotokról. Szerinte mikroelektronika a Szovjetunió kivül csak az NDK-ban és legfeljebb Csehszlovákiában volt említésre méltó színvonalon. Nem is igen támogatta, hogy más KGST országokban valami történjék. Ezen akartunk változtatni.)

Bár szívem szerint a leningrádi Sztvetlana Egyesüléssel alapítottunk volna vegyes vállalatot, Kolesznyikov Zelenográdot, a szovjet mikroelektronika zászlóshajóját jelölte ki partnernek. Magyar részről a sokfordulós tárgyalásokat Fejes László vezette; rendszeres résztvevő volt – többek között – Huszka Zoltán, Keresztes Péter, Oláh András, dr Balogh Béláné. A tárgyalások intenzíven folytak és 1987-ben (időközben a *HirSzöv*vel, Köveskúti Lajossal kibővülve) ünnepélyes külsőségek között aláírtuk az Interomos Mikroelektronikai Rt alapító okiratát.

Igazgatónak Fejes Lászlót nevezték ki, műszaki helyettese a zelenográdi delegált V. Melynik lett.

A kitűzött hármast célból kettőt elértünk. A magyar mikroelektronikába addicionális tőke érkezett és nem a MEV-en és nem is az Interomos-on múlt, hogy ez a tőke csak korlátozott mértékben működött. (Bár végül is ez mentette át a magyar mikroelektronikát.) Az addicionális tőke értelemszerűen (az 50–50 százalékos részarány miatt) azonos nagyságú magyar tőkét is generált, ezt az ÁFI investálta az Interomosba. Ezzel a meghatározó magyar tulajdonos az ÁFI lett ugyan, de Báger Gusztávné természetesnek tartotta, hogy a de facto irányító a MEV. Az első célkitűzés tehát kétszeresen is teljesült: nemcsak többletforrás érkezett a magyar mikroelektronikai iparba, hanem ezzel az ÁFI-nál „blokkolt” biztosítási összeg egy részét is meg lehetett mozdítani.

Teljesült a harmadik célkitűzés is. A magyar mikroelektronika a Szovjetunióban felértékelődött, a figyelem Magyarországon újra az iparág felé fordult. A tűz utáni bizalom-vesztés eliminálódott, bár a körülmények alakulása miatt a megszerzett politikai/kapcsolati tőke végül nem tudott a szándékok szerinti működő tőkévé alakulni. Ennek a rendszerváltás körüli *dance macabre*-on kívül az volt az oka, hogy a második célkitűzést csak igen korlátozottan – konkrétan: alig – tudtuk elérni. A két ország Tervhivatala óriási hatalom volt, és a ráhatás kis hatásfokúnak bizonyult. Többlet-kontingenseket nem kaptunk.

Be kell vallani, hogy a MEV az Interomos bizonyos fokig Potemkin-falunak szánta; nem kívánt „alternatív”, vele magával konkuráló mikroelektronikai bázist létrehozni. A MEV azt tervezte, hogy az Interomos a dolgokat „szervezi”, „biztosítja”, de a konkrét ipari tevékenységet a MEV-en belül végzi. És bár az Interomos Potemkin-faluvá sose vált, a MEV felszámolásáig az elképzelt szimbiózis kifogástalanul működött.

Az Interмос berendezés-orientált áramkörök gyártására készült. Ehhez a tervezés Magyarországon történt volna, a chipet a zelenográdi cég szállította volna, a szerelést – tokozást-mérést pedig a MEV-ben terveztük elvégezni. Az értékesítést az Interмос Magyarországon, a KGST országokban és nyugaton tervezte, de végül is kereslet hiányában csak a Szovjetunióba szállítottuk és ott sem volt túl nagy az igény. (Az iskola-számítógép programhoz történt beszállítás, de addigra már Szovjetunióban is gyökeresen átalakulóban voltak a viszonyok. (Időközben az is kiderült, hogy kompatibilitási okok is nehezítették a hazai és a nyugati értékesítést) Az Interмос emiatt fokozatosan más, kommersz félvezető termékek felé is fordult, de a technológia döntő hányadát továbbra is a MEV szolgáltatta. Mindazonáltal, a kezdetben mindössze irodányi létszám 20 fő fölé emelkedett. Lényeges beruházás azonban továbbra sem történt, az alapítók által befizetett törzstőke zöme az Interмос bankszámláján pihent és kamatozott.

Az Interмос ilyen állapotában került sor a MEV felszámolásának elindítására. A felszámoló biztos Kővári Ferenc lett, aki a szokásos módon a MEV-et alkotó elemeire darabolta és megpróbálta azokat – különböző sikerrel – darabonként értékesíteni. Az Interмос – egyrészt saját technológiai bázisát biztosítandó, másrészt némi „rábeszélésre” – megvásárolta a MEV budapesti Félvezetőgyárát, annak elemgyártása nélkül. A gyöngyösi Félvezetőgyár az időközben Köveskúti Lajos irányításával létrejött Interbip Invest birtokába került, akárcsak a MEV budapesti hibrid és érzékelő ágazata. (Az Interbip-ről az első kötet egyik fejezete szól, ezért nálam csak 1996-ban találkozunk majd vele) A MEV szerepe ezzel a magyar mikroelektronikai iparban lezárult. A gyöngyösi félvezető létszám az Interbip-hez, a pesti az Intermoshoz került.

Az Interмос a saját vergődő BOÁK gyártása mellé a MEV-ből átvette annak jelentős készáruraktár készletét, a TO 220, TO 218, TO 50, SOIC, SOT 23 és SOT 143-as gyártását. E sok jelentős gyártási kapacitással rendelkeztek, azonban alig voltak leterhelve.

Az Interмос egyszeriben igazi önállóságot szerzett, saját – kb. kétszáz fős – létszámmal, saját autonóm gyártóparkkal, saját gazdálkodási felelősséggel. Átalakult vezetése is: a vezérigazgató a MEV-ből érkezett Huszka Zoltán lett, aki mellé (alá-mellérendelve) a szovjet (majd orosz) oldal E. Ivanovot, a volt szovjet elektronikai ipari miniszterhelyettest delegálta. (Ivanov családotól áttelepült Magyarországra, azóta is itt él.) Fejes László továbbra is igazgató maradt, a műszaki ügyek vitelére a MEV-ből érkezett Szakács Benő vállalkozott. Az értékesítés vezetője Rónai Miklós lett. A szervezeti változással és a MEV felszámolásával egy időben az Interмос korábbi másik résztulajdonosa, a HirSzöv is felszámolta tulajdoni hányadát, és így az Interмос egyedüli magyar (50%-os) tulajdonosa az AFI (későbbi nevén: MBFB) lett.

A kilencvenes évek elején az Interмос (miként az egész magyar gazdaság) kaotikus viszonyok között működött. A magyar és a KGST elektronikai ipar (az alkatrészgyártás piaca) szétzilálódott, hasonlóképpen a szovjet ipar is. A korábbi kapcsolati tőkék sokszor hendi-keppé váltak. (1990 után nem csengett jól, hogy „orosz-magyar vegyes vállalat”...) Kaotikusak voltak a cég belső viszonyai is, hiszen a létszám egyszeriben majd megtízszereződött, a szerves fejlődés nyomai nélkül. Huszka Zoltán csapatára heroikus küzdelem várt: megkapaszkodni a piacon (hol?) és a piaci igényekből következő gazdasági lehetőségekhez igazítani a belső körülményeket és létszámot. Igazi kopernikuszi fordulat: áttérni a piacgazdálkodásra.

A korábban sem jelentős piaci igények azonban drasztikusan tovább csökkentek. A kétségbeesett kísérletek ellenére bele kellett törődni, hogy pl. az évi kb. 12 millió darabos TO 220 gyártókapacitáson évi legfeljebb 100 ezer darab eszközt lehet gyártani, mert többre nincs igény. Ez a kapacitás 1 (egy) százalékát sem éri el... Más termékcsaládoknál is hasonlóan tragikus volt a helyzet. Tudomásul kellett venni, hogy a működő áramkör-tervezőkkel és az át-

vett raktárkészlet értékesítésével együtt is a félvezető tevékenység totálisan gazdaságtalan, a kritikus tömeg alatt van, tehát fenntarthatatlan.

A vezetés görcsösen, táguló körök mentén kereste a kitorési pontokat. Először más félvezető eszközök gyártásával és értékesítésével próbálkozott (pl. feszültség-stabilizátorokéval). Nem sikerült megfelelő nagyságú piacot fellelni, a próbálkozás nem járt sikerrel. A cég bérmunkát vállalt a Tesla Roznov egyik utódvállalatának, teljesítmény eszközök területén. Áramkörök bértervezése folyt. A következő kör az elektro-lumineszcens fóliákra épülő berendezések gyártása lett volna (pontosabban: forgalmazása, mert ehhez már csak a szükséges invertert gyártotta volna az Interмос). Kitaró erőfeszítések, rengeteg próbálkozás, sokszoros megmintázásoktól sem sikerült elegendő volumenű fizetőképes keresletet felderíteni. Szemüveglencsék bevonatának készítése már alig érintkezett a félvezető technikával, a még tágabb üzleti kör pedig már a kereskedelem volt: autóalkatrész-kereskedelem, később élelmiszer-kereskedelem. Egyik sem, és a próbálkozások együttesen sem hoztak elfogadható gazdasági paramétereket. Emiatt – bár a félvezető eszközök gyártása és ezzel párhuzamosan az alkatrész-kereskedelem alacsony volumennel, de folyt – az Interмос létszáma értelemszerűen drasztikusan, az induló létszám töredékére zuhant és 1994-re alig haladta meg a 30 főt.

Az eltartó tevékenység kétségbeesett keresése egyre bizarrabb ötletek felé hajtotta az Intermost. Komoly formában merült fel, hogy az Interмос pl. hajót vásároljon Oroszországban és turizmussal foglalkozzon; vagy vásároljon tankokat (Oroszország akkori kesze-kusza helyzetében ez egyszerű ügy lett volna) és szálljon be a fegyver-kereskedelembé. Felmerült gázálcok adásvétele is. A cég vezetése azonban ezeket az ötleteket kipróbálás nélkül elvetette. Nem úgy a zenélő karácsonyfadísz gyártását; ezekből jó néhány került a magyar karácsonyfákra is.

Könnyű ma ezeket a próbálkozásokat kinevetni, lesajnálni, „leegyügyűzni”, „lebizarrozni”. Pedig ez – mint csepp a tengert – mutatta a kilencvenes évek elején nagyon is széles körben dívó tevékenységet, illetve állapotokat: az életben maradás lehetőségeinek kétségbeesett keresését. Az ötletekről meg mindig utólag derül ki, ha bizarrak vagy naivak: felmerültükkor megmentőnek is látszhatnak. Jelen sorok írója az Interмос egyre fogyó csapatának ezen küzdelmében nem vett részt, azt Huszka Zoltán vezényelte, de azért szinte megrendülten éli bele magát az akkori eseményekbe és adózik a legőszintébb megbecsüléssel azoknak, akik lélekben meg nem roppanva végig tudták küzdeni ezt a pokoljárást. Mert közben – ha alacsony szinten is – a félvezető-termelés fennmaradt, ötletes (és piaci, műszaki és gazdasági szempontból igenis sikeres) akciók is folytak, pl. a félvezető szerelőszalagok előállítás/előállítását terén. A félvezető technológia az Interмосban fennmaradt és kismértékben ugyan, de fejlődött.

Bár fogyott, de még mindig az Interмос számláján volt az alapításkor befizetett alaptőke jelentős része. Ebben a szituációban Huszka Zoltán a szerintem is egyedül értelmes gazdasági döntést hozta a bankbetéttel kapcsolatban: ráült. Nem fektetett olyanba, aminek nem látzott a piaci háttere. A pénzügyi háttér egyrészt kellő lelki támaszt, biztonságot nyújtott, másrészt a kapott kamatok biztosították az Interмос nyereséges (!) működését. Tisztelet az MBFB-nek és személyesen Báger Gusztávnának, hogy ezt a szituációt (nem félvezetősként!) felismerte, átértékelte és tolerálta.

1993-ban nagy lehetőség csillant fel az Interмос előtt. A Motorola TO 220 gyártó bázist keresett Kelet-Közép-Európában és Budapest igen jó eséllyel pályázhatott erre a lehetőségre. Évi 60–70 millió (!) TO 220 eszköz előállításáról volt szó; a Motorola a kiválasztott gyárat megvásárolta volna. Tárgyalások sora zajlott, bemutató anyagok és számítások kilói készültek. Végül azonban a Motorola a cseh Tesla Roznov mellett döntött.

A siker belátható közelsége, majd hirtelen elvesztése elkedvetlenítette a tulajdonosokat. Az orosz fél ki akart az Interminosból lépni. Nem tudván azonban megállapodni a kilépés áráról, a tulajdonosok az Interminos végelszámolása mellett döntöttek. A cég napjai meg voltak számlálva.

Főnix a hamuból: 1995–1998

1994-re a korábbi magyar elektronikai ipar teljesen szétzilálódott. A fő felvevő: KGST megszűnt, a hazai kereslet visszaesett, a vásárlók gyakran fizetéseképtelenek voltak. Olyan elektronikai cégek szűntek meg, ezek szét vagy vegetáltak, mint a BHG, a BEAG, az EMG, az Orion vagy a Mechanikai Művek. A cégek alkotó elemeikre darabolódtak és külön-külön próbáltak életben maradni, akár a korábbtól teljesen eltérő tevékenység felvállalása árán is. A hitelek által terhelt nagyvállalatok tipikus próbálkozása volt, hogy ágazataikat önálló kft-kbe szervezték, a cégközpontot holdinggá alakították át, az ingatlanokat a hiteleket a holdingban hagyták és a saját kft-ik által fizetett bérleti díjából tartották fenn magukat. Ez elvileg működő modell is lehetett volna, de inkább csak a korábbi nagyvállalati központok továbbélését célozta. A bankok ugyanis előbb-utóbb a behajthatatlan hiteleiket – mentve a menthetőt – vállalati tulajdonrészre konvertálták. Ezzel a lépéssel azonban a bankok nem az esetleg működőképes egységekkel találkoztak, hanem a kiürült holdinggal.

Meg kell hagyni, az MBFB (dr. Báger Gusztávné, dr. Benedek János) ennél (saját érdekükben is) ügyesebben járt el. A bank a hitelek konverziójakor nem a holdingokban szereztek tulajdonrészt, hanem a holdingnál lévő hiteleket a holding tulajdoni részesedéseire cserélték – vagyis nem az üres holdingokban, hanem a kitörésre (túlélésre) esélyesebb szatellitokban szereztek tulajdoni hányadot. 1994-re az MBFB portfóliójába ilyen módon már több, mint ötven vállalkozás tartozott; köztük számos elektronikai cég is. (pl. a Híradástechnikai Szövetkezet – HirSzöv, HTRT – önállósodott vállalkozásai, a HI-TE-LAP Rt. stb.)

Az MBFB többször is kifejtette, hogy hosszú távon nem akar „iparoskodni”. A továbbélésre alkalmas cégeket feljavítja és eladja, a fiaskókat – némi próbálkozás után – leírja, felszámolja. 1994-ben úgy látszott, az Interminos ezen utóbbi kategóriába kerül.

E sorok írója 1994-ig nyugati cégek tanácsadójaként külföldön dolgozott, bár a magyar viszonyokat naprakészen követte. Tanácsadásai során intenzív, napi kapcsolatban állt a mikroelektronikai világpiac számos szereplőjével is. Ilyen előzmények után kért az MBFB informális tanácsot, véleményt az Interminos körüli lehetőségekről illetve tennivalókról. A vélemény lakonikusan a következő volt: az orosz tulajdonost kivásárolni; az Interminosnak 1996. június 30-ig esélyt adni és a teljesítmény-mikroelektronikára koncentrálni; az igényes nyugati piacchoz fordulni; a humán tőkét konszolidálni és ha a kijelölt határidőre a cég nem nyereséges, végelszámolni.

Az MBFB az informális véleményt megfontolásra érdemesnek tartotta, és most már formálisan is megbízást adott jelen sorok írójának a teljes elektronikai portfólió középtávú stratégiájának kidolgozására.

A kidolgozott stratégia legfontosabb alapelemei a következők voltak:

- Teljes elektronikai vertikumot létrehozni, ha szükséges, cégalapításokkal, az egyes cégek önállóságát természetesen megtartva.
- Mikroelektronikában a teljesítmény-mikroelektronikára és másodsorban az ultranagyfrekvenciás eszközökre koncentrálni.
- Elektronikai berendezések terén az egyedi, speciális, nagy hozzáadott értékű termékeket preferálni; a fejlesztéseket támogatni.

- Kizárólag az igényes, nyugati piacra koncentrálni, stratégiai partnereket felkutatni.
- 2-3 év alatt nettó exportórré válni (mert akkor az abban az időben nagymértékű forint-leértékelés gazdasági hatása pozitív lesz).
- 5-6 év alatt stratégiai befektetéssé válni. Ezt a következőképpen definiáltam: „A cégcsoport jegyzett tőkearányos nettó osztaléka legyen magasabb, mint a banki betéti kamat”. (Ez a célkitűzés abban az időben – 25% körüli betéti kamatokkal – enyhén szólva vakmerőnek, ha nem lehetetlennek látszott. Tény, hogy nagyon szisztematikus munkával, rengeteg izzadsággal, lelkesedéssel, hittel és nem kevés – üstökön ragadott – szerencsével a célkitűzést 1996 végére (!) sikerült teljesíteni.)
- A cégcsoport koordinálására és a szinergiák kibontására minimális létszámú holdingot kell létrehozni.

Az MBFB vezetése az előterjesztett javaslatot megtárgyalta és elfogadta. A cégcsoportot létrehozták úgy, hogy az elektronikai portfólió üzletrészeit az Interмосba apportálták. Az Interмос Rt. elnök-vezérigazgatójának, dr. Balogh Bélát bízták meg. Feladata a kidolgozott stratégia megvalósítása volt. (A cégcsoport tevékenységének ismertetése nem a jelen könyv témája. A továbbiakban csak a mikroelektronikai eseményekkel foglalkozom. Tény azonban, hogy a cégcsoport prosperált és abba – miután azt a piaci viszonyok alátámasztották – az MBFB további mintegy 360 millió forint működő tőkét investált.)

1994. vége és 1995. első fele az Interмосban a hiperintenzív tárgyalások időszaka volt. A tárgyalások több, mint ötven céget érintettek. (Ennek során hihetetlen témák és nagyságrendek is felmerültek. Az egyik amerikai óriáscég például olyan, SVLSI IC-ket gyártó vegyevállalat létrehozására tett javaslatot – a hozzá képest bolha nagyságrendű Interмосsal!! – amelynek exportja megközelítette volna Magyarország teljes akkori export-volumenét. Ilyen ajánlatot az ember életében egyszer kap. Ma már mindegy, miért nem realizálódott az ügylet. Mindenesetre, nem az amerikai óriáscégen múltott) A tárgyalások eredményeképpen 1995 júliusára aláírt szállítási szerződésünk volt olyan volumenű TO 220 tokozatú, teljesítményszakoz szállítására, amely a korábbi volumeneket több nagyságrenddel meghaladta, és amihez kapacitásnövelő beruházást kellett eszközölni. Az MBFB a szállítási szerződések látán a beruházást túlértékelttel biztosította. A szerződött volumen és ár az Interмос mikroelektronikai tevékenységével nyereségességét biztosította. Az Interмос feljött a víz alól. A stratégiai partner a TEMIC és az IXYS volt.

A következő félév (1995. második fele) az Interмос életében kiemelkedő nehézségű volt. A pokoljárás utáni felhőkben járás ugyanis – némi képzavarral – keszontbetegséggel fenyegetett. Nem volt elég szerződni, a piacot, a jó árat biztosítani – a szerződést kifogástalanul teljesíteni kellett. Úgy, hogy hónapról hónapra megduplázódtak a szállítandó volumenek. Ezt az időszakot többek között Thierry László, Szakács Benő, dr. Balogh Béláné, Szász Gerő, Császárné Gyuricza Éva, Tőkés Józsefné vezetőtársaim segítették sikerre vinni, bár érdemük szerint – és szívem szerint – az Interмос minden egyes vezetőjét és dolgozóját felsorolhatnám. A maga posztján mindenki, legyen akár operátor, művezető, karbantartó műszerész vagy mérnök, kiemelkedőt nyújtott. Szállításaink rendben mentek, a minőség kifogástalan volt. 1995 végére sikeres audit után megszereztük az ISO 9002 minősítést. Az Interмос szervezettsége ugrásszerűen javult, a létszám nőtt. Beindult a második, majd a harmadik műszak is. A termelésen kívül műszaki kérdésekben is kooperáltunk, elsősorban persze műveletfejlesztési területen. A növekedés zavartalan volt. Piaci kapcsolataink rendezettek, pénzügyi feltételeink kiegyensúlyozottak, tulajdonosi háttérünk – (dr. Benedek János, dr. Bartke István és mások) – a felfutás kilátásaival kapcsolatos némi hitetlenkedés után, az eredmények látán – biztonságot nyújtóak, sőt néha kifejezetten generózusak voltak. (Igaz, hogy az Interмос és az egész cégcsoport eredménye ezt rendre meg is hálálta.) Az Interмос a korábbi fejlesztő – kísérleti gyártó feladatkörből hihetetlenül gyorsan, jól szervezett tömeggyártó bá-

zissá fejlődött oly módon, hogy az egy főre eső hatékonysági mutatók tekintetében rendre felülmúlta az évtizedes tömeggyártási múlttal rendelkező Gyöngyöst (ti. az Interbipet).

1996-ban az Interrossal párhuzamosan futó (de súlyos, csőd-közeli anyagi gondokkal küzdő) Interbip Rt. is az MBFB (akkor már MFB) egyszemélyi tulajdonába került. Felmerült a két cég egyesítése, amit 1996 végén a tulajdonos végre is hajtott. Létrejött a MELCOM Rt. két telephellyel: Budapesttel és Gyöngyössel. A nem félvezető cégeket az MFB az Intermosról leválasztotta és privatizálta, a befolyó összeggel és az Intermos számláján az összeolvadásakor rendelkezésre álló 136 millió forinttal az Interbipet konszolidálták, a MELCOM így az Interbip anyagi gondjai nélkül kezdhetette meg tevékenységét. Dr. Balogh Béla nem értett egyet a két cég összevonásával, lemondott és elhagyta a céget, a MELCOM vezérigazgatója az aktívan politizáló dr. Kiss Péter lett. A műszaki igazgatói posztot Göblös Imre, a kereskedőt dr. Bartke István, a humánpolitikait Szöllősy Tamás, a gazdaságát Biener Erzsébet látta el. Fontos szerepet játszott még többek között Nagy András, Tóth Árpád, Balog Imre, Kerekes József, Hopka Albert, Szaplóczai Csaba Gyöngyösön, illetve Thierry László, Bodor József, Szász Gerő, Dr. Balogh Béláné, Szakács Benő Budapesten.

A MELCOM az Intermos és az Interbip tevékenységét örökölte. Ennek megfelelően három (négy) ágazatban tevékenykedett:

Budapesten a Tranzisztor és a Hibrid ágazat (az érzékelők területe, dr. Ligeti Róbertné vezetésével még az összevonás előtt kivált az Interbipből), illetve

Gyöngyösön a Dióda (és a vele hol együtt, hol külön kezelt Fémházas tranzisztor) ágazat.

A termékpalalettán sem történt változás, így

Budapesten TO 220/DO 220 és TO 50 tokozatú monolit félvezetők és kisebb volumenű hibrid eszközök (majd fokozatosan növekvő mennyiségben hibrid technológiával készülő fűtőelemek),

Gyöngyösön DO 35, MELF (mini, mikro) diódák és szinterüveg egyenirányítók, illetve TO 18, TO 39 és TO 72 tokozatú fémházas tranzisztorok gyártása folyt.

A cég stratégiai partnerei a TEMIC (diódák, egyenirányítók, TO 220 és TO 50 tranzisztorok) a MOTOROLA (fémházas tranzisztorok) és – kisebb volumennel, de nagy nyereséghányaddal – az IXYS (DO 220 eszközök) voltak.

A MELCOM vezetése 1997 elején nagy elánnal látott munkához. Tulajdonosi feladatul a nyereség növelését, új stratégiai partner felkutatását és bevonását kapta. A kezdeti lendület azonban derékba törte dr. Kiss Péter váratlan halála. Az új cég indulási folyamata megint; átmeneti időre Göblös Imre vette át a vállalat irányítását. A várt (és elvárt) javulás azonban elmaradt, a tulajdonos MFB egyre türelmetlenebbül nézte a MELCOM tevékenységét. (Addigra Báger Gusztávné már nyugdíjba vonult, a vagyionkezelésben a prímét Kaposi Annamária vette át.)

1997 folyamán a MELCOM vezérigazgatójának az iparágba kívülről érkező Kovács Györgyöt nevezték ki. Feladata már egyértelműen a MELCOM privatizálásra való felkészítése volt. Kovács György tanácsadójának dr. Balogh Bélát kérte fel. A privatizációs tárgyalások a TEMIC-kel (illetve annak új tulajdonosával: a Vishay-vel) 1998 májusában kezdődtek és 1998. november 18-án sikeresen be is fejeződtek. A VISHAY megvásárolta MELCOM összes, monolit félvezetőt gyártó eszközét (a hibridet nem), a szükséges ingatlanokat és átvette a teljes szakembergárdát. A Vishay Hungary vezérigazgatójának dr. Balogh Bélát nevezték ki. A magyar mikroelektronikai ipar döntő hányada külföldi kézbe került. Ettől kezdve „csak” magyarországi mikroelektronikai iparról beszélünk.

Szép új világ: 1998–

A Vishay Intertechnology-t 1962-ben alapította az Egyesült Államokban dr. Felix Zandman. (A cég neve arra a litván falucskára emlékeztet, ahonnan a Zandman család származik.) A cég Zandman két találmányán alapult: a feszültségmérő bélyegen és a szuper-stabil ellenálláson. A cég gyorsan fejlődik; termékei mindig specialitások. Aztán 1985-ben éles fordulat történt: egyrészt megkezdődött a Vishay cégfelvásárlási sorozata, amely máig is növekedési stratégiájának egyik sarokköve; másrészt a cég ezen az úton elmozdult a köznapibb alkatrészek gyártása felé. A termékaletta gyorsan bővült és a kilencvenes évek közepére a Vishay a világ legszélesebb passzívalkatrész-választékát előállító cége lett; 1994-re az árbevétele elérte az egy milliárd dollárt.

A kilencvenes évek második felében a Vishay az aktív diszkrét alkatrészek (félvezetők, optoelektronikai alkatrészek) irányába fordult és 1998-ban megvásárolta az addig a Daimler-Benz tulajdonában lévő, Európában jól ismert Telefunkent. (TEMIC-et). A cégvásárlással párosított szerves fejlődés a Vishay-nél azóta is tart, mára a cég bevételének fele félvezető és mint ilyen, a világ legnagyobb diódagyártó, egyenirányító gyártó cége, de világelső kiefeszültségű teljesítmény – MOSFET-ek és egy sor optoelektronikai termékcsalád tekintetében is (akárcsak egy egész sor passzív alkatrészcsalád előállításában).

A TEMIC felvásárlása fordulópontot jelentett a Melcom részére is. Reálisan számolva, a Melcom privatizálásánál (szakmai befektető jelentkezők) csak a TEMIC jöhetett szóba. E cég adta a Melcom árbevételének zömét, s az Interbip sanyarú gazdasági helyzetének következtében az ő tulajdonában voltak a gyöngyösi diódagyártó berendezések. Nem ugyanilyen mértékben, de ki volt szolgáltatva a budapesti gyártás is. Ha valamilyen ok miatt a TEMIC a kooperáció megszüntetése mellett döntött volna, a Melcom rendkívül rövid idő alatt gazdaságilag ellehetetlenült volna.

Világos volt ez a tulajdonos számára is, ezért kezdeményező lépéseket is tett a TEMIC-nél. Az ügylet azonban a TEMIC gazdasági gyengesége és a tulajdonos Daimler-Benz érdektelensége miatt szóba se jöhetett. A Melcom másik partnere a MOTOROLA volt, itt azonban a számukra gyártott termékek – a fémházás tranzisztorok – olyan marginális jelentőségűek voltak, hogy vegyesvállalat, pláne a MOTOROLA kivásárlása szóba se jöhetett. A harmadik kooperációs partner, az amerikai központú IXYS legfeljebb a budapesti kooperációban volt érdekelt; ugyanolyan féloldalasan, mint a MOTOROLA csak a gyöngyösiben.

A Vishay és a Melcom közötti privatizációs tárgyalások 1998 májusában indultak és októberre sikerre is vezettek. 1998. november 18-án a Melcom monolit félvezető gyártóeszközei, szakembergárdája, a gyártáshoz szükséges ingatlanok és berendezések a Vishay tulajdonába kerültek.

A Melcom értékesítése kiemelkedően jó tranzakció volt a korábbi tulajdonos, az MFB számára. A vételár meghaladta a Melcom könyv szerinti értékét is, holott reális értékelés szerint a cég értéke ennek csak töredékét érte. (A Vishay által meg nem vett hibrid ágazatot a bank ugyancsak privatizálta; a vevő itt is a kooperációs partnercég volt) A Vishay Hungary a Vishay Telefunkent ágazatának része lett.

A Vishay Hungary vezérkara tapasztalt szakemberekből állt. A műszaki igazgató Szakács Benő, a beszerzés-logisztikai igazgató dr. Balogh Béláné, a gazdasági igazgató Tőkés Józsefné, a kontrolligazgató Nagy Éva lett. A tranzisztor ágazat vezetője Szász Gerő, a diódáé (beleértve a fémházás tranzisztor is) Tóth Árpád, az időközben beindult optoelektronikai ágazatáé Bodor József lett. A vezérkart személyesen jól ismerte a TEMIC ágazat igazgatója, a Vishay elnökhelyettese, G. Mooshammer is, és a feltétlen bizalom jele-

ként – az általános szokásokkal ellentétben – külföldi vezető Magyarországra a Vishay nem delegált. (Ez az állapot máig is fennáll.)

Az anyacég 1999-ben hozzákezdett a Vishay Hungary teljes rekonstrukciójához. Budapesten mintegy, 2500 négyzetméter további gyártóterületet vásárolva, 1000 m² tisztaszoba kialakítására került sor, a dinamikus felütoelektronikai érzékelők számára. A HP-nak és a XEROX-nak szállított érzékelőket irodai berendezésekbe (főleg másolókbá) építették be. Az optoelektronikai termelés kialakításával egy időben jelentős mértékben bővült a szolgáltatások volumene és ugrásszerűen emelkedett színvonala. A teljes beruházás még 1999-ben elkészült és a termelés is elindult. Az ágazat vezetését a cégtől eltávozó Bodor Józseftől az IBM-től érkezett Novák János vette át.

2000. év a tranzisztorgyártás komplex rekonstrukciójának és a gyöngyösi gyártás többlépcsős modernizálása kezdetének éve volt. A budapesti rekonstrukció 2001-ben befejeződött (vele a budapesti szolgáltatás teljes felújítása és modernizálása); a teljes tranzisztorgyártás – az optoelektronikai termékek gyártásához hasonlóan – tiszta terekben történik. A gyöngyösi rekonstrukció 2002-ben is folytatódott, amelyre a Vishay sok milliárd forintot fordított.

A gyártó területek és a szolgáltatások rekonstrukciója számos új termékcsalád áttelepítését alapozta meg. Az optoelektronikai ágazatban a hangsúly folyamatosan az érzékelők (esőérzékelők, borulásgátlók) gyártása irányába mozdult el. A tranzisztorgyártásban megjelentek a korszerű SOT 300 sorozatú eszközök és jelentősen bővült a SOT23/143 gyártósorok kapacitása. Új termékek jelentek meg a teljesítményeszközök területén is. (Felület-szerelhető teljesítményeszközök, autoelektronikai egységek.) Itt külön megemlítenéd a tovább folytatódó és rendkívül lukratív, termelési-műszaki IXYS-kooperáció. Ennek során különleges eszközök (IGBT, multichip, GaAs teljesítmény eszközök stb.) gyártását honosítottuk meg. Ugyancsak mind volumenében, mind választékában, mind mélységében bővült a gyöngyösi termelés. A hagyományos DO 35 és a modern mini-, mikro-, kvadro-melf tokozatú kisjelű diódák mellett ugyanezen tokozati formákban megjelentek a zenerek. A DO 41-es tokozat a szinterüveg egyenirányítók gyártása mellé a felület-szerelhető egyenirányítók is gyártásba kerültek. Összességében, ma a Vishay Hungary által gyártott félvezető eszközök darabszáma megközelíti az öt milliárd darabot évente. (A fémházas tranzisztorok gyártása 2002-ben megszűnt.)

A Magyarországon gyártott eszközök a világ legigényesebb vevőihez, az elektronikai ipar óriásaihoz kerülnek. Gyorsan bővül az autóiipari alkalmazás; ezt az itt gyártott alkatrészek minősége és megbízhatósága biztosítja. Ennek kapcsán, a Vishay Hungary lényegében minden, a félvezető termeléshez kapcsolódó fontos nemzetközi tanúsítványt megszerzett. (ISO 9002, QS 9000, VDA 6.1, ISO 14001, OHSAS 18001, ISO/TS 16949)

A gyártósorokon a termelés (természetesen a piaci igények függvényében) négy műszakban folyik. A cég létszáma eléri az ezer főt; a gyorsan javuló mennyiségi és minőségi mutatók honorálásaképpen az egy főre eső bér 1998 óta megduplázódott.

2000-ben Szász Gerő nyugdíjba vonult, a tranzisztor ágazat irányítását Szakács Benő vette át, majd tőle 2002-ben Páva József. A cégtől eltávozott Tőkés Józsefné helyére Wolf Tamás került. Az értékesítési vezető Schlarb Béla (aki a magyar értékesítésen kívül a cseh, a szlovák, és a balti államok területén folyó kereskedelemnek is a vezetője.) Dr. Balogh Béla 1999-ben vezérigazgatói címe mellé ország-igazgatói kinevezést is kapott; és ő a Vishay Kélet-Közép-Európai üzletfejlesztési vezetője is. Az informatikai vezető Futó Gáborné, a dióda ágazat második számú vezetőjévé pedig Hopka Albert lépett elő. A budapesti telephely vezetői feladatait Novák János, a gyöngyösit Tóth Árpád látja el. A menedzsment többi tagja változatlan funkcióval továbbra is a helyén maradt.

Epilógus

A magyar mikroelektronikai ipar él, működik. Ez nagyszerű dolog, de a félvezetőgyártás teljes egészében külföldi kézben van. Jó ez, vagy rossz? Büszkélkedjünk vagy fanyalogjunk? Az előny több-e, vagy a hátrány?

A legelső kritikái megjegyzés arra szokott vonatkozni, hogy a magyar cég elveszti önállóságát. Mihez képest? Tény, hogy a döntések zöme nem Magyarországon születik – de miről szólnak ezek? A piac diktálta döntések önállóan is eo ipso ugyanolyannak születnének. (A megvalósult beruházások döntő hányada egyébként magyar javaslatra indult, csak a jóváhagyás – és forrásbiztosítás – történt a központban.) És lenne-e annyi döntési lehetőségünk önállóan? A multinacionális cégnél – erejénél fogva – olyan döntésre is lehetőség van, amire önállóan nincs. (Beruházások vagy hitelfelvétel nagyságrendje, termelés honosítása stb.) Igaz, hogy nem mi döntöttünk a Vishay Hungary-nál történő beruházásokról, de önállóan nem is gondolhattunk volna arra a sok milliárd forintra, amennyibe a termelés négy év alatt végrehajtott teljes rekonstrukciója került. Ehhez a Vishay tőkeereje kellett. Nota bene: ez az összeg – önállóan gazdálkodva – a nyereségből ugyancsak elképzelhetetlen lett volna.

De a multik kiviszik a nyereséget – hallani máskor. Egyrészt: persze, hogy kiviszik. Ezért fektettek be. Másrészt azonban ezzel együtt is a Vishay Hungary folyamatosan nyereséges és adófizető (a Magyarországon befizetett összes vállalati nyereségadó döntő hányadát a multik fizetik be!). Harmadrészt a Vishay tőkeerejéből végrehajtott beruházásokhoz szükséges nyereséget önállóan nem tudtuk volna elérni. Negyedszer, a Vishay Hungary mintegy ezer embernek biztosít kenyeret és a bérek a Vishay megjelenése óta kb. megkétszereződtek. Ötöd-ször, a beruházás jelentős részét Magyarországon költötték el, a végrehajtott cégek magyarok voltak.

A multiknak csak az olcsó munkaerő kell. Ez is igaz. Minden jól gazdálkodó cég törekszik az alacsonyabb költség-színvonalra. Ha önállóak lennének se fizethetnének többet, mert egyszerűen nem visel el többet a piac. *Olcsó és egyszerű munkát hoznak ide, itt csak termelés folyik.* Ez is nagyrészt igaz, bár ez része a munkamegosztásnak: egyes szervezetek fejlesztenek, mások gyártanak. A modern gyártósorok felügyelete, működtetése, a bonyolult technológiák kézben tartása igenis fontos, szép, magas szintű és komplex műszaki munka. Nem szubmikron technológia, de az elektronikai iparnak a diszkrét alkatrészek ugyanolyan fontosak, mint a megabitek. Világsőnek lenni diódagyártásban ugyanúgy rang, mint világsőnek lenni pl. memória-gyártásban. Különb is – mi az alternatívája az egyszerű terméknek saját erőből? Attól tartok, a nihil. A Vishay nélkül ma nem lenne semmilyen félvezető gyártás Magyarországon.

Csak szerelés-mérés folyik, az igazi félvezető tudás pedig az elemgyártásban van. A szerelés-mérés műszaki tartalmát egyáltalán nem szabad lebecsülni, bár tény, hogy a chipgyártás hiánya miatt sok szép műszaki feladattól esünk el. Ez azonban adottság, amit el kell fogadnunk. A magyar mikroelektronikai ipar története jórészt elemgyártás nélküli történelem.

Ahogy a Vishay ide hoz termelést, úgy el is viheti innen. Valóban, ha a termék, a piac nem viseli el a magyar bérköltségeket, el is viheti a termelést. És ha önállóak vagyunk, akkor elviselné a termék, a piac a bérköltségünk? Tudnánk konkurálni olyan termékkel, amelyet Kínában gyártanak? Ha gazdaságilag racionálisan gondolkozunk, önállóság esetén nekünk magunknak kellene úgy döntenünk, hogy Magyarországról Kínába visszük a termelést (ha tudnánk, a nyereséget meg vissza Magyarországra – illetve, ahol jobbak az adózási feltételek) vagy gazdaságilag ellehetetlenülünk. Termelések áttelepítése nem szubjektív döntés, hanem gazdasági kényszerűség.

A pozitív oldalon sokkal több van. Mindenekelőtt a világceg tőkeereje, tapasztalata, piaci gyakorlata és súlya, elfogadottsága. A végrehajtott beruházásokról már volt szó, de a tőkeerő a mindennapok pénzügyeiben is óriási biztonság. Az hogy a Vishay Hungary-ban ismeretlen fogalom a likviditási probléma, a számlák késedelmes fizetése, rangot, presztizst, nyugalmat ad. A piac hullámzásait természetesen mi is érezzük, de más piaci fellépése van egy multimilliárd dolláros éves forgalmú cégnek, mint egy néhány száz főnek. Más, sok nagyságrenddel nagyobb fejlesztési potenciálra támaszkodunk a cég részeként, mint önállóan. A Vishay piaci munkája kell ahhoz, hogy a világ legigényesebb piacain is helyt álljanak a magyar termékek; amihez mi minden lehetséges minőségi tanúsítványt megszereztünk. Vevőink (a világ legnagyobb, legigényesebb elektronikai cégei) látogatásukkor elismeréssel szólnak a Vishay Hungary-ban látottakról. Nem elhanyagolható az a szervezési, irányítási, vezetési, informatikai know-how sem, ami 1998 óta az anyacégből Magyarországra áramlott. Ha egyáltalán megvásárolható lenne, ez a láthatatlan investíció is súlyos dollár-milliókba kerülne.

És bár természetesen ez az élet sem fenéig tejfel, értelmes kezekkel és fejekkel több (és modern!) félvezetőt állítunk ma elő a Fóti úton és Gyöngyösön, mint bármikor korábban, és ehhez a Vishay többet investált a magyar félvezető technikába, mint korábban összesen történt.

Összességében tehát a fentebb megfogalmazott dilemmára egyértelmű a válaszuk: büszkék vagyunk arra, hogy a Vishay, egy világceg részeként és támogatásával tovább tudjuk vinni a magyarországi félvezető ipart.

A Mikroelektronikai Vállalat tűzkatasztrófája érezhetően vízválasztó volt a mikroelektronika magyar történetében, ahogy azt már akkor, 1986 nyarán is éreztük. Amit azonban akkor még feltételezni sem tudtunk, azt csak egy év naiv törekvéseinek, az újjáépítésre javaslatot tevő, Strausz Tamás vezette bizottság kezdeményezéseinek hiábavalósága kapcsán vált világgossá. Amilyen nehezen született meg ugyanis a megkésített kormányzati szándék a mikroelektronikai ipar hazai bázisának kialakítására a 80-as évek elején, olyan gyorsan tűnt el a Lloyds Biztosítótól a viszontbiztosítás révén befolyt fedezetet a kormányzati keverőkasszában 1987-ben. A közvélemény megnyugtatására véleményformáló közgazdászaink azonnal készséges magyarázattal szolgáltak, miszerint „jobb is így, hiszen a gyár amúgy is korszerűtlen volt”. A rendszerváltozást követően ezt az érvet erősítették az „eggyel kevesebb üzem, ami csődbe mehetett” kijelentések. A hazai mikroelektronikai gyártás története így ért véget, még mielőtt elkezdődhetett volna.

Ezzel azonban nem csak egy mesterségesen felfújtt létszámú gyártóüzem agóniája kezdődött, hiszen ezután még csaknem tíz évig létezett formailag a „MEV felszámolás alatt”, hanem egy óriási felhalmozott know-how, tudás, eszközállomány ment a szó szoros értelmében veszendőbe. Egy-két utódszervezet, főleg a mérés és szereléstechnológia (INTERMOS, INTERBIP, majd Vishay), valamint a vékony- és vastagréteg technológia (INTERBIP, majd a Ferrotechnik B.V.), az érzékelő- (INTERBIP) és hibridáramkör-gyártás területén indult útnak, esélyt adva az értékmentésnek. A tűz után megmaradt szilícium szelettechnológiai-fejlesztés teljes berendezésparkját viszont a privatizációs eufóriában megjelent külföldi kalandor-befektetőkre bízta, és így lényegében elkótyavetyélték. A „privatizációból” tehát nem gazdagodott meg senki, legkevesbé az állam, hiszen a szinte vadonatúj gyártóberendezéseket a felszámolóknak koncepciótlanul, későn, és szinte ócskavas áron adták el, amikor már csupán a telephely végleges kiürítése volt a szempont. Hasonló sorsra jutott a csőd előtt kiépített tisztaszobás infrastruktúra (N-épület), melynek megmentett darabjai itt-ott még fellelhetők az országban (pl. az időközben felszámolt Dunasolar Rt.-ben).

Ez a katasztrófa természetesen kihatott a mikroelektronikai gyártás kutatási háttérbázisaként is funkcionáló két MTA kutatóintézet, az újpesti telephelyen működő MTA Műszaki Fizikai Kutatóintézet és elsősorban a csillebérci KFKI Mikroelektronikai Kutató Intézet sorsának alakulására is. Előbbi elsősorban a nagyműszeres vizsgálatokkal szolgálta a szilícium mikroelektronikai fejlesztés-gyártást (Barna B. Péter, Barna Árpád, Tóth Attila, Pozsgai Imre), míg az itt folyó vegyület-félvezető kutatásokat elvben a tűz nem érintette. Mellesleg a rendszerváltozás után azonnal bekövetkező piacnyitás – pl. a GaAs alapú mikrohullámú eszközterületén is – hamarosan „megtette hatását”. A KFKI MKI viszont – elsősorban a Gyulai József vezette ion-implantációs kutatások hazai bázisaként – a közvetlen technológiafejlesztési megbízásokból „élt”. Az itt kialakult IC technológiai kultúra sokat profitált az

intézetben még – Krén Emil vezetése alatt megkezdett, Zimmer György és munkatársai által a gyártási érettség fejlesztett buborék-memória technológia és mérés technika eredményeiből. A kutatás alapját azonban az ionimplantáció (Gyulai József, Csepregi László, Pásztor Endre, Krafcsik István) és vékonyréteg-technológia (Pető Gábor, Szabó Imre, Molnár György) alkotta, kiegészülve a színvonalas anyagvizsgálati módszerekkel: az ionsugaras analitika (Gyulai József, Révész Péter, Lohner Tivadar, Kótai Endre, Nguyen Quoc Khánh, Battistig Gábor), az optikai és ellipszometriás (Varga Péter, Hámori András, Eördögh Imre, Bencze György, Lohner Tivadar, Fried Miklós), röntgen (Zsoldos Lehelné, Horváth Zsolt Endre) valamint SEM vizsgálatokkal (Vértesy Zsófia, Sándor Szvetlána). Így logikusan erre az intézetre koncentrálódott a teljesen ion-implantált, ikerzsebes CMOS technológia műveltetfejlesztése – Gyulai József irányításával (Andrási Andorné, Schiller Róbertné, Vázsonyi Éva, Ádám Antalné, Mohácsy Tibor, Szabó Imre, Németh Vilmos, Tóth András, Dücső Csaba). A KFKI MKI értelemszerűen a Si eszközfizikai és áramkörtervezésben (kezdetben Keresztes Péter, Barna Péter, Hegedűs András, Borsos István, Pacher Donát, Bak Miklós), illetőleg a maszkgyártásban (Szabó Zsolt, Forgács Béla, Gaál Endre, Karacs Albert, Altmann György) is kiemelt szerepet játszott. A „megrendelő” kiesésével viszont megszűnt az igény is az ilyen típusú kutatások iránt, aminek hatása hamarosan a fiatalabb kutatók elvándorlásában, a körülmények drasztikus romlásában mutatkozott meg. Torzóként állt ugyan a csillebérci tiszta-munkatér épülete, melyben a hazai winchester-fejlesztés, az űrtechnológia és a mikroelektronikai fejlesztés kapott volna helyet. Az Ipari Minisztériumtól az MKI vezetés (Zimmer György, Strausz Tamás, Binder Gyula) által az utolsó pillanatban szerzett 80 milliós támogatással sikerült is egy 300 m²-es, igen korszerű 10.000-es illetve 100-as tisztasági osztályú munkatér kialakítása (Szabó Zsolt, Németh György, Dücső Csaba). Erre vetett szemet a rendszerváltozás előtt megjelent „nyugati befektető”, a NAWA cég. Ebben a munkatérben elvileg egy befejező-sort szándékoztak létrehozni az LSI-Logic berendezés-orientált áramköreire illetve licencére alapozva. A kezdeményezést szervező Szabó Zsoltnak is hamarosan szembesülnie kellett a „befektetők” szakmai hozzáértésének hiányával, és a szándék komolyságának kétségességével. Hasonlóképpen leállt a korábban a KFKI MKI által a VIDEOTON-ban kiépített befejező-sor is „érdekmúlás” és alapszelet ellátási bizonytalanságok miatt. A kis kitérő után, mint már annyiszor, most is a lelkes munkatársak belső kezdeményezése mentette meg a helyzetet.

A mikrotechnológiai berendezések zömmel – a MEV-ben is rendszeresített – szovjet és NDK típusok voltak, melyek már új korokban sem képviselték a világszínvonalat. A kutató-sor 75 mm-es Si szeletek megmunkálását tette lehetővé 2 μm laterális felbontással. A berendezések elhelyezése viszont egy építészetiileg is elfuserált, továbbfejleszthetetlen munkatérben, eleve meghíúsított minden továbblépést. Lehet-e, szabad-e egy ilyen „muzeális” berendezésparkot, melyet az üzemeltető mérnökök és technikusok foggal és körömmel tartanak életben, egy korszerű tiszta-térbe telepíteni? Dücső Csaba és lelkes csapata (Majoros Ákos, Debreczeny Ábel, Ferencz János, Iványi Csaba, Lehel György) nem bíbelődtek ennek a kérdésnek a megválaszolásával. Javaslatot tettek a berendezések betelepítésére a tiszta térbe néhány milliós, még biztosítható költséggel, jórészt saját munkaerőjükre alapozva. Így maradt meg hazánk egyetlen, mikromegmunkálásra alkalmas laboratóriuma, ami valószínűleg a mai MTA MFA kutatósszerkezetének is legmarkánsabb kísérleti egysége. De ez már egy új történet kezdete.

1992-ben megszűnt a KFKI, és a volt MKI – Gyulai József akadémikus igazgatásával KFKI Anyagtudományi Kutatóintézet néven vált önálló intézetté. Fennállt viszont a kérdés, hogy mit lehet, mit szabad kutatni egy ilyen „drága” infrastruktúrán, ami az intézet akadémiai alapellátásának csaknem 15–20%-át „viszi el”? Hagyományosan folyt a korábban kifejlesztett, ionimplantált ellenállásokkal működő piezorezisztív nyomásmérő chipek előállítására, melyek piaca az akkor már a Bankár Kft. privatizációja nyomán végnapjait élő MMG volt. A

világ számos laboratóriumában ezekben az években indult el az egykristályos pórusos szilíciummal kapcsolatos kutatás, amely a méreteffektusok következtében mutatott érdekes tulajdonságai miatt, a 90-es években a nemzetközi érdeklődés homlokterébe került. Így az idejében elkezdett hazai preparációs munka is hamarosan szép tudományos sikereket hozott. 1990–93-ban az OTKA támogatása némi alapot biztosított a téma folytatásához. 1993-tól az ATKI igazgatóhelyettese, az igazgató meghívására – Hollandiából hazatért Bársony István lett. Az intézeti tudományos tanács ülésein visszatérő problémaként továbbra is állandóan napirenden volt a „pénznyelő” labor felszámolása...

Kellően ambiciózus és jövőbemutató tudományos-technológiai programra volt tehát szükség, ami távlatilag finanszírozhatóvá teszi ezt a létesítményt és kutatógárdát, ugyanakkor kellően reális ahhoz, hogy számoljon a meglévő szaktudás, a személyi állomány, a korösszetétel, az infrastruktúra korlátaival, bővítési lehetőségeivel. A kialakult akkori következtetések szerint:

- Az IC kutatás-fejlesztés illúzióját fel kell adni, a világ a nagy szeletátmérőn (6") gyártott szubmikronos alatti technológiák korát éli, amivel versenyeznünk képtelenség.
- Egyszerű, diszkrét illetve alacsony integráltságú, de igényes Si eszközök kutatása felé kell fordulnunk, mint pl. a Si napelemek, érzékelők.
- Az érzékelő elvek kutatása optimális integráló cél lehet az egész ATKI számára, ideális a funkcionális anyagok alapkutatási eredményeinek eszköz- és rendszerszintű hasznosítására (ami az EU kutatási részvétel alapfeltétele).
- Intézetben belüli széles körű összefogással, komplex technológiai eljárások kutatására is vállalkozhatunk, beleértve az *in situ* roncsolásmentes minősítést.
- A szeletmegmunkáló berendezésparkot 100 mm átmérőre méretezve néhány korszerűbb kulcsberendezéssel kell kiegészíteni (ion-implanter, reaktív ionmaró, kályhák, porlasztók, gyors hőkezelők, maszkillesztők).
- Koordinált tudományos pályázati tevékenységgel hatékonyabban léphetünk fel a súlyponti témák kutatás-finanszírozása terén.
- Intenzív partnerkeresést folytatva széles körű kutatási együttműködést kell kialakítanunk mind hazai, mind nemzetközi vonatkozásban.
- A finanszírozást részben nemzetközi, EU forrásokból kell megvalósítani, amihez elengedhetetlen az ipari partnerek bevonása, a kutatási eredmények eszköz szintű demonstrációja.
- Javítanunk kell intézeti szinten is a tudományos minősítettséget és mindenáron gondoskodni kell a fiatalításról.

Az elhatározást tettek követték. A pórusos Si kutatásával kapcsolatosan a sokoldalú megközelítéssel, az 1993–1996-os időszakban az ATKI, valamint SZFKI, RMKI kutatóival együtt 8 OTKA pályázatot nyertünk el, amivel megteremtettük a nemzetközi pályázatok benyújtásának publikációs háttérét. Mivel képesek voltunk egy speciális preparatív módszer (a szilícium szeletek nagyfelületű és szelektív anodikus marása) alkalmazására, az elfogadottból hamarosan kedvelt, sőt kívánatos partnerekké váltunk a nemzetközi együttműködésekben is.

Az EU PECO program keretében megvalósított, a belga IMEC által koordinált MULTICHESS II. projekt résztvevőiként 1993–1997-ig megtapasztaltuk a nemzetközi projektek működését. A multikristályos szilícium napelemek anodikus marási kezelésével a kész struktúrán 6–8 s alatt alakítottuk ki azt a pórusos Si antireflexiós réteget, ami hatásfokcsökkenés nélkül, egyetlen lépésben pótolta a hagyományos, multiréteg-leválasztás eredményeként kapott ARC működést. Egyébként ugyancsak itt alapoztuk meg az olcsó, termelékeny plazma-immersziós sekély adalékolás későbbi „karrierjét” a kristályos napelem-techno-

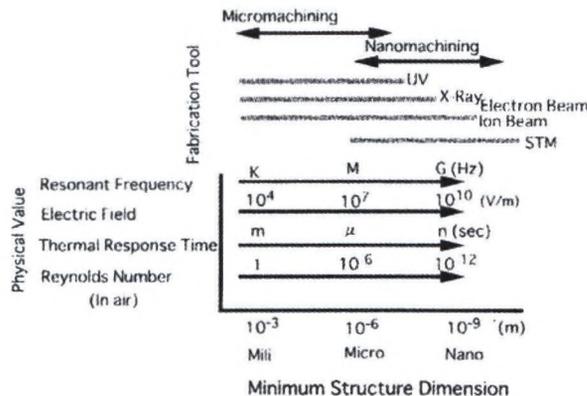
lógiaiban, nem beszélve azokról a személyes kapcsolatokról, aminek révén kollégáink a mai napig kedvelt vendégkutatói a belga intézménynek.

Ezt követően – főleg holland kapcsolatokra és koordinációra alapozva – már magunk vállalkozhattunk 1994-ben az EU 4. Keretprogram COPERNICUS programján belül projektek kezdeményezésére. A pórusos Si komplex szerkezete, és az optikai tulajdonságok pontos beállítása – egyedi rétegeknél is – igényelte az összetett spektro-ellipszometriás minősítés és multiréteg-modellek alkalmazását. Ezeknek a modelleknek a fejlesztése és neurális hálózatokkal megvalósított valósídejű kiértékelése lett a COPERNICUS RESPECT projektünk témája lett.

Kedvező optikai tulajdonságai mellett, nagy fajlagos felülete ($\sim 250 \text{ m}^2/\text{cm}^3$) következtében, a pórusos Si a katalitikus felületi reakciók ideális morfológiájú anyagként is kínálja magát, amit pl. gázérzékelésben lehet hasznosítani. Ebből az ötletből született a COPERNICUS PORISIS kezdeményezés gondolata, melyet szintén a Twentei Egyetem MESA Intézete koordinált Hollandiából. Az éghető gázok exoterm katalíziséhez – a chipen belül elengedhetetlen magas felületi hőmérséklet biztosítása kis disszipációjú módszerekkel – a projekten belül elmozdulásra készített bennünket a mikrogépészet irányába. Szükség törvényt bont alapon, mivel kétoldalas maszkillesztő nem áll rendelkezésünkre, a pórusos Si szelektív oldhatóságát kihasználva, olyan új, egyoldalas mikrogépészeti, azaz 3 dimenziós strukturálási eljárást dolgoztunk ki, melynek segítségével felfüggesztett szerkezeteken optimális termikus szigetelés valósítható meg. 1998-ban született meg az a mikro-fűtőttest (micro hotplate), ami azóta számos gázérzékelés jellegű, és egyéb kalorimetrikus alkalmazásban játszik főszerepet.

Ezekben az években indult meg az ATKI-ban Beleznyay Ferenc irányításával – az INTERBIP kiesése után telepített – lítium-niobát kristály alapú felületi akusztikus hullámszűrő-(SAW) fejlesztés és kis sorozatú gyártás is, amely azóta is jelentős mértékben hozzájárul a költségek fedezetéhez.

Az évek során kialakult tehát az a stabil profil, ami elvezetett a MEMS (mikro-elektromechanikus rendszerek) kutatásához. A MEMS technológia a szilíciumot már korántsem csak funkcionális anyagként, azaz elsősorban elektronikus tulajdonságai miatt alkalmazza, hanem annak mechanikai tulajdonságait is figyelembe veszi a mikroméretű eszközök 3 dimenziós kialakításánál.



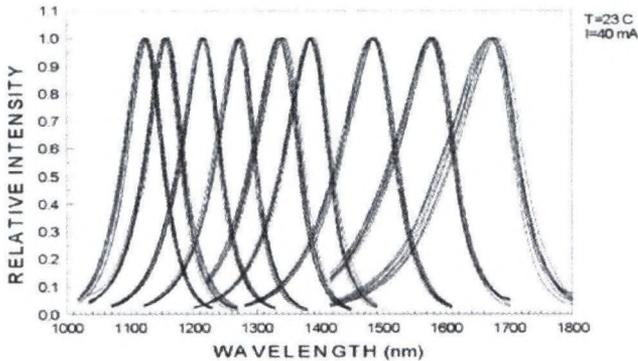
A mikro- ill. nanogépészettel elérhető mérettartományok, a művelésükhöz szükséges „litográfiai” strukturáló eszközökkel. A megfelelő méretkategóriákban elérhető paraméterek, rezonancia frekvencia, max. elektromos tér, termikus válaszidő és levegőben vett Reynolds-szám értéke mutatja a méretcsökkentésben rejülő lehetőségeket az érzékelés és beavatkozás területén.

Ezek a tulajdonságok nagy megbízhatóságú, komplex, precíziós mikrorendszerek gyártását teszik lehetővé, ezért a MEMS-területen zajló fejlődést joggal nevezik korunk mikrotechnikai forradalmának. Talán legmeggyőzőbb példa erre a milliószám használt tintasugaras nyomtatófej, vagy a többmilliós pixelszámú, nagyfényerejű mikrotükör-array kivetítő-chip. Az alábbi táblázat vázlatosan hasonlítja össze a mikroelektronika és a MEMS technológia egyes jellemzőit az igényelt megmunkálási eszközök paramétereivel együtt:

Eszközfajta	Rétegvastagság (μm)	Kritikus méret (μm)	Karcsúság (aspect ratio)	Topográfia (μm)	Eszközméret (mm)
IC	<1	0,1	2 : 1	<1	1
MEMS	2–6	1,00	>6 : 1	4–10	100

Az összevetésből kiviláglik, hogy a pár évvel azelőtt ösztönösen választott út helyes irány volt. A mikroelektronikában ugyanis ma már használhatatlan eljárások, dimenziók még bőven alkalmasak a MEMS-megmunkálásra, melynek során a planáris technológia módszerei kiválóan hasznosíthatók. Ráadásul itt mód van az IC-technológiával inkompatibilis, különleges tulajdonságú anyagok integrálására is, tágabb játékteret nyitva ezzel egy „anyagtudományi” kutatóintézet számára a rendszerszintű integrációban. A terület viszont maximálisan interdiszciplináris megközelítést igényel, így elengedhetetlen a széles körű hazai és nemzetközi kooperáció. A MEMS-eszközök moduláris felépítésűek, így meg van a „szakosodás” lehetősége egyetlen integrált rendszeren belül is. Ez biztosítja a „rés” taktika érvényesítésének lehetőségét nemzetközi együttműködésekben, azaz „beszállítói” lehetünk egy-egy komplex kutatási projektnek. A MEMS-fejlesztések és termékek térnyerése a világpiacon biztosítja a folyamatos ipari, elsősorban kis- és középvállalati érdeklődést, ami a K+F finanszírozhatóság előfeltétele is.

A Magyar Tudományos Akadémia által 1997-ben elhatározott intézethálózati konszolidáció eredményeként 1998-ban az MTA MFKI és a KFKI ATKI összevonásával, az MTA MFKI utódintézeteként jött létre a csillebérci telephelyen az MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet. Negyven év után az újpesti telephely felszámolása nem csak érzelmi, de fizikailag is nagy veszteséget jelentett a korábban ott dolgozóknak, akiknek egy tekintélyes része már nem is költözött a hegyre. A kutatóállományban, de elsősorban a kutatási segédszemélyzetben elszenvedett vérvesztés egy korábbi kutatási témák terén erősen korlátozta a folytatás lehetőségét. Az MTA MFKI új igazgatója, Gyulai József akadémikus a két intézet kutató- és eszközállományát úgy integrálta egységes szervezetbe, hogy két helyetese (Bársony István, Radnóci György) vezetésével mindkét elődintézet osztályaiból szervezett vegyes részlegeket hozott létre. Öt év után kijelenthetjük, hogy a türelmes, tapintatos átállás megtette hatását. Nemcsak új otthonra leltek a kollégák Csillebércen, hanem a kialakuló új munkakapcsolatok, napi együttműködések révén olyan új kutatási területek megalapozása is lehetővé vált, ami biztosítja az intézet és az általa művelt tudományág hazai továbbélését.



Emission spectra of nine different type LEDs (9X10 samples)

A vegyület-félvezető kutatásban a folyadékfázisú epitaxiás eljárással növesztett, négykomponensű rétegszerkezetek az ún. „tilos-sáv mérnökség” csúcsteljesítményei. A közeli infravörös tartományban a felületen emittáló InP/InGaAsP fénykibocsátó dióda (LED) sorozat, elsősorban az élelmiszeriparban használt aromakomponensek olcsó kimutatására alkalmas integrált spektrométerekben.

Az MFA mai tudományos tevékenysége alapvetően négy nagy kutatási téma köré csoportosítható: *vékonyrétegek, mikro-, opto- és nano-technológia*. Ezek a vertikális kutatási területek természetesen ezer szállal kötődnek egymáshoz, és sikeres művelésük szempontjából is elengedhetetlen ez a megtermékenyítő szimbiózis. Különösen nagy kihívást jelent a nanoméreték tartományába történő belépés, ami a molekula illetve atomi szintű építkezéssel, teljesen új működési elvek realizálását teszi majd lehetővé. Nanotechnológia viszont nem működhet mikrotechnológiai közvetítés nélkül. Az MFA-ban abban a szerencsés helyzetben vagyunk, hogy több tudományos iskola, műszaki kultúra és szakmai kapcsolatrendszer előnyeit tudjuk egy-egy közös cél érdekében mozgósítani. Ez az, amit nemzetközi együttműködő partnereink is növekvő mértékben értékelnek, honorálnak.

A mikrotechnológia korábbi lehetőségei az új intézetben lényegesen kibővültek, megerősödtek. Elsősorban a vegyület-félvezető technológiai lehetőségek, az eszközfizikai mérési és optikai minősítési háttér közös kialakítása, valamint az ezekhez kapcsolódó infrastruktúra, laboratóriumi háttér kiépítése révén. Ebbe beletartozik egy 1998-ban üzembe vett második tiszta munkatér is a maszkgyártás és a fizikai rétegleválasztási technológia telepítésére. De rendkívül értékes az a segítség, melyet a vékonyréteg-kutatás, a transzmissziós elektronmikroszkópos vizsgálatok, a SEM-analízis, az Auger- és a pásztázó szondás mikroszkópia, STM, AFM támogatása nyújt ehhez a tevékenységhez az intézeten belül. Ugyancsak több eredmény csatolható be a mikrotechnológiai kutatásokba a porkohászat valamint kerámiakutatás területéről.

Az ábra az integrált gázérzékelőkhöz tervezett, az MFA pórusos szilícium tömbi mikrogépzési eljárásával előállított, termikusan szigetelt mikro-filament hálózatot mutatja (ld. színes melléklet).

A nemzetközi konzorciumban ezzel felépített, katalitikus elven működő gázérzékelő eszköz képezi a 2000-ben indult EU FP5 (*Competitive and Sustainable Growth RTD Programme*) SAFEGAS projekt „Sensor Array for Fast Explosionproof Gas Monitoring” alapját. Ugyancsak az EU FP5 program keretében folyik az ADVOCATE projekt, melyben az MFA a multikristályos napelemek zárt ciklusú előállításában a sekély emitter-adalékolásért felelős, a plazma immerziós eljárás adaptálásával. A MEMSWAVE projektben, melyben intézetünk munkatársai is részt vettek, mikrohullámú MEMS alkatrészek integrálása volt a cél. Ez a projekt jelölt volt az Európai Bizottság Descartes Díjára, mellyel a legkiválóbb eredményt elért nemzetközi konzorciumok munkáját ismerik el.

Az intézet munkatársai kerámia alapú SAW eszközök és integrálható vékonyréteg elemek kifejlesztésével részt vesznek a *NATO Science for Peace* kutatási programjában (CERSAW, LIBATIC) is.

Hazai kutató és ipari partnereinkkel olyan komplex, korszerű kutatás-fejlesztési feladatokra vállalkozhattunk, melyek szinte az egész intézet képességeit megmozgatják. Ez a helyzet elsősorban a Széchenyi-terv Nemzeti Kutatás-Fejlesztési Program keretében folyó Nanotechnológia, Távjelenlét és Napelem-technológiai projektekben.

Az MFA ma természettudományos területen az egyik legsikeresebb pályázó mind hazai, mind nemzetközi vonatkozásban. Legszembetűnőbb az a változás, hogy a mára egymilliárdos intézetben a művelt 55–63 OTKA alapkutatás mellett a bevételek csaknem negyven százalékát az NKFP (9 pályázat), EU keretprogramok (5. keretprogramban 11 pályázat), NATO Tudomány a Békéért Program (3 pályázat) és hazai műszaki K + F támogatási pályázatok keretében ipari megbízások adják. A jövőbeni fejlődés zálogaként az alapkutatási témák anyagi háttérét, így az OTKA támogatás mellett ma már olyan, a fentiekben finanszírozott célzott illetve alkalmazott kutatási projektek is garantálják, melyek révén az alapkutatási eredmények egy része később az intézetben belül hasznosul, és egy részük éppen az alkalmazás során felmerült kérdések megoldására irányul. Hála a kialakított alkotó, kooperatív légkörnek és kompromisszum-készségnek, az intézet a koncentrált fejlesztések területén, a nagyműszer-beruházásban is igen sikeresen tudta érdekeit képviselni. Az elmúlt évek rendszeres nagyberuházásai révén komoly esély van az analitikai és immár a preparatív eszközálmány kulcsberendezéseinek új beszerzésből történő megújulására is.

A mikrotechnológiai területen is gyorsan fejlődött az intézetben a *tudományos minősítettség*. Korán kiderült ugyanis, hogy utánpótlásra ezen a területen, az elmúlt pár évben örvendetelesen javuló kutatási és bérezési feltételek ellenére csak akkor számíthatunk, ha saját munkatársaink tudományos előmenetele, feladatvállalása révén a mikrotechnológiai kutatást a felsőoktatásban a diákok körében is vonzóvá tudjuk tenni. Ma már a BME TTK és VMIK kurzusainak rendszeres előadói, a doktori iskolák tagjai vagyunk. Az Elektronikus Eszközök Tanszéken önálló előadást és gyakorlatot is tartunk „Mikrotechnikai újdonságok” címmel. Az ELTE fizikusképzésben előadásokkal és gyakorlatvezetéssel veszünk részt, a BMF-KKF és a DE villamosmérnök-képzésében főiskolai tanáraink oktatnak. Idősebb kollégáink mellett az intézetben született kutatási eredményeivel szakterületünkön eddig három doktorandusz szerzett PhD fokozatot. További három fiatal a fokozatszerzés előtt áll, és öten folytatják PhD tanulmányaikat, további öten diplomamunkájukat készítik. Ennek is köszönhetően folyamatosan, az MTA intézethálózati átlagnál gyorsabban nő az intézetben a szakterülethez köthető publikációk száma és minősége, hivatkozottsága.

Fontos fejleménye az elmúlt öt évnek, hogy immár nyugati ipari cégekkel is sikerült kapcsolatba kerülnünk, sok esetben nyugati kutatási partnereink (FhG IISB, IMEC, MESA, MEMC, NMRC) közvetítésével. Ezáltal olyan – elsősorban a nagy szeletátmérőjű IC-gyártás számára fontos – minősítő eljárások fejlesztésében is részt tudunk venni, amire egyébként minket aligha kértek volna fel. Mára folyamatban vannak olyan tárgyalásaink, melyek

mikrotechnológiai területen MFA szabadalom illetve know-how nyugati cégnél történő bevezetését célozzák. Minden okunk megvan arra, hogy a küszöbönálló EU csatlakozás után ennek a helyzetnek a javulásával számoljunk. Reményeink szerint ez a fejlődés valamilyen formában elvezethet a hazai mikrotechnológiai kutatási eredményeken alapuló MEMS eszközgyártási tevékenység megindításához is.

Csaknem két évtizeddel a MEV tüzeset után ez azonban immár nemzetközi együttműködésben, piacgazdasági viszonyok között végbement, szerves fejlődés eredménye lesz!

Illyefalvi-Vitéz Zsolt

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
VIK Elektronikai Technológia Tanszék
illye@ett.bme.hu

Az Elektronikai Technológia Tanszék küldetése és rövid története

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Elektronikai Technológia Tanszék (ETT) elsőrendű feladata, hogy kutassa és a villamosmérnök hallgatók számára tanítsa az elektronikai ipar anyagtudományi, konstrukciós és gyártástechnológiai területeit. Minthogy a technológia az ismereteknek az az ága, amely tudományos és ipari módszerekkel, és e módszerek gyakorlati, ipari alkalmazásaival foglalkozik, a Tanszék feladata az elektronikus áramkörök és rendszerek megvalósítására vonatkozó tudomány művelése. Az információs technológiai módszerek térhódításával ez az elsőrendű feladat a termelésinformatika, ezen belül az integrált vállalatirányítási rendszerek kutatásával és a műszaki informatikus hallgatók számára való tanításával bővült.

A Tanszéket Kolos Richárd professzor úr csaknem negyven évvel ezelőtt, 1964. január 1-jével alapította, lényegében a fenti célkitűzéssel. A kor nehézkes szóhasználatának megfelelően eredeti neve Híradás- és Műszeripari Technológia Tanszék volt.



KOLOS RICHÁRD
(1904–1969)

a csupa szív polihisztor, a kiváló mérnök, a széleslátókörű professzor alapította meg 1964-ben a Híradás- és Műszeripari Technológia Tanszéket

A Tanszék szervezeti és működési rendjének kialakítása, a szabályzatok kidolgozása, ezzel együtt a Tanszék által a Villamosmérnöki Karon oktatott híradás- és műszeripari technológia szak tantervének, tárgycélkitűzéseinek és sok fontos tárgy tananyagának kidolgozása és

ezek előadása Bede István egyetemi docens munkájának eredménye volt. Bede tanár úr közel húsz éven keresztül látta el a tanszékvezető helyettesi teendőket.



BEDE ISTVÁN
(1929–)

a tanári erények megtestesítője, a technológiai tudomány teoretikusa, a tanítás megszállottja alakította ki a Tanszék szervezeti-működési rendjét és laboratóriumi oktatási szerkezetét

1970-ben Dr. Ambrózy András került a Tanszék élére. Felismerte és terjesztette, hogy a technológia – lévén a tudományos és ipari módszerekkel és azok gyakorlati alkalmazásával foglalkozó tudomány – minden elektronikával foglalkozó villamosmérnök munkájához alapvetően szükséges, ezért azt tanulnia, ismernie kell. E cél érdekében Ambrózy professzor úr szélesítette, az egész elektronikára kiterjesztette a Tanszék működési területét, és 1971-ben a Tanszék nevét a jelenlegire változtatta.



AMBRÓZY ANDRÁS
(1931–1990)

a mindig lelkiismeretes professzorunk, a kimagaslóan jó előadó, a karizmatikus tudós határozta meg az Elektronikai Technológia Tanszék mai karakterét és fejlődési irányát

Az Elektronikai Technológia Tanszék az iparral mindig együttműködve, ipari kapcsolatait fejlesztve látta és látja el feladatát. Törekszik arra, hogy jól képzett mérnököket bocsásson az ipar rendelkezésére. Kutatási-fejlesztési együttműködéssel és a mérnökök továbbképzése terén végzett munkájával is igyekszik az ipar tevékenységét segíteni.

A Tanszék fő kutatási-fejlesztési területei

A fenti célkitűzéssel összhangban, a Tanszék rendszeres kutatási-fejlesztési tevékenységet a következő területeken végez:

1. **Nyomatott huzalozású lemezek és áramkörök technológiája.** Többretegű, furat-fémezett, felületszerelésre és multichip modulokhoz is alkalmazható nyomtatott huzalozású lemezek technológiai eljárásai, technológiai rendszerei, tervezési módszerei, számítógépes tervezési rendszerei, vizsgálati módszerei, gyártásszervezési és termelésirányítási kérdései. A nyomtatott huzalozású lemezek gyártásához szükséges eszközök és berendezések. Az elektronikai technológia környezetvédelmi kérdései.
2. **Vastagrétegek, felületszerelés, érzékelők.** Vastagrétegek technológiája, polimer vastagrétegek, optoelektronikai vastagrétegek, szupravezető vastagrétegek, vastagrétegek érzékelők céljára. Vastagréteg- és hibrid áramkörök, huzalozási technikák, villamos kötési eljárások, felületszerelés, chip-carrier-ek, áramkörök tokozási módszerei, hibrid áramkörök gépi tervezése és számítógépes tervező rendszerei. Gázérzékelők, nyomásérzékelők, orvosi biológiai érzékelők, érzékelők jelformáló áramkörei és alkalmazástechnikája.
3. **Vékonyrétegek.** A párolgatási és porlasztási rétegfelvitel folyamatának analízise, új réteganyagok és struktúrák, kopásálló és dekoratív titán-nitrid rétegek, hőmérsékletérzékelő vékonyrétegek, ellenállás- és vezeték-vékonyrétegek, vékonyréteg áramkörök.
4. **Lézeres anyagmegmunkálás.** Lézeres felület-megmunkálás értékbeállítás, jelölés, fúrás, forrasztás stb. céllal. A lézeres anyagmegmunkálás folyamatainak analízise és modellezése. Lézeres megmunkáló berendezések: sugáreltérítő és mintamozgató mechatronikai rendszerek, meghajtó elektronikák, szilárdtest lézerek pumpálása, lézer-tápegységek, hőcserélők. Lézeres áramköri mintázatkészítés, valamint furatkészítés multichip modulok vertikális átvezetői (az ún. viák) számára.
5. **Számítógépes és információs technológiai rendszerek elektronikai technológiai alkalmazásai.** Komplex számítógépes hardver-szoftver rendszerek elektronikai technológiai folyamatok vezérlésére. Hibrid IC-k tervező algoritmusai és rendszerei. Képfeldolgozás az elektronikai technológiában. Termelésinformatika: gyártásanalízis, gyártástervezés- és ütemezés, termelésirányítás. Számítógépi vírusok, vírusölő algoritmusok és programok.
6. **Elektronikus eszközök és készülékek, minőségellenőrzés, megbízhatóság.** GaAs és vegyület-félvezető eszközök mikrohullámú és optoelektronikai célra, eszközök kontaktus-készítési technológiai eljárásai. Elektronikus készülékek konstrukciója és technológiája: MESFET-ek élettartamát vizsgáló berendezés, ponthegeztő berendezések, tápegységek, vezérlő elektronikák, mérőkészülékek. Minőségellenőrzés és minőségbiztosítás, megbízhatóság, megbízhatósági vizsgálatok, hibaanalízis, elektronikus eszközök zaja.

Az Elektronikai Technológia Tanszék K+F tevékenységének középpontjában – immár több mint három évtizede – a nyomtatott huzalozás alkalmazásával megvalósított modul-áramkörök technológiája áll. Ezen a téren a technológiai bázisunk meghaladja a laboratóriumi szintet, kiválóan alkalmas – a legfejlettebb technológiai megoldásokat megközelítő színvonalon – prototípusok előállítására is. A technológiai bázist alkotó legfontosabb berendezéseinket egy műszakra vetítve átlag 100% kihasználtsággal üzemeltetjük, ami azt jelenti, hogy a berendezések munkaidőben állandóan működnek. Ez azért nagyon fontos, mert a laboratóriumainkat igen nagy számban használó kutatók, oktatók, fejlesztőmérnökök, egyetemi hallgatók és doktoranduszok számíthatnak arra, hogyha a Tanszéket felkeresik, ott technológiai problémáikra nagyon gyors megoldást, az ott dolgozó kutatók és laboránsok részéről pedig azonnali szakszerű segítségnyújtást kaphatnak.

A Tanszék a fenti tématerületeken igen széleskörű kutatási-fejlesztési tevékenységet végez: az elmúlt három évben indított projektek (szerződéses munkák; elnyert OTKA, OMFB alapítványi pályázatok; EU projektek stb.) száma meghaladta az 50-et.

Moduláramköri prototípusokat készítő laboratóriumaink a következő fontosabb feladatokat látják el:

- évente, az egyetem három karáról, mintegy 700 hallgató végez bennük laboratóriumi méréseket, ezáltal a laboratóriumi komplexumunk a magas színvonalú technológiai kultúra terjesztésében jelentős szerepet tölt be,
- évente mintegy 300 különböző – főként kisvállalkozókat, kutatóhelyeket vagy egyetemi tanszékeket képviselő – fejlesztőmérnök, illetve kutató készítheti el mintadarabjait, prototípusait,
- kb. húsz kutatónak, köztük 5–10 doktorandusznak nyújt segítséget kutatási témáik megoldásához,
- 3–5 nagyobb volumenű, 5 MFt/év-nél nagyobb bevételt eredményező, projekt teljesítéséhez nyújt technológiai bázist.

A Tanszék jelenlegi K+F eszközállományának jellemzése

A Tanszék K+F tevékenységéhez rendelkezésre álló eszközállomány az elmúlt évtizedekben részben saját fejlesztés, részben különböző egyéb – elsősorban ipari fejlesztési megbízások bevételeiből eredő – források igénybevételével folyamatosan bővült, illetve korszerűsödött. A tanszék fő kutatási területeinek **eszközállománya** az alábbiakban foglalható össze:

Nyomatott huzalozások technológiája:

- Furatfémezett nyomtatott huzalozások előállítására szolgáló galvánberendezés (saját fejlesztés);
- Érintkező galvanizáló berendezés (saját fejlesztés);
- Marató berendezések (DEA 180/B, USA; SCHMID; NSZK);
- Csiszológép (SCHMID);
- Szilárd fotoreziszt maszktechnológiai gyártósor (DuPont A24 típusú laminátorok, PC-130 típusú megvilágító-, RESCO előhívó-, IS fotoreziszt eltávolító-berendezések);
- Sztanyomó berendezés fotoszenzitív forrasztásgátló bevonat készítéséhez (META-TEAM, Magyarország);
- Előhívó berendezés fotoszenzitív forrasztásgátló bevonat készítéséhez (PILL, NSZK);
- CNC-vezérlésű fúrógépek (POSALUX MULTIFOR 10, Svájc, PLURITEC MINIMA MTS, Olaszország);
- Fotomaszk előállító berendezések (LGS-2 Lasergraph és SAQURA előhívó berendezés);
- Többretegű nyomtatott huzalozások előállítására alkalmas présberendezés (Bradley and Thurton, GB).

A rendelkezésre álló berendezések, illetve az ezáltal megvalósítható 2...8 rétegű nyomtatott huzalozások előállítására alkalmas technológia az utóbbi 20 évben számos K+F tevékenységet célzó ipari megbízás alapjául szolgált. E technológia követte a mindenkori műszaki színvonalat, nem lényegesen lemaradva az európai csúcstechnológiától. Kihasznáaltsága az egyetemi körülményeket figyelembe véve 100%-nak tekinthető, ha a K+F és az oktatási tevékenységet együttesen értékeljük.

Lézertechnológia:

- ThermoTrim termisztor értékeállító rendszer (saját fejlesztés),
- Nd:YAG mikrogravírozó rendszer (GRAVILASER) galvanomotoros sugáreltérítéssel;
- CO₂ lézer (Synrad 48-2) műanyag megmunkálására;

- Frekvenciátöbbszörözött: 1064 nm, 532 nm, 355 nm, 266 nm (HPO-1000) lézer: néhány-szor 10 μm átmérőjű NYHL mikrofuratok (úgynevezett via-k) fúrására.

A lézertechnológiai laboratórium K + F tevékenységének fő iránya a vékony- és vastagréteg alkatrészek értékbeállítására, a lézersugár-anyag között lejátszódó kölcsönhatások (pirolitikus hatás és abláció, illetve ezek kombinációja) révén elérhető felületi finommegmunkálások, továbbá a lézersugár frekvenciájának többszörözésével a nyomtatott huzalozások technológiai folyamatában a hagyományos maszkkészítés (fotoreziszt bevonat megvilágítása gyártó-filmen keresztül) helyett a közvetlen lézersugaras levilágítás. Ennek egyik alkalmazása a néhány-szor 10 μm átmérőjű úgynevezett. mikrofuratok (via-k) megvalósítása.

Multichip modul technológia:

- Huzalkötő (bondoló) készülék (K&S Model 472), tokozatlan chipek bekötésére;
- BGA-, és microSMD-alkatrész beültető berendezés (FINETECH FinePlacer).

A Multichip modul technológia laboratórium feladata a „hagyományosan tokozatlan” chipek beültetésén és huzal bekötésén túl a legújabb tokozatlan chipek (un. „Flip Chip”) és a microSMD alkatrészek beültetése, bekötése.

Vékony- és vastagréteg integrált áramköri technológiák:

- Vákuumpárológató berendezés (BALZERS);
- Quadropol tömegspektrométer (ATOMKI Q 300 tip.);
- Felületi profilanalizátor (Tencor Alpha Step 500);
- Sztanyomató berendezés (DEK);
- Vastagréteg beégető kemence (BTU);
- Infravörös újraömllesztéses forrasztókemence (DIMA);
- Félautomata pick-and-place beültető berendezés (DIMA).

A vékony-, és vastagréteg integrált áramkörök technológiájának számos berendezése alkalmazható illetve szükséges is a multichip modulok készítésénél.

Oktatástechnikai háttér

Hardver:

- Mintegy 50 db IBM-kompatibilis számítógép, közülük 32 db az Internetre csatlakozik;
- WinCam digitális kamera és sugárnyaláb-analizátor;
- Kodak DC265 digitális fényképezőgép (1600*1200 képpont);
- NEC MT 103 video-kivetítő (1100 lumen, 1024*768 képpont).

Szoftver:

- HY-CAD hibrid integrált áramkör tervező rendszer;
- P-CAD, OrCad nyomtatott huzalozás tervező rendszerek.
- SUSIE digitális áramkör szimulációs rendszer;
- PROPI képanalizáló program;
- DRDIGI Digigraph grafikus vezérlőrendszer;
- SYMIX gyártásszervezést támogató szoftver;
- ABAS EKS gyártástervezést és -irányítást támogató szoftver.

Az áramköri modulok és részegységek konstrukciójának és technológiáinak kutatását – fejlesztését **további laboratóriumi háttér** támogatja, így különösen az:

- Elektronikai és mérés-technikai laboratórium.
- Teljesítményelektronikai laboratórium.
- Elektromechanikai és optoelektronikai laboratórium.
- Elektronikus zaj laboratórium.
- Minőségellenőrzés laboratórium.

A Tanszék nemzetközi együttműködésben végzett tevékenysége, az elmúlt 3 év legfontosabb projektjei

1. **Elnyert EU támogatású projektek (amelyek jelenős része csak a technológiai bázis alkalmazásával volt, illetve lesz teljesíthető):**
 - A Cheap-Multi-Chip-Modules rövidítésű, „**Establishment of Fast Prototyping Low Cost Multichip Module Technology Facilities in Eastern Europe for the Benefit of European Industry**” projekt 1997. május 1-én indult, 2000. január 1-jével teljesült. A projekt koordinátora a Tanszék volt.
A Tanszékre jutó támogatás összege: három évre 96 ezer ECU. *Időtartama:* 1997–2000.
A projekt teljesítéséhez meg kellett oldani a finomrajzolatú nyomtatott huzalozású lemezek előállítását, valamint a kisátmérőjű, esetenként zsák-furatok fúrását.
 - A SIGMA rövidítésű, „**Sensors for Intelligent Gas Monitoring Applications**” című projekt 1997. január 1-jén indult, 2000. január 1-jével teljesült.
A Tanszékre jutó támogatás összege: három évre 45 ezer ECU. *Időtartama:* 1997–99.
Az érzékelők elektródáinak finomrajzolatú mintázatát a lézeres berendezéssel kiegészült technológiai bázisra támaszkodva fejlesztettük ki és a mintadarabokat azzal készítettük el.
 - 1999. szeptemberben indult, „**Virtual Laboratory Support for Microelectronics Packaging Education**” témájú projektünket az IEEE-CPMT/NSF 30.000 USD adománnyal támogatta. *Időtartama:* egy év.
 - SENSEDU rövidítésű „**Szenzorok Multimédiás Oktatásához Internet-alapú Tananyag Kifejlesztése**” című projekt (IEEE/NSF Grant).
A Tanszékre jutó támogatás összege: egy évre 30 ezer USD. *Időtartama:* 2000. szeptember 1. – 2001. augusztus 31.
 - EASIT rövidítésű „**Enhanced Access to System Integration Technologies**” című projekthez csatlakozás „**Satellite Support Center**” formájában. (FP5 IST)
A Tanszékre jutó támogatás összege: 3300 EUR. *Időtartama:* 2001. április 9. – 2001. december 31.
 - NETPACK rövidítésű „**Network of Excellence in Microelectronic System Integration Technologies – Packaging**” című projekt (FP5 -IST).
A Tanszékre jutó támogatás összege: kettő évre 60 ezer EUR. *Időtartama:* 2001. december 1. – 2003. november 30.
 - EUROTRAINING rövidítésű „**Provision of Microsystems and Related Training in Europe**” című project (FP5 IST).
A Tanszékre jutó támogatás összege: két évre 80.000 EUR. *Időtartama:* 2002. augusztus 1. – 2004. július 31.
 - CCMESYS2 rövidítésű „**Customer Support and Design Centre for Physical Measurement Systems**” című projekt (FP5 -IST).
A Tanszékre jutó támogatás összege: két és fél évre 60 ezer EUR. *Időtartama:* 2002. június 1. – 2004. november 30.
 - FLEXIL rövidítésű „**Fine Pitch/High Density Flex Interconnection**” című projekthez csatlakozás. (FP5 IST)
A Tanszékre jutó támogatás összege: egy évre 96.000 EUR. *Időtartama:* 2002. április 1. – 2003. március 31.
 - LIDCAT rövidítésű „**Local Integrated Direct Chip Attach Technology**” című projekthez csatlakozás. (FP5 IST)
A Tanszékre jutó támogatás összege: egy évre 101.516 EUR. *Időtartama:* 2002. június 1. – 2003. április 30.

Külön említést érdemel, hogy a tanszék a **EUROTRAINING Projekt**ben tanfolyamszervező központként is tevékenykedik. A központ feladata, hogy Magyarország és a régió műszaki szakemberei számára magas szintű „train the trainers” továbbképzéseket szervezzen ismert nyugat-európai előadók közreműködésével.

2. Az Európai Unió számára végzett kutatási tevékenység:

- A német BOSCH AG. számára, 1999-ben, 18 millió forint értékben készítettünk tanulmányokat a „**Packaging Technology Trends**” témában. Ez a tevékenység a technológiai bázisunkkal szerzett kutatási-fejlesztési tapasztalatok nélkül nem lett volna elvégezhető.

3. Ipari szerződéses és OMFB támogatású projektek, amelyeket a partnereink exportképes gyártmányainak fejlesztéséhez való hozzájárulásunk tett, illetve tesz nemzetközi jellegűvé:

- A KOMED Kft.-vel **orvosi célú gázérzékelők fejlesztésére** adtunk be és nyertünk el pályázatot. A Tanszékre jutó szerződés összege 9,8 MFt, teljesítési határidő 1998 vége volt. A prototípusok készítésére a technológiai bázisunkat használtuk fel.
- Jelenleg is szerződéses kapcsolatban állunk állandó ipari partnerünkkel, a SHOLEX Kft.-vel. Együttműködésünk keretében az elmúlt időszakban évente 10–12 millió forint ellenértékű kutatási-fejlesztési tevékenységet végeztünk a **nyomatott huzalozású áramköri prototípusok készítése** témában.
- A Luxinfo Kft.-vel való együttműködésünk keretében elsősorban a speciális, **finomrajzolatú, nagy megbízhatóságú, környezetbarát moduláramköri technológiákat** kutattuk, az elmúlt időszakban évente 6–8 millió forint ellenértékű kutatási-fejlesztési szerződés keretében. A következő évekre újabb K+F szerződést kötöttünk.
- **Vállalat- és termelésirányítási rendszerek oktatása – KFKI-ISYS együttműködési, illetve támogatási szerződés évi 2 millió forint értékben, a 2000–2001-es évekre.**

Rövid válogatás a Tanszék jelentősebb nemzetközi publikációiból az elmúlt évekből

1. Illyefalvi-Vitéz,Zs.; Geiger,M.: Laser Direct-Writing of AlN Substrates: A New Trend of Conductive Pattern Generation? Proceedings of the 10th European Microelectronics Conference, May 14–17, 1995, Copenhagen, Denmark, ISBN 87-985510-1-9, pp.335–348.
2. Enyedi,L.; Fülöp,S.; Illyefalvi-Vitéz,Zs.; Ruzsinkó,M.: Simulations and Measurements in a Laser Beam Delivery Mechatronics System. Proceedings Mechatronics'96, The 5th UK Mechatronics Forum International Conference, Sep 18–20, 1996, Guimaraes, Portugal, ISBN 972-8063-08-3, pp.2/335–340.
3. Illyefalvi-Vitéz,Zs.; Németh,P.; Szikora,B.: Problem-Oriented Education of Electronics Technology at the Technical University of Budapest. Proceedings 47th Electronic Components & Technology Conference, May 18–21, 1997, San Jose, California, ISBN 0-7803-3858-8, pp.942–950.
4. Illyefalvi-Vitéz,Zs.; Pinkola,J.: Application of Laser Engraving for the Fabrication of Fine Resolution Printed Wiring Laminates for MCM-Ls. Proceedings 47th Electronic Components & Technology Conference, May 18–21, 1997, San Jose, California, ISBN 0-7803-3858-8, pp.502–510.

5. Illyefalvi-Vitéz,Zs.; Ruzinkó,M.; Pinkola,J.: Laser Drilling and Pattern Processing for MCM-L Prototyping. *International Journal of Microcircuits & Electronic Packaging*, Vol.21 No.4, 1998. pp.349–354.
6. Illyefalvi-Vitéz,Zs.; Ruzinkó,M.; Pinkola,J.: Recent Advancement in MCM-L Imaging and VIA Generation by Laser Direct Writing. 48th Electronic Components & Technology Conference. Seattle Washington (USA), May 25–28 1998. pp.144–150.
7. Illyefalvi-Vitéz,Zs.; Harsányi,G.; Németh,P.; Pinkola,J.: Education Project for the Development Curricula, Research and Prototyping Facility in the Field of Electronics Interconnection and Packaging. 48th Electronic Components & Technology Conference. Seattle Washington (USA), May 25–28 1998. pp.657–662.
8. Illyefalvi-Vitéz,Zs.; Ruzinkó,M.; Pinkola,J.: Laser Drilling and Pattern Processing for MCM-L Prototyping. *International Symposium on Microelectronics*, sponsored by IMAPS, San Diego California, (USA). November 1–4 1998. pp.89–94.
9. Illyefalvi-Vitéz,Zs.; Vervaet,A.; Van Calster,A.; Sinnadurai,N.; Hrovat,M.; Svasta,P.; Tóth,E.; Belavic,D.; Ionescu,R.M.; Dennehy,W.: Low Cost Prototyping of multichip modules – the European INCO-Copernicus project. *Microelectronics International*. Vol.16. No.2. April 1999. pp.13–19.
10. Illyefalvi-Vitéz,Zs.; Németh,P.; Pinkola,J.; Ripka,G.; Ruzinkó,M: Virtual Laboratory Support for Microelectronics Packaging Education. The 49th. Electronic Components & Technology Conference, San Diego California, (USA). June 1–4 1999. pp.1068–1073.
11. Illyefalvi-Vitéz,Zs.; Ruzinkó,M.; Pinkola,J.: Laser Processing for Microelectronics Packaging Applications. The 32nd. International Symposium on Microelectronics (IMAPS '99), Chicago Illinois, (USA). October 26–28 1999. pp.586–591.
12. Illyefalvi-Vitéz,Zs.; Golonka,L.; Mach,P.; Nicolics,J.; Svasta,P.: Networking the Electronics Packaging Education. The 50th. Electronic Components & Technology Conference, Las Vegas Nevada, (USA). May 22–24 2000. pp. 1008–1015.
13. Gordon,P.; Bojta,P.; Hertel,L.; Kállai,I.; Lepsényi,I.; Várnai,L.; Illyefalvi-Vitéz,Zs.: Progress in Electronics Packaging Virtual Laboratory Development. The 50th. Electronic Components & Technology Conference, Las Vegas Nevada, (USA). May 22–24 2000. pp. 1293–1299.
14. Illyefalvi-Vitéz,Zs.; Pinkola,J.; Ruzinkó,M.; Bojta,P.; Hertel,L.: New MCM-L Structure Applying Packageless Chip Size Devices and Laser Processed Board. The 33rd. International Symposium on Microelectronics (IMAPS 2000), Boston, Massachusetts (USA). September 20–22 2000. pp. 826–831.
15. Illyefalvi-Vitéz,Zs.; Gordon,P.: Modeling and 3D Visualization of Laser Material Processing. The 51th Electronic Components & Technology Conference, Orlando, Florida (USA) May 29–June 1, 2001. pp. 410–415.
16. Harsányi,G.; Lepsényi,I.; Gordon,P.; Bojta,P.; Ballun,G.; Illyefalvi-Vitéz,Zs.: SensEdu – an Internet Course for Teaching Sensorics. The 51st Electronic Components & Technology Conference, Orlando, Florida (USA), May 29–June 1, 2001. pp. 1255–1260.
17. Illyefalvi-Vitéz,Zs.: Virtual Laboratory Support for Electronics Packaging Education. International Conference on Engineering Education (ICEE 2001) Oslo (Norway), August 6–10, 2001. pp. 8D1–17 – 8D1–23.
18. Berényi,R.; Gordon,P.; Illyefalvi-Vitéz-Zs.: Via Generation Techniques for Printed Wiring Boards. The 7th. International Symposium for Design and Technology for

- Electronic Modules. (SIITME – 2001) Bucharest (Romania), September 20–23, 2001. pp.1–6.
19. Pinkola,J.; Illyefalvi-Vitéz-Zs.: Process Flow Variations of Printed Wiring Board Fabrication. The 7th. International Symposium for Design and Technology for Electronic Modules. (SIITME – 2001) Bucharest (Romania), September 20–23, 2001. pp.189–192.
20. Illyefalvi-Vitéz,Zs.; Németh,P.; Bojta,P.: Reliability and Failure Mechanism of Chip Scale Package on Laminate Technology. The 34th. International Symposium on Microelectronics (IMAPS 2001), Baltimore, Maryland, (USA). October 9–11, 2001. pp.423–428.
21. Illyefalvi-Vitéz,Zs.; Berényi,R.; Gordon,P.; Pinkola,J.; Ruzinkó,M.; Vanfleteren,J.: Laser Via Generation into Flexible Substrates. The 1st International IEEE Conference on Polymers and Adhesives in Microelectronics and Photonics. (Polytronic 2001) Potsdam (Germany), Oktober 21–24, 2001. pp. 230–235.
22. Dr. Illyefalvi-Vitéz Zs.; Dr. Ripka G.; Dr. Harsányi G.: Elektronikai technológia. CD-ROM. Budapest, 2001.
23. Varadarajan,M.; Illyefalvi-Vitéz,Zs.; Zimmermann,J.; Tummala,R.R.: Fundamentals of System-Level PWB Technologies. Chapter 16. in Tummala,R.R.(editor): Fundamentals of Microsystems Packaging, McGraw-Hill, USA. 2001. pp.612–657.
24. Illyefalvi-Vitéz,Zs.; Németh,P.; Bojta,P.: Failure and Acceleration Models for MCM-Ls Tested by HAST. The 52nd Electronic Components & Technology Conference, San Diego, California (USA), May 28–31, 2002. pp. 480–483.

A technológiai bázis színvonalának növekedése és annak hatása

Az előzőekben ismertetett projektek megteremtették az alapját a korszerű, laminált (nyomtatott huzalozású) hordozóra épülő multichip modulok technológiája fejlesztésének és az áramkörü modulok prototipizálásának. Az eddigi fejlesztési tevékenység során kitűnt, hogy a technológiai bázis továbbfejlesztésének következő lépéseként szükséges a hordozók előállításához alkalmazott eszközpark és technológia korszerűsítése is. Prototipizáló bázisunk korszerűsítésével magasabb színvonalon fogjuk tudni kielégíteni nemzetközi projektjeink követelményeit és kutatási-fejlesztési eredményeink alábbi legfontosabb felhasználóit:

Név: **KOMED Ltd.**

Cím: Reitter Ferenc u. 46–48, H-1135 Budapest, Hungary

Tel: +36 1 149 8774

Fax: +36 1 140 2325

Tevékenységi kör: orvosi műszerek

Név: **77 Elektronika Ltd.**

Cím: Fehérvári u. 98, H-1115 Budapest, Hungary

Tel: +36 1 209 1200

Fax: +36 1 209 1203

Tevékenységi kör: orvosi műszerek, mérés-technika

Név: **Elektroprint Ltd.**

Cím: Andrásy u. 15, H-1061 Budapest, Hungary

Tel: +36 1 268 0632

Fax: +36 1 268 0632

E-mail: tothe@ett.bme.hu

Tevékenységi kör: K + F tevékenység és elektronikai részegységek forgalmazása, műszaki könyvek és folyóiratok publikálása

Név: **Semilab Company**

Cím: Fóti u. 56, H-1047 Budapest, Hungary

Tel: +36 1 169 4544

Fax: +36 1 169 8284

Tevékenységi kör: szilícium technológiai mérő és tesztelő berendezések

Név: **MTA KFKI RMKI ÜTO**

Cím: Konkoly Thege u. 29-33, H-1121 Budapest, Hungary

Tel: +36 1 169 9499

Tevékenységi kör: űrkutatási mérőműszerek

Név: **NIVELCO Company**

Cím: Dugonics u. 11, H-1043 Budapest, Hungary

Tel: +36 1 169 8811

Fax: +36 1 169 3864

Tevékenységi kör: érzékelők, moduláramkörök, felületszerelés, mérőműszerek

Név: **IBM Storage Products Ltd.**

Cím: Aszalvölgyi u. 11, H-8002 Székesfehérvár, Hungary

Tel: +36 22 539 103

Fax: +36 22 539 104

Tevékenységi kör: merev lemezes tárolók és más adattároló eszközök

Név: **TEMIC Hungary Ltd.**

Cím: Napmátka u. 6, H-1106 Budapest, Hungary

Tel: +36 1 260 0838

Fax: +36 1 261 8067

Tevékenységi kör: Hibrid áramkörök, vékony- és vastagréteg áramkörök, felületszerelés, autóelektronika, híradástechnika

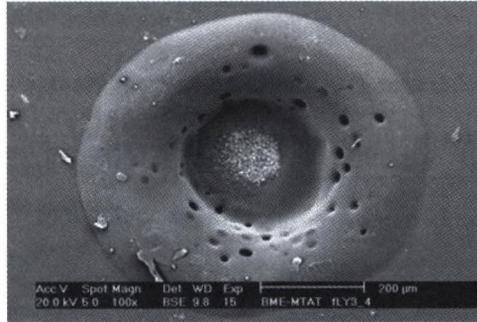
A Tanszék kutatásainak tárgyát képező technológia jellemzése

A többrétegű nyomtatott huzalozások előállítására kétféle eljárás terjedt el.

A hagyományosnak tekinthető, együttlaminált technológia lényege, hogy egy- vagy kétoldalas olyan lemezekből indulunk ki, amelyekben a laminálás utáni belső rétegek mintázatát már kialakítottuk (2.1. ábra). Ezeket a lemezeket ragasztó „prepreg” rétegekkel együtt lamináljuk és sajtolás közben melegítve, kikeményítjük. Az átmenő furatokat és zsákviákat, valamint a külső rétegek mintázatát ezután készítjük el (2.2. ábra).

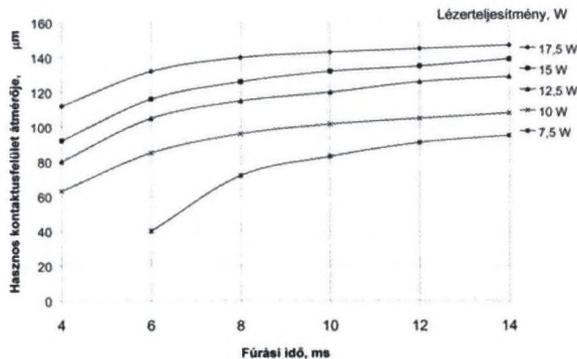
képződő sorja magassága minimális legyen. A kísérletekhez CO₂ lézert alkalmaztunk, optimumot kerestünk a lézerteljesítmény és a megvilágítási idő változtatásával.

Egy jellegzetes zsákfuratot szemléltet a 2.4. ábra. A furat 14,35 W-tal és 8 ms-os megvilágítással készült. A furat kb. 600 μm átmérőjű területet foglal el, belső átmérője kb. 200 μm, az alsó rézfólia azonban ennél jóval kisebb átmérővel, kb. 90 μm-es hatáskontaktus felülettel látható. Megfigyelhető még a lyuk körül a nem kívánt sorja-képződés is, mely gondot jelenthet a vezető rétegek felvitelekor. A keletkezett sorja azonban nem csak a fémzés megbízhatóságát csökkenti, hanem lecsökkenti az elérhető viasűrűséget is.

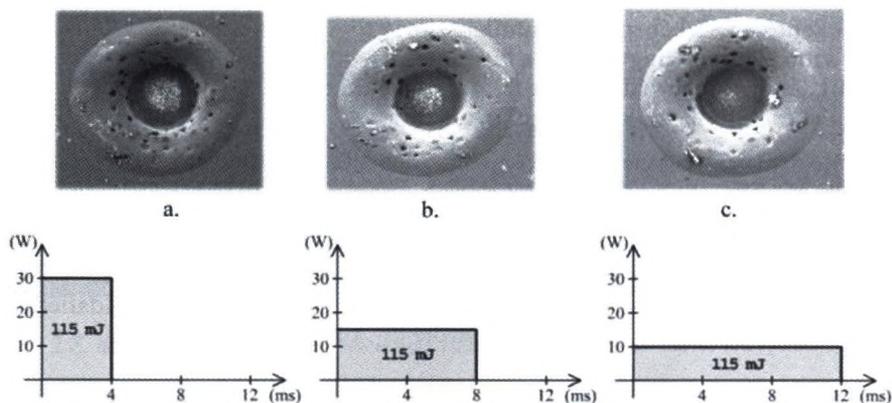


2.4. ábra Poliészter fóliába készített zsákfurat elektronmikroszkópos képe

A fúrás végeztével, vákuumpárologtató berendezéssel, maszkon keresztül 300...400 nm vastagságú réz réteget vittünk fel a felületre és méréssel ellenőriztük a kontaktus jóságát. A 2.5. ábra a fúrési idő és teljesítmény függvényében mutatja a kialakult hasznos kontaktusfelületek átmérőjét. Azonos közölt lézereenergia mellett a hasznos átmérőben nagy eltérések jelentkeztek: egy bizonyos fúrési idő után a kontaktusfelület növekedése már alatta marad a furat-, illetve a sorja-átmérő növekedésének. Ilyen esetekben már nem célszerű növelni a megmunkálási időt, mivel az csak az elfoglalt terület növekedésével jár. Az azonos energiájú megmunkálások közül a rövid idejű, nagyobb teljesítményű megmunkálás adott jobb eredményt (2.6. ábra).



2.5. ábra A hasznos kontaktusfelület alakulása a lézerteljesítmény és a fúrési idő függvényében



2.6. ábra Azonos energiamennyiség hatásának szemléltetése

2. Kísérleteket végeztünk különböző gyártmányú poliimid hordozókon (2.1. táblázat). Ezt és a 3. kísérletsorozatot az EC által támogatott FLEXIL projekt keretében végeztük. Azt tapasztaltuk, hogy a CO₂ lézer alkalmazásakor semmilyen paraméter-beállítással sem tudtuk a sorjaméretet kellő mértékben lecsökkenteni. Itt is igazolódott azonban, hogy nagyobb teljesítménnyel és rövidebb impulzusokkal jobb eredményeket kaptunk. A CO₂ lézer mellett alap-harmonikuson (1064 nm-en) működő Nd:YAG lézerrel is végeztünk kísérleteket.

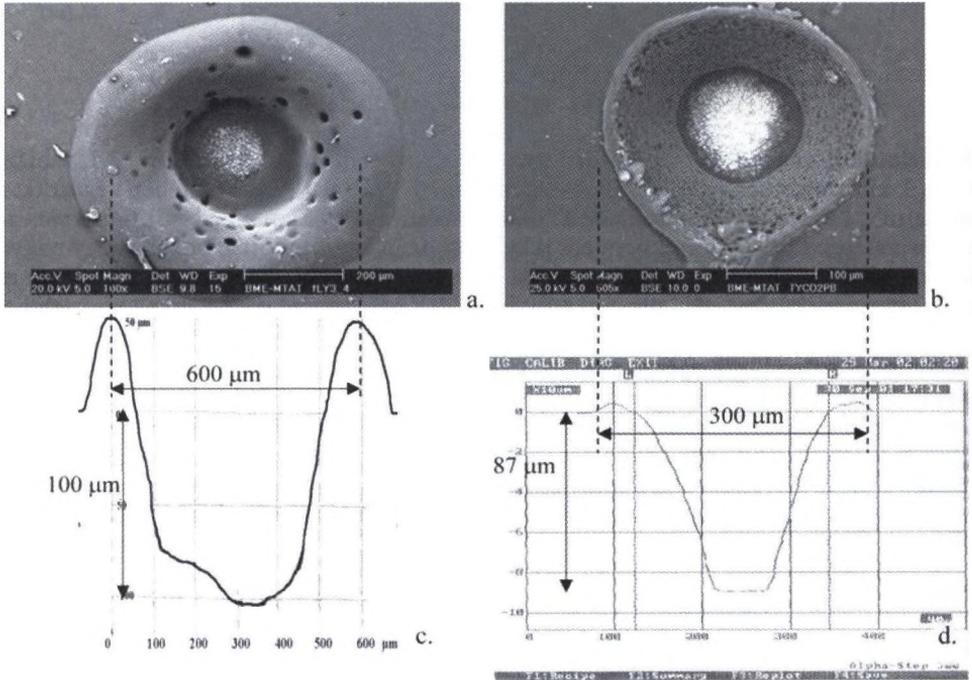
2.1. táblázat Felhasznált hordozók összetétele

Hordozó anyaga	Jelölés	Hordozó vastagsága [μm]	Ragasztó vastagsága [μm]	Rézfólia vastagsága [μm]
Poliészter fólia		125	–	–
Poliészter		100	–	35
Upilex (poliimid)	TX	75	12	18
Kapton (poliimid)	TY	75	12	18
Poliimid	CP	40	–	18
Üvegszál + epoxi	CEG	105	–	18

A 2.1. táblázatban felsorolt anyagok közül a CEG nevű üvegszál erősítésű hordozó a két ki-próbált hullámhosszal (10,6 m, 1064 nm) használhatatlan eredményeket adott: a furatok szabálytalanok, a hordozóban levő üvegszálakat nem lehetett átfúrni, átvágni. Ezzel szemben a kapton fólia (TY) és a CP nevű poliimid inkább a CO₂ lézerrel, míg a UPILEX márka-jelzésű TX inkább a Nd:YAG-gal volt megmunkálható. Bár a sorja mérete már az optimalizálás előtt is alatta maradt a poliészter fóliánál tapasztalténál, azonban még a paraméterek optimalizálása után is nagyobb, mint a megengedhető.

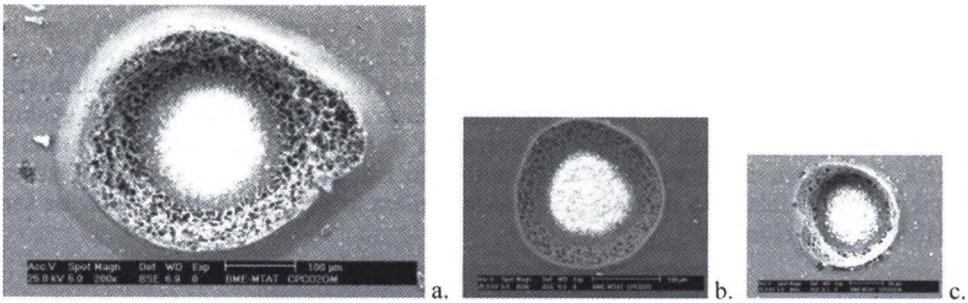
A sorja csökkentése érdekében a megmunkáláskor védőréteg alkalmazásával kísérleteztünk. A módszer azon alapszik, hogy a sorja a fúráskor kifröccsenő olvadt anyag visszadermedéséből képződik, és ha az egy védőrétegre rakódik rá, akkor azzal együtt eltávolítható. Védőréteggént papírt és különböző lakkokat alkalmaztunk.

A védőréteg hatásának érzékeltetésére a 2.4. ábrán már bemutatott, védőréteg nélkül poliészter fóliába készített furat képe mellett, a 2.7.b. ábrán a TY jelű anyagba, olajjal nedvesített papír védőréteg alkalmazásával kapott furat képét mutatjuk be. A jobb oldali, b. ábra az a-hoz képest kb. 2-szeres nagyítású, így az átmérők kb. 600, illetve 300 μm . A furatok felületi profilmérővel kapott „keresztmetszeti” képét az elektronmikroszkópos felvétel alatt szintén megadtuk. Látható, hogy a jobb oldali furat sorjamérete jóval kisebb a bal oldaliénál. Mindkét esetben a hasznos kontaktusterület átmérője kb. 100 μm lett.



2.7. ábra Furatok „felülnézeti” és „keresztmetszeti” képe

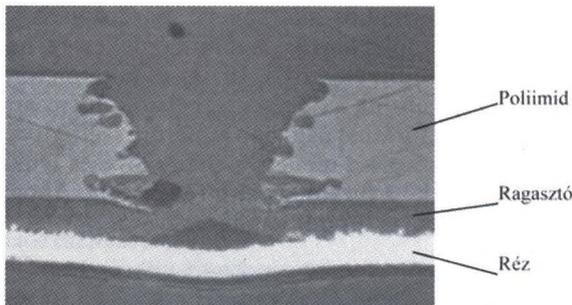
A CP jelölésű poliimidbe készített furatokat a 2.8. ábra mutatja be. Kisebb sorját és kisebb átmérőt ebben az esetben is olajjal nedvesített védőpapír alkalmazásával értünk el.



2.8. ábra CP anyag fúrása védőréteg alkalmazásával, csökkenő energiákkal

A három ábra azonos méretarányú. Balról jobbra haladva az energia változtatásának hatását láthatjuk, az energiaértékek csökkenő sorrendjében. A fólia kis vastagsága ($40\ \mu\text{m}$) következtében megfelelő furat kisebb energia mellett alakult ki. A 2.8.c. ábrán bemutatott furat $14,35\ \text{W}$ teljesítménnyel és $2\ \text{ms}$ megvilágítási idővel készült, átmérője kb. $75\ \mu\text{m}$.

A ragasztóréteges fóliákba készített furatok tényleges – nem felületi profilmérős, hanem csi-szolati – keresztmetszeti képeinek tanulmányozásakor súlyos problémát tapasztaltunk: a ragasztó réteg csak olyan nagy energia alkalmazásával volt átfúrható, amely hatására a rézfólia jelentősen károsodott, deformálódott. A 2.9. ábra egy olyan furat keresztmetszetét szemlélteti, amely készítéséhez alkalmazott energia elegendő volt a poliimid megfelelő átfúrásához, viszont a ragasztóréteget nem távolította el, vagyis még nem értük el a rezet, de a rézfólia már jelentősen deformálódott.

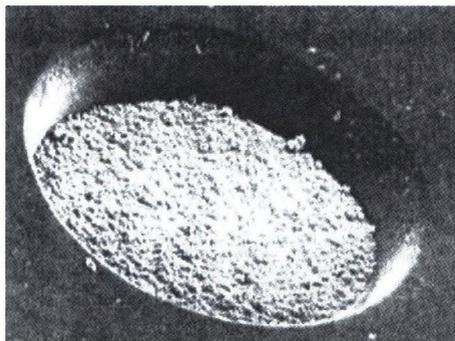


2.9. ábra TX anyagú fóliába készített furat keresztmetszeti képe

3. Kísérleteket végeztünk $355\ \text{nm}$ -es Nd:YAG lézer alkalmazásával. Ezekre a kísérletekre az alkalmas lézer hiányában sem Magyarországon, sem pedig az európai projekt partnerneiknél nem volt lehetőségünk, viszont szakirodalmi és régebbi saját tapasztalataink alapján is várható volt, hogy a $355\ \text{nm}$ -es, vagy a még rövidebb UV tartománybeli hullámhosszal végzett megmunkálás adja a legjobb, esetenként az egyetlen megfelelő eredményt. A kísérleteket egy varsói kutatóintézetben végeztük, ahol egy Electro Scientific Industry (ESI) gyártmányú lézert bocsátottak rendelkezésünkre. A vizsgálatok kiértékelése még folyamatban van, azonban az már látható, hogy - a várakozásoknak megfelelően - a $355\ \text{nm}$ -es lézerrel kiváló eredményeket kaptunk (2.10. és 2.11. ábra).

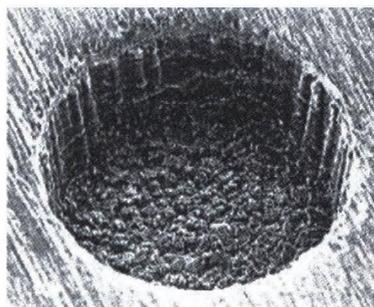
A 2.10. ábra a CP jelölésű, ragasztó nélküli, rézfóliával borított poliimid fóliába, lyukasztással, vagyis a lézersugár átmérője által meghatározott felületen megmunkálva készített furatot szemlélteti. A furat – bár nagyobb (kb. $200\ \mu\text{m}$) átmérőjű – a 2.8. ábrán bemutatott furat

tokkal hasonlítható össze. A Q-kapcsolt Nd:YAG lézer szokásos alkalmazásának megfelelően, a zsákfuratot több (néhányszor tíz), egymást 10 kHz-cel követő, viszonylag kis energiájú (kb. 1 mJ-os) impulzus sorozatával készítettük. A zsákfurat alján várhatóan jó érintkezést adó, tiszta rézfelületet kaptunk. Védőréteg alkalmazására nem volt szükség, a furat gyakorlatilag így is mentes a sorjától. Minthogy a lézersugár rendkívül jó sugárparaméterekkel rendelkezik – a sugárra merőleges keresztmetszetben az intenzitása közel Gauss-görbe szerint változik –, a furat fala nem merőleges a fóliára, hanem kúpos, ami a furat fémezése szempontjából nagyon előnyös.



2.10. ábra A CP jelölésű poliimid fóliába 355 nm-es lézerrel készített furat

A 2.11. ábrán bemutatott felvételt a szakirodalomból, az ESI honlapjáról vettük át. Egyik érdekessége, hogy furat a DuPont cégnek a lézeres viakészítéshez kifejlesztett, aramid szálakkal erősített epoxi anyagú, Thermount márkanévű, hordozójába készült. A hordozó fólia mindkét oldalát 5 μm vastag réz fólia borítja. A másik érdekesség, hogy a furat spirálozás és lyukasztás kombinációjával készült: először 5..10 μm -es foltátmérőre összefókuszált sugárral spirál alakban haladva eltávolítjuk a rézréteget, behatolunk az aramid/epoxi-ba, de nem érjük el az alsó rézfóliát; majd a furatnál nagyobb átmérőre szétnyitva a sugarat, a felső rézrétegben már meglévő furat maszkolása mellett, néhány lövéses lyukasztással eltávolítjuk a polimer anyagokat, „kitisztítjuk” a furatot az alsó réz rétegig. Ahogy az ábra is bizonyítja, így pontos formájú, sorjától mentes furatot kaphatunk.



2.11. ábra Spirálozás és lyukasztás kombinációjával, 355 nm-es lézerrel készített furat

Kísérleti eredményeink igazolták a szakirodalmi állításokat, miszerint nagy pontosságú, igényes alkalmazások esetén célszerű a megmunkálást jó sugárparaméterekkel rendelkező, 355 nm-es lézerrel végezni. Ezért kérjük a támogatást egy ilyen lézer beszerzéséhez.

Göblös János



Történeti áttekintés

A **TEMIC Hungary** (1. ábra ld. a színes mellékletben) 2000. szeptember 15–16-án ünnepelte alapításának 10 éves jubileumát, ami 1999. júliusában volt aktuális, de a konszern vezetés elfoglaltsága miatt – új gyár avatásával összekötve – csak egy évvel később kerülhetett sor. A vállalat 10 éves naptárát tömören az alábbiak szemléltetik:

- 1989. Vegyes vállalat alapítás autógyújtó modul gyártásra: alapítók **REMIX**, **TELEFUNKEN**, **EMO**, **MOGÜRT**;
- 1991. Megújult ügyvezetés, újabb termékek gyártása : bleeder, fókusz szabályozó;
- 1993. A **REMITEL** részleges kivásárlása, új telek vásárlás, saját gyár építésének megkezdése, **WILO** kapcsoló szerelés megkezdése, a meglévő gyártmányok mellett;
- 1994. **TEMIC Heilbronn** 100%-os tulajdonos. Névváltozás: **TEMIC TELEFUNKEN microelectronic Hungary Kft.**;
- 1995. A **TEMIC Hungary** Napmátka utcai telepének birtokba vétele, avatása;
- 1996. Újabb gyártmányok: fóliatasztatúra, kismotor szerelés. Fóliatasztatúra a péceli telephelyen. Új profil: **QLT** szenzor. A „D” gyár avatása novemberben (kismotor, szenzor üzem). Az első sikeres állami pályázat elnyerése (fóliatasztatúra, 120 millió forint);
- 1997. Daimler–Chrysler konszern: profiltisztítás, autóelektronika mint főprofil, a péceli telephely és a fóliatasztatúra profil eladása. Új komfort és karosszéria elektronikai termékek;
- 1998. Az olajszenzor és kismotor gyártás bővítése, felfuttatása; Új telek vásárlása és gyárak beruházásának előkészítése;
- 1999. Megszűnő ipari elektronikák. Újabb autóelektronikai termékek: **ECL**, **TSG**, **FSG**, tükör memória, gyártásának indítása. Kismotor és **ABS** gyár, valamint portai fogadó és külső parkoló építése, az új telken;
- 2000. Szeptember: 10 éves jubileum, kismotor és az **ABS** gyár avatása;
- 2001. A **TEMIC** anyavállalatot 2001 április 1- én megvásárolja a hannoveri székhelyű **Continental AG**. Új raktárak, orvosi rendelő, ebédlő bővítés, irattár. **BME** ösztöndíj szerződés. Az addigi ügyvezetés felmentése.

1. Előzmények

A magyar elektronikai alkatrészipar második világháború utáni közel ötven évét az akkori kötött deviza- és tervgazdálkodásból adódó hiánygazdálkodás és az áruhiány enyhítése szabta meg. A nyugati (tőkés) alkatrészek importjának csökkentése, kiváltása után-fejlesztése határozta meg stratégiáját.

A **REMIX** az 1960-as évek második felétől kezdett el vastag-, és vékonyréteg hibrid integrált áramkörök fejlesztésével és gyártásával foglalkozni. Az 1970-es évek végén teljesítmény áramköröket is kifejlesztettek és gyártási tapasztalatok is összegyűltek ezek megbízható minőségben történő nagysorozatú előállítására. A fejlesztés műszaki vezetése (Papp Károly) nyugati példák alapján 1976-tól gépkocsi elektronikákkal kezdett foglalkozni, *tirisztoros* autógyújtó kisebb sorozatai készültek, valamint generátor elektronikus feszültségszabályzó minták is megszülettek. Az érdekelt ipari partnerek a veszprémi Bakony Művek és a budapesti Autóvillamossági Felszerelések Gyára, valamint a forgalmazó Elektromodul volt. Meg kell jegyezni, hogy ebben az időben olyan nagy áramú tranzisztorok elérhető áron még nem léteztek amelyek záró feszültsége meghaladta volna pl. a gépkocsi gyújtótranszformátor megszakítási feszültségtransziensét, a mintegy $600 V_{pp}$ -t.

Az 1979-es novemberi müncheni Electronica kiállításon a **BOSCH** bemutatott egy teljesen új, vastagréteg, teljesítmény-**tranzisztoros** igen kis méretű gépkocsi gyújtó-modult, amelyet a **VW** részére fejlesztett ki. Ezzel szinte egyidőben a heilbronni **TELEFUNKEN** is elkezdett foglalkozni a témával, és heilbronni majd vöcklabrucki félvezetőgyára sorozatban gyártotta az ehhez szükséges nagyáramú és nagy zárófeszültségű (BUX 37) teljesítmény tranzisztorokat, a nürnbergi hibrid áramköri gyára pedig szintén kifejlesztette saját konstrukciójú **VW** kompatibilis gyújtómodulját.

A **REMIX – Bakony Művek – MOGÜRT** akkor elsősorban a szovjet LADA programhoz történő gyújtómodul beszállításban voltak érdekeltek, és ezek előkészítő tárgyalásai 1981-ben Togliattiban elkezdődtek. Különös aktualitást adott ennek az hogy a VAZ Togliattiban ekkor készítette a SZAMARA prototípusát amelybe elektronizált gyújtást terveztek. A magyar delegációt Sós Gyula a Bakony Művek vezérigazgatója vezette. Megállapodás született a magyar HIM típusjelű gyújtómodul minták ottani teszteléséről.

A **REMIX** 1984-re felkészült a sorozatgyártásra, és a modulok szokatlanul szigorú bevizsgálására.

Az 1985-86-os évben nagyobb minta sorozatok készültek szovjet kipróbálásra. A projektet az **OMFB** is támogatta. (2. ábra ld. a színes mellékletben).

A **TELEFUNKEN** mint a **REMIX** egyik félvezető beszállítója érdeklődést mutatott a magyar gyújtók iránt miután pontos információi voltak a teljesítmény tranzisztor szállításai révén a **REMIX** szándékairól.

Az 1987 áprilisában megfogalmazódott a **REMIX** szándék, esetleges közös vállalat alapítására a **TELEFUNKEN** Electronic-kal. Április 29-én a Telefunken az EMO bemutató termében autóelektronikai napot szervezett amelyen legmagasabb szinten képviseltette magát: Maier elnök úr, Hóhne kereskedelmi igazgató, valamint az ágazat felelős vezetői, a nürnbergi gyárigazgató Dollt úr vezetésével. Másnap a **REMIX** vezérigazgatójánál († Dr. Molnár Rudolf) kezdődtek megbeszélések Hóhne és Dollt urakkal az együttműködésről. A **REMIX** újonnan épült, légkondicionált tiszta terű üzemének megtekintése meggyőző volt a vendégek számára. Az 1987/88. években a **REMIX** több mintasorozat gyújtót küldött a Telefunkennek bevizsgálásra. Az eredmények hozzájárultak a **TELEFUNKEN** együttműködési szándék erősödéséhez.

Az 1988. és az 1989. év első fele kölcsönös szakértői látogatásokkal és előkészítő tárgyalásokkal telt el. Erre a két évre esik a magyar gazdaság és jogrend liberalizálásának kezdete (pl. társasági törvény, vegyes vállalatok alapításának szabályozása, új devizasabályok, cégbíróság stb.). A könyvelv ezt a folyamatot találoán prekapitalizmusnak nevezte, amit a következő néhány év történései igazoltak.

Az 1988 júniusában az akkor heilbronni székhelyű Telefonken elnöke, F.D. Maier úr váratlan látogatást tett a REMIX vastagréteg üzemében. Ezt rövidesen heilbronni meghívás követte, amelyre 1988 októberében került sor, a REMIX vezetése részéről. Ezen a látogatáson körvonalazódtak egy gépkocsi gyújtó-modul gyártó közös vállalat elképzelései. A két cég felső vezetője megállapodott a szakemberek további kölcsönös látogatásában azzal a céllal, hogy ezeken kerüljön kidolgozására egy társasági alapító okirat, a szükséges vállalatközi háttér (konzorciális) megállapodásokkal együtt, az akkor egészen friss, nagyjából EGK konform magyar társasági törvényre alapozva.

A felgyorsult előkészítési munkák 1989 júliusára egy cégbírószági bejegyzésre alkalmas okiratot eredményeztek. Ezzel megalakult a Telefonken – Remix – EMO – Mogürt joint – venture.

Neve: REMITEL Kft.

Székhelye: Budapest, X. Pataki István, (majd Szent László) tér 20., ami a REMIX irodaépületben lévő ügyvezetést és a Remix Bánya utcai új üzemépület két szintjét jelentette.

Első ügyvezetője Krémer Péter okleveles villamosmérnök lett. Krémer alig egy év elteltével távozott. Tisztét 1990. év végétől Zentai Gábor okleveles üzemgazdász töltötte be, 2001. augusztus végéig.

2. A REMITEL

A REMITEL alapítása tehát egybeesett a magyar rendszerváltás kezdeteivel. A következmények gyorsan jöttek: a magyar résztulajdonosok ellehetetlenülésük sorrendjében szálltak ki a joint – venture- ből és adták el tőkerészüket az időközben TELEFUNKEN-ből TEMIC microelectronic GmbH- vá (székhelye HEILBRONN) vált partnerüknek.

A REMITEL 4 főállású dolgozóval alakult, a fizikai munkaerőt a REMIX-től bérelte. Bér munkát végzett. Elektronikus gyújtó modulokat szerelt össze, bleeder (színes TV képcső anódáram korlátozó) ellenállásokat, majd színes TV fókusz szabályozókat, és szivattyúmotor kapcsolókat szerelt (3., 4., 5. ábrákat ld. a színes mellékletben).

Termékei teljes egészében exportra kerültek, az ELEKTROMODULON a MOGÜRT-ön és a Bakony Műveken keresztül.

A végfelhasználói kör jellemzően a TELEFUNKEN, a VAZ Togliatti, a Grundig, és a WILO volt.

Az éves árbevétel az alapítás évében nulla, 1990-ben 40 millió forint volt, ami 1993. év végére megduplázódott.

Ez az időszak a magyar cég elfogadtatásának, és új, minőségi, vevő centrikus munkastílus bevezetésének időszaka volt, nem kevés régi, rossz reflex lefaragásával a munkatársaknál. Az eredmények elismerését jelentette az első sikeres TÜV – ISO audit 1993 -ban (6. ábrát ld. a színes mellékletben).

3. A TEMIC Hungary

Az 1993. év végétől a németországi TEMIC 100 %-os tulajdonra tett szert a REMITEL-ben és a cég nevét

TEMIC TELEFUNKEN microelectronic Hungary -ra, röviden TEMIC Hungary-ra jegeztette be a cégbírószágon.

A kőbányai Szt. László téri bérelt telephely a Temic Hungary számára túlhaladottá vált és az anyavállalat vezetése hozzájárult egy önálló telephely kereséséhez. Több évnek kellett eltelnie míg a német TEMIC vezetése elismerte magyarországi vállalatának teljesítményét és kelet-európai stratégiai központjává kezdte fejleszteni. Számos lehetséges helyet megvizsgálva végül is az elnökség hozzájárult egy zöldmezős beruházáshoz, Kőbányán az ipari övezetben a Napmátka utca 6. alatti telken. A magyar ügyvezetés számára a nagy, beépítetlen terület és a jó megközelíthetőség perspektívikusan lehetővé tette a továbbfejlesztésért való lobbizást is az anyavállalatnál.

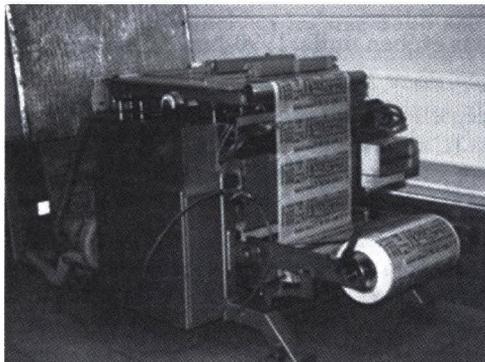
Az 1994. év végi kiköltözés az új telephelyre egyben a gyártóeszköz park megújításának kezdetét is jelentette. Új felületszerelő automaták, majd robot sorok kerültek az új üzemsarokba. A műszerpark is megújult, új mérő automaták és számítástechnikai informatikai hálózat állt szolgálatba (7., 8. ábrákat ld. a színes mellékletben).

A konszern belső versenytárgyalásain egymás után nyerik el újabb gyártmánycsaládok magyarországi gyártási jogát. Az anyavállalat 1995-től Magyarországra telepíti fólia tasztatúra gyártását, amely a mobil telefónia világméretű felfutása okán sikerágazat volt a cégnél. Pécelen 1997-ben új fólia tasztatúra gyárat létesített a Temic Hungary.

A konszern vezetése jól felismerte a mobil telefónia világméretű fejlődésében rejlő üzleti lehetőséget. Az 1990-es évek végére a kézi telefonok szinte kizárólag fóliatasztatúrákkal készültek. Emellett a szerszám- és számos háztartási gép, valamint laptop stb. adatbeviteli egysége is fóliatasztatúrán keresztül érhető el.

Az első fóliatasztatúrák az 1970-es évek végén jelentek meg. Az 1980-as évek közepére értek el egy olyan fejlettségi szintet, amely megbízhatóságban megfelelt a számítástechnikai vagy telefóniai, de akár hadiipari felhasználás megbízhatósági követelményeinek: $>10^6$ kapcsolási ciklus, prell-mentesség, szélsőséges hőmérsékleti és klímaállóság, stb. Egyes prognózisok szerint az autóipari alkalmazása is küszöbön áll.

A fóliatasztatúra elvi felépítése egyszerű: egy speciális, nem zsugorodó, 50–200 μm vastagságú fólián szitanyomással viszik fel a megfelelő áramköri struktúrát, amelyet beégetéssel stabilizálnak. Erre kerül egy elválasztó szigetelő fólia, amelyen a nyomógombok helyén ablakok vannak kivágva. A harmadik a rövidzárat tartalmazó fólia, a negyedik pedig a kapcsoló fólia réteg félgömb alakú u.n. dómokkal. A félgömböket lenyomva az alapfólia fémezési helyei rövidre záródnak. A rövidzárt a jelvezetékek végén lévő processzor regisztrálja. A technológiai sor egyik elemét a 9. ábra mutatja.



9. ábra. Fóliatasztatúra szitanyomó gép

Jelentős felfutást hoz az ugyancsak a magyar Temic-hez telepített ipari elektronikai részegységek gyártása. A vevőkör reprezentánsai a SIEMENS, a NOKIA, az Elektrolux, a XEROX, stb.

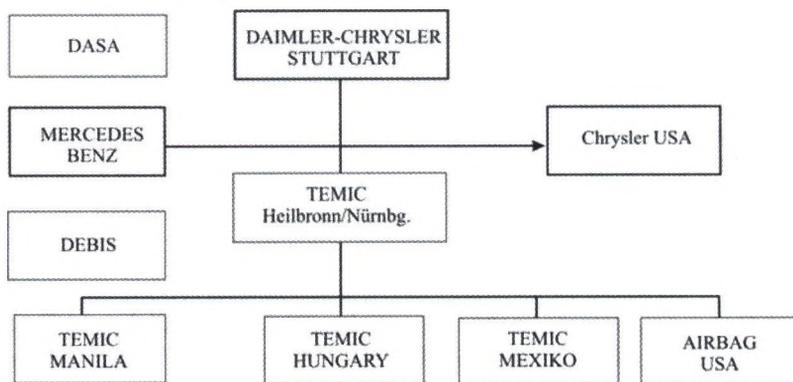
Elkezdődik, a VW autógyártó mellett az autóelektronikai részegységek gyártása. Ennek oka, hogy az anyavállalat a 90-es évek második felében a Daimler – Benz tulajdonába került és a cég vezetése az új tulajdonos intencióinak megfelelően ezt az ágazatát kiemelten fejlesztette és eladta heilbronni félvezető gyárat, székhelyét Nürnbergbe helyezte. A Daimler pedig tengerentúli terjeszkedésbe kezdett és 1998-ra megszerezte a Chryslert. A Daimler vezetés úgy döntött, hogy a Temic konszernt autóelektronikai fejlesztésre és gyártásra specializálja. A magyar gyár számára ez a fóliatasztatúra gyár eladását és az ipari elektronikai profil visszafejlesztését jelentette.

Az 1996-os év végére időszerűvé vált a gyártócsarnokok bővítése. Egy új 4 szintes gyárépület avatott az anyavállalat az Ipari Minisztérium államtitkárának jelenlétében, 1997 novemberében. Ide telepítették az időközben megszerzett ülésállító szervó motorok gyártását, majd az olajszenzor szerelést.

A hazai multinacionális leányvállalatok között ritkaság, hogy a magyar Temic teljes vezetése hazai szakemberekből áll. Az ügyvezetés a 90-es évtized közepére megszilárdította a vállalat helyzetét és visszafordíthatatlanná tette itteni létét.

A magyar kormányzat nagyra értékelte a vállalat dinamikus fejlődését és munkahely teremtő eredményeit. Számos állami pályázattal több, mint 1,1 milliárd Ft kamatmentes hitel ill. támogatás segítette azt, hogy az ezredfordulóra a cég bekerült a 100 legnagyobb hazai vállalat közé. A vállalat első 10 évének második fele arról szólt tehát, hogy a magyar munkások termelte profit jelentős részét forgatta vissza a konszern Magyarországon, több mint 1000 új munkahelyet teremtve.

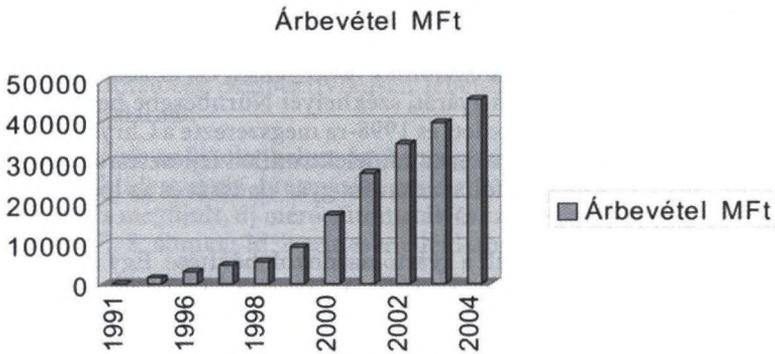
A magyar Temic tehát egy multinacionális autóiipari világszervezet részévé vált az ezredfordulóra, egyszerűsített szervezeti ábráját a 10. ábra mutatja.



10. ábra. Egyszerűsített konszern séma.

A 10. ábra erősen leegyszerűsített és elsősorban a TEMIC elhelyezkedését, valamint tagozódását hivatott bemutatni.

Az eddig elmondottak szemléltetésére álljon itt tény-adat (1991-2002) a vállalat első 10 évéről és akkori terveiről :



11. ábra. Az árbevétel dinamikája közel exponenciális.

3.1 A TEMIC Hungary az ezredfordulón

1998-ban konszern-pályázatot nyerve újabb gyárépület létesül 7 hónap alatt (vállalva ezalatt a szükséges hatósági procedúrák lezárását is) olajszenzorok és mechatronikai elemek, kis szervomotorok gyártására autóiipari célra. A „D” épület üzembe helyezésére és avatására 1998 novemberében került sor. Ugyanebben az évben a vállalat újra eléri autóelektronikai új gyártmányokkal az éves 5 milliárd forintos árbevételt, amely korábban a fóliaszattatúra eladás miatt 3 milliárd forinttal csökkent. Létszáma pedig 500 fő. Ezzel a cég kinőtte (kis-) középvállalati kategóriáját.

A szomszédos üres telek megszerzésével lehetővé vált egy teljes vertikumú – a robotizált forgórész gyártást is – magába foglaló új motorgyár felépítése. Az 1997-es évben a konszern vezetése az ABS gyártás Magyarországra telepítéséről döntött és így az új telken két új gyár építése kezdődött el. A 2000. év szeptemberében a már üzemelő két új gyár avatását a Temic Hungary 10 éves jubileumával együtt ünnepelték két napos rendezvénnyel. Ezzel a teljes beépített üzemi terület elérte a 16 000 m²-t. A légkondicionált és tiszta terek aránya megközelíti az 50%-ot.

Az 1999-es évben a konszern versenytárgyalásán újabb magyarországi fejlesztési projektet (40 millió DEM) nyer el, jelentős kockázatot vállalva azzal, hogy vállalat ebből adódó átmeneti veszteségeit el fogja tudni fogadtatni a tulajdonossal.

Az 1999. évben a vállalat vagyona meghaladta a 10 milliárd forintot, árbevétele pedig az éves 8,7 milliárd forintot. A 2000. évi árbevétel több volt, mint 14 milliárd forint. A munkahelyek száma pedig az év végén meghaladta 900-at.

A vállalat vezetése súlyt helyezett a sajtó kapcsolatokra. Azon fáradozott, hogy létrejöjjön egy autóiipari, autóelektronikai folyamatos hazai sajtónyilvánossága a konszern lapjában (TEMIC Times, német és angol nyelven 10 ezer példány) rendszeres teret kap a magyar TEMIC.

Erre az időre esik a hármas tagozódású termékprofil kialakulása is (12. ábra):



12. ábra. A TEMIC termékprofil

Gyártási eljárások: robotizált mikroelektronikai (vastagréteg-hibrid szerelés) és főként felületi szerelt nyomtatott áramköri technológiákon alapulnak. Az 1999. évtől a termékek komplexebbé válásával növekedett a mechatronika szerelési eljárások köre is. Emellett a kézi szerelési technológiák is tovább élnek pl. a kismotor és az olajszenzor gyártásban.



13. ábra. Beültető robot / SIPLACE/ az 1997. évben

A termékek nem kerülnek a szokványos kereskedelmi (nagykereskedelem, kiskereskedelem) forgalomba. A partner autógyárak gyártmányfejlesztési megbízásokat adnak a TEMIC konszern részére új gyártmány sorozatgyártására adnak opciót, majd rendelést. Ezek a rendelések a partnerek és a konszern között több éves együttműködési megállapodások, gyakran a továbbfejlesztést is előírnyozzák. A konstrukciók kialakításánál a családvet követik. Budapesten az új konstrukciók labor (jóváhagyási) sorozatai és a prototípus, valamint a „0” (null) sorozatok is készülnek. Ezzel együtt a technológizálás és gyártásfejlesztés is folyik (13. ábra).

3.1.1 Szellemi háttér, minőségi, környezeti irányítás.

Érdemes megemlíteni, ahogyan csökkent a tiszta bérmunka aránya, úgy nőtt a magyar hozzáadott szellemi érték: 1995-ben a mérnökök és főiskolát végzettek száma alig haladta meg az 40 főt, 2000-ben számuk elérte a 120-at.

A vállalat jelentős támogatást ad dolgozóinak a hazai továbbtanuláshoz a külföldi, konszern belüli képzéshez, a második szakképzettség megszerzéséhez.

Teljesítményhez és minőséghez kötött bérezés, jutalmazási rendszer és a legkiválóbbak évenkénti kiemelt elismerése az Arany Bleeder Díjjal érdemel említést. Ez utóbbiról röviden: a korábbi fejezetben megismert gyártmány arról nevezetes, hogy a vállalat indulásakor ezen fizették be a minőség elérésének tandíját, és ehhez kapcsolódik az első sikeres minőségi audit is. Ennek emlékére alapította az ügyvezetés a díjat, amelyet évente legfeljebb 5 dolgozó kaphatott meg, ami 1000 DM értékű volt (14. ábra ld. a színes mellékletben).

Kiváló kapcsolataink vannak a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Kar, Elektronikai Technológia és Eszközök Tanszékével. Ezek kihelyezett mérnök továbbképzést és eseti K+F munkákat is végeznek. 2001 nyarán ösztöndíj adományozási szerződés jött létre a vállalat és a Villamosmérnöki Kar között, hallgatói és professzori ösztöndíjakról, 4 évre.

A vállalat rendelkezik ISO, VDA, QS, akreditációkkal és vevői pozitív auditok alapján beszállításainkhoz szükséges aprobációkkal, amelyek nélkül az európai csúcsot képviselő Mercedes, VW, AUDI, Renault, Skoda, SEAT autógyári beszállítás lehetetlen volna.

A TEMIC Hungary a vevő auditok (Mercedes, VW, Continental TEVES) alapján 93 pont feletti értékelésekkel „aa” illetve „ab” beszállító, több évre szóló rendelés-opciói vannak.

A vezetés nagy súlyt helyez a hazai törvények és az EU normák szerinti környezetbarát működésre. Az 1997. évben 2000 közepéig szólóan megszerezték az ISO 14001 tanúsítványt. Ennek alapján 1998-ban környezeti nyilatkozatot adott ki a vállalat vezetője, amelyet 2000-ben sikeres audit után megújított.

Az alkalmazott csúcstechnológiák jelentős infrastruktúrát

- villamos energiát,
- víz és csatorna hálózatot,
- városi gázellátást,
- légkondicionáló rendszereket,
- sűrített levegő hálózatokat,
- technológiai és védő gázokat valamint hálózatot,
- ide sorolható az informatikai hálózat is, valamint ennek részeként üzemelő
- infrastruktúra telephelyi felügyeletet is igényelnek.

3.1.2 Állami kapcsolatok

A magyar kormányzat nagyra értékelte a vállalat dinamikus fejlődését és munkahely teremtő eredményeit. Számos állami pályázattal több mint 1,1 milliárd Ft kamatmentes hitel ill. támogatás segítette azt, hogy az ezredfordulóra a cég bekerült a 100 legnagyobb hazai vállalat közé. A vállalat első 10 évének második fele arról is szólt tehát, hogy a magyar munkások termelte profit jelentős részét forgatta vissza a konszern Magyarországon, több mint 1000 új munkahelyet teremtve.

3.1.3 A mai telephely kialakulása.

A szomszédos üres telek megszerzésével lehetővé vált, egy teljes vertikumú – a robotizált forgórész gyártást is magába foglaló új motor és ABS gyár felépítése. A 2000. év szeptemberében a már üzemelő új gyárak avatását a Temic Hungary 10 éves jubileumával együtt ünnepelték meg két egynapos rendezvénnyel.

Az első napon szakmai vendégek az államapparátus képviselői, a konszern vezetése, a Continental – TEVES képviselői, és mintegy 250 további meghívott vett részt (15. ábra ld. a színes mellékletben).

A 2001-es év első felében további raktárak, vegyi anyag tároló, orvosi rendelő, irattár, új étterem és büfé, belső úthálózat bővítés, dohányzó létesült további 1000 m²-en (16. ábra ld. a színes mellékletben).

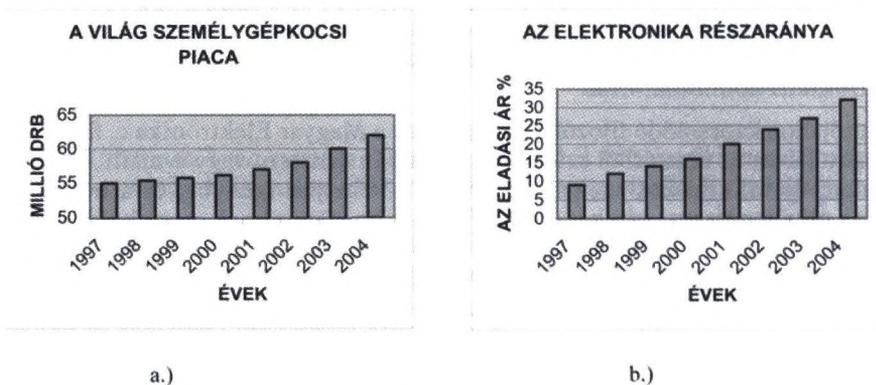
3.1.4 A TEMIC konszern az ezredfordulón.

A magyar Temic tehát egy multinacionális autóiipari világszervezet részévé vált az ezredfordulóra.

A TEMIC Hungary 1995-ben a konszern árbevételének 1%-át, 1998-ban 4,5% -át, 2000-ben több mint 9%-át adta. A konszern árbevétele ugyanabban az évben meghaladta az 1 milliárd €-t, ami akkor az európai beszállítói piac forgalmának 8,6% -a volt.

3.2 A piac, a fejlesztés irányai és a gyártmányok

A világ gépkocsi ipara – és az érdeklődés előterében lévő személykocsigyártás – a világgazdaság egyik jelentős meghatározója, kedvenc közgazdasági elnevezéssel: húzó ágazata. Az elmúlt évtized jelentős mennyiségi fejlődést hozott: tíz év alatt az 1980-as évek végi 46 millió darab/évről 1999-re 55 millió darab/év köré növekedett a gépkocsi eladások száma a világban. Ez értékben az évi 750 milliárd \$-ról az 1990-es évtized végére 1.100 milliárd \$ fölé emelkedett. A piac növekedése megközelítette az 1,8 %/év értéket (17. ábra).



17. ábra

Az utolsó (két) évtized áttörést hozott az elektronizációban is. Húsz évvel ezelőtt, általában a rádió jelentette az elektronikát a gépkocsiban, noha ekkor már léteztek sorozatban beépített elektronikus gyújtások (pl. VW). A nyolcvanas évek első harmadában terjedtek el igazán ezek a gyújtásrendszerek, a katalizátorokkal együtt lassan egy rendszert (λ szondával processzált gyújtás-vezérlést, stb.) alkotva (18. ábra ld. a színes mellékletben).

Ez volt tehát az első, valóban a gépkocsi (környezetbarát és gazdaságosabb) működését szolgáló elektronikus részegység, ami felváltotta a majd száz éves mechanikus-megszakító kalapácsos vezérlést. Az 1980-as évek végére ez és az ABS (automatikus blokkolásgátló) a gépkocsi eladási értékének 2–5%-át tette ki. 2001-ben az átlagos személykocsi értékének közel 20%-át teszi ki a beépített elektronika. Ismerve a fejlesztési irányokat megalapozott az a prognózis, mely szerint öt éven belül a kocsik árának közel egy harmadát fogja az elektronika értéke képezni.

Évszázadunk autóelektronikája nemcsak a biztonságos hidegindítást, vagy fékezést vezérli, hanem alapvetően a vezetés, az utazás fokozott biztonságát, az utazók kommunikációját, kényelmét szolgálja a gépkocsiban. A végcél a még sokszor szóba kerülő biztonságos autó megalkotása. Mi a biztonságos autó? Egy olyan gépjármű, amely minden helyzetben szavatolja a benne ülők biztonságát, és megelőzi, vagy meggátolja a gépkocsi vezetőjének téves döntéseiből, figyelem kieséséből adódó veszélyhelyzet létrejöttét.

A gépkocsi több mint 100 éves eddigi története az üzemeltetésről és a (passzív) biztonság javításáról szól. Az utóbbi évtizedben fogalmazódott meg az aktív biztonság megvalósításának koncepciója az autógyárak tervező irodáiban. Ez csak a mikroelektronika – benne a szenzorika – eredményeinek alkalmazásával vált lehetségessé (19. ábra ld. a színes mellékletben).

A 19. ábrán csupán vázoljuk a piros görbéhez tartozó eddig megvalósított (pl. ABS > blokkolásgátló, EDS, ASR > kisodródás gátló, stabilizátor, stb.) rendszereket. A jövőben vár megvalósításra a háttér és oldalfelismerő intelligens rendszerek, az ütközés gátló radar rendszer, a vezető reakcióidejét, éberségét figyelő, a GPS (helymeghatározó és útvonal meghatározó és ellenőrző), a közlekedési jelzéseket felismerő elektronika, a központi logisztikai és segítség nyújtó és segítség kérő rádiórendszer, stb. Mindezekhez újra kell gondolni a kocsik energiaellátását. Belátható, hogy a megnövekedett szolgáltatások és főleg a végrehajtó funkciók jelentős energiatöbblet igényét a mai 12 V-os rendszerrel ésszerűen nem lehet kielégíteni. Megvalósítás előtt áll a 42 V-os fedélzeti energia ellátó rendszer, amely a jelenlegi vezeték keresztmetszeten 15-szörös teljesítmény átvitelét tenné lehetővé. Mivel erre valószínűleg nem lesz szükség, kisebb átmérőjű és súlyú kábelkorbácsokkal is megoldható a feladat. Az indítómotor és a generátor egyetlen háromfázisú motor/generátorként a lendítőkerékbe kerül, elektronikus kommutátorral.

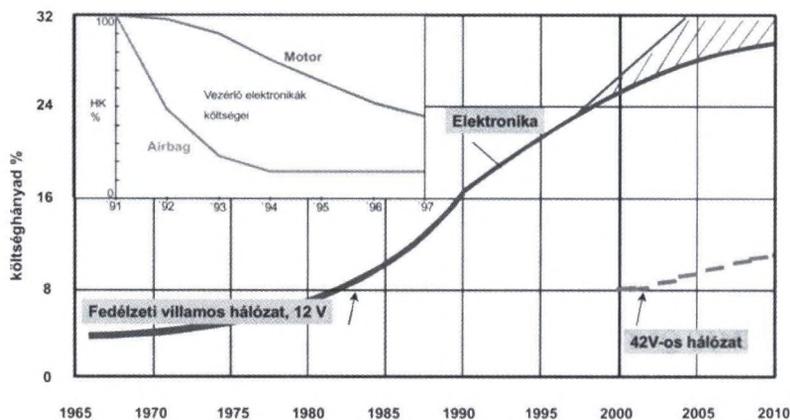
A jövő autójához kapcsolódó filozófiához idézünk a Magyar Elektronika c. folyóiratból: „A jövő autójában az utastérből szörfözhetünk az Interneten, vagy e-mailt küldhetünk. A szórakoztató és információs szolgáltatások sorát vehetjük igénybe, és a beszédfelismerő rendszerek alkalmazásával híreket olvastathatunk be magunknak, vagy küldhetünk el, beszéddel vezérelhetjük telefonhívásainkat és a kocsik egyes funkcióit. A kutatók biztosak abban, hogy ez a világ tovább fog bővülni olyan speciális szolgáltatásokkal, mint segélyszolgálat, utazási tanácsadás, és az utazás során fellelhető érdekességre, látványosságokra való figyelemfelkeltés a kiválasztott útvonal mentén.

A nem túl távoli (2010 utáni) jövő autójának nélkülözhetetlen része egy új interaktív szervizrendszer az ezt kiszolgáló elektronikus mérés technika a motortól az útviszonyokig és a helyzet meghatározásig valamint az útvonal, a követés módja, a sávváltás és ütközésvédelem. A fedélzeti elektronika információkat (szenzorinfo) vesz le, dolgoz fel és közvetít az olajsztint, olajhőmérséklet, optimális fordulatszám, a motorolaj elhasználódottságáról stb. Kialakul egy elektronikára alapozott ember – gép kapcsolat **és megszületik a biztonságos (balesetmentes) autó** .

Napjaink fedélzeti elektronikája – az elektronikus figyelő-érzékelő és felügyeleti modulok rendszere – a következő *feladat-csoportokat* irányítja:

- *a motor gazdaságos, környezetkímélő, optimális működésének szabályozása, felügyelete;*
- *a fedélzeti rendszerek* (pl. villamos hálózat, kábelrendszer, izzólámpák) figyelése, ellenőrzése és állapotuk kijelzése;
- *a vezetés biztonságának* növelése (külső hőmérséklet, csapadék figyelése, tükrök, fényszórók állítása, oldal és követési távolság megtartása, sebesség figyelése);
- *az utazás és (vezetés) komfortjának* biztosítása (pl. világítás bekapcsolása, szabályozása ülészek állítása, stb.);

- a kocsni menetstabilitásának, fékezhetőségének szabályozása, boruláságtlás, szélsőséges időjárási és útviszonyok közepette, tolatási távolság tartása;
- a rutinellenőrzések nagy részének átvétele az embertől, hibák, szerviz igény jelzése (pl. olajcsere, izzócsere, stb.);
- a tájékozódás, útjelzések felismerése, alkalmazása és helyzet meghatározás;
- a gépkocsi biztonsága és vagyonvédelme (riasztó, intelligens indítás gátló, ajtók ablakok zárása, ha nincs személy a kocsiban és az indítókulcsot lehúzták, stb.);
- informatika: kapcsolat az utak központi figyelőszolgálatával, automatikus vészjelzés és segélykérés adása, útinform szolgálat, Internet, mobiltelefon, -videó, stb.



20. ábra. A bal felső mezőben a motor és a légszák elektronikák költségcsökkenése. A nagy diagram egy másik prognózis az elektronizációra, valamint a fedélzeti tápellátás generációváltására.

Óvatos becslések szerint a gépjármű elektronikai részegységek világpiaça 2000. évben 20 milliárd \$-t tett ki és 2005-re 30 milliárd \$-ra növekszik, messze meghaladva az előző részben ismertetett gépkocsi eladási dinamikát. Itt a magyarázata annak, hogy a 2002-ben kezdődött gazdasági recesszió időszakában is prosperál az autóelektronikai részegység-piac (20. ábra).

A TEMIC korán felismerte a járműelektronizáció jelentőségét és mintegy 20 éve fejleszti, valamint gyártja a különböző gépjármű-elektronikai generációkat. Ezek közül mutatunk be néhányat, amelyet Magyarországon gyárt és fejlesztésükben a TEMIC Hungary mérnökei is aktívan részt vettek.

Szóljunk néhány szót a gyártmányokról:

3.2.1 A QLT olajszenzor

A gépkocsi motor kopásának, elhasználódásának egyik lényeges kritériuma a benne keringő olaj mindenkori kenőképessége. A ma is általános kilométer-futásteljesítmény szerinti olajcsere elsősorban az igénybevett (pl. nehéz terepen, rendszeresen közel 100% terheléssel közlekedő járművek esetén) túl kései lehet a nem kívánatos motorkopás szempontjából, az elhasználódott olaj miatt. Különösen igaz lehet ez a teherautóknál, kamionok esetében.

A TEMIC az anyavállalatával a Daimler-Chryslerrel egy világújdonságot fejlesztett ki, a QLT jelű olajszenzort. A szenzor a motor kenőolaj körében folyamatosan méri az olaj minő-

ségét (Q), szintjét ($L > level$), hőmérsékletét (T) egy kettős csőkonkondenzátor, termisztor és a hozzá kapcsolt elektronika segítségével. A mért hőmérséklet (T), kapacitás (C) és veszteségi tényező ($tg\delta$) változást egy megfelelően programozott processzor dolgozza fel. A kenőképesség vagy olajsint nem kívánatos csökkenése esetén jelzést ad az olajcserére, függetlenül a megtett kilométerek számától. A megoldás több szempontból takarékos: alulterhelt üzemi kocsinál a szokványos futásteljesítmény felett kell csak cserélni, a túlterhelt, vagy sok városi (üres) járatú motor esetén az előírt 15 000 km *előtt* célszerű a csere (21. ábra).



21. ábra. **TEMIC QLT** olajszenzor és vázlata: az a.) ábra baloldali része egy kettős koaxiális kondenzátor, amelyet a b.) ábra vázol fel. Az a.) ábrán a jobboldali részében helyezkedik el az elektronika és a csatlakozóalj.

A 21/b. ábrán az olajérzékelő szonda hosszszelvényi vázlatát mutatjuk be. Egy rozsdamentes acél csőben két másik kisebb átmérőjű fém henger alkot egy-egy koaxiális kondenzátort. Ezek közül a C_Q jelű ($Q = quality$) állandóan, teljes hosszában belemerül a (karter) olajba. A másik C_L jelű ($L = level$), pedig a maximális olajsint alatt, az olajfogyással arányosan, csökkenő mértékben van kitöltve olajjal. A C_Q kondenzátor villamos kapacitása az olaj szennyezettségével arányosan a növekvő dielektromos állandó (ϵ) hatására növekszik. A kondenzátor kapacitásváltozását egy mikroprocesszor figyeli és a mérési eredményeket, kiértékeli, illetve korrigálja, figyelembe véve a hőmérséklet és egyéb paraméterek (pl. $tg\delta$, szigetelési ellenállás változás) hatását. Egy előre meghatározott C_{Qmax} érték elérésekor a processzor jelzést ad az olajcserére.

A C_L kondenzátor kapacitása az olaj fogyásával arányosan csökken, mivel egyre nagyobb része kerül ki az olajsint alól. Itt az előbb említett paraméterek zavaró hatását ugyancsak a processzorba égetett mátrix és algoritmus segítségével korrigálja a rendszer. Egy bizonyos C_{Lmin} a megengedhető minimális olajsintet jellemzi és a fedélzeti rendszerjelzést ad a pótlásra.

A T_{olaj} egy termisztor, amely az *olaj hőmérsékletét* méri. Ez egyfelől a műszerfalon a megszokott módon kijelzésre kerül, másrészt a processzor a már említett korrekcióhoz használja ezt az információt. A működés itt leírt fizikai elvei egyszerűek, a megvalósítás számos mérés-technikai, megbízhatósági, kalibrációs stb. problémával terhes. Hadd emlékeztessünk arra, hogy az érzékelőnek 100 °C hőmérsékleti környezetben kell tartósan, megbízhatóan működnie és +140 °C-ig nem mehet tönkre. Mindezeket a **TEMIC** fejlesztő gárdája számos autógyár megelégedésére oldotta meg.

3.2.2 Az elektronikus kommutátor, az ECL

A mai átlagos alsó- középkategóriás gépkocsiban a villanymotorok száma megközelíti a tízet. A felső kategóriájúakban pedig számuk eléri a harmincat. Egyenáramú 12 V-os u.n. kefék (kommutátoros) motorokról van szó, amelyek a leggyakrabban ablaktörlést és mosást, ablakemelést, külső tükörállítást, és az utóbbi 15 évben a motor-radiátor hűtését is végézik. Működtetésükhöz 15–40–75 amper áram szükséges, eközben szikrázó keféik jelentős rádió-zavart, *elektro smogot* termelnek. Kommutátoruk a mechanikai (kefe) súrlódás és szikrázás folytán viszonylag rövid élettartamú és gyakori hibaforrás.

Több vezető autógyár megbízásából a **TEMIC** egy olyan elektronikus egységet fejlesztett ki, amely *háromfázisú*, rövidre zárt forgórészű motorok meghajtását teszi lehetővé a 12 V-os feldélteti hálózaton. Az első ECL típusaik a hűtőventillátor motorját hivatottak vezérelni.

Az ECL egység nagyteljesítményű félvezetőkkal állít elő villamosan egymáshoz képest fázisban 3 x 120°-ra eltolt váltakozó áramokat. Ezeket egy rövidre zárt forgórészű motor tekercseire kapcsolva *rádiózavarmentes*, jó hatásfokú meghajtás érhető el.

3.2.3 Az automatikus blokkolásgátló, ABS

A személygépkocsi ipar közel 20 éve épít a gépkocsik bizonyos kategóriába automatikus fékerő szabályozót. Kezdetben extra luxusszolgáltatás volt, napjainkban a középkategória bizonyos típusainál már szériatartozék. A prognózisok szerint a következő öt évben a piacra kerülő személygépkocsik több mint felében lesz ABS.

A **TEMIC** által fejlesztett és Magyarországon 2000-ben gyártásba került rendszer három fő részből áll:

- a keréktapadás/nyomaték/érezékelők,
- a processzor és elektronikus stabilizátor, valamint vezérlő,
- az elektromágneses-hidraulikus végrehajtó és státusfigyelő;

A gyártásba került ER 60 jelű ABS piacvezető, műszaki szolgáltatások és paraméterek tekintetében:

- rendelkezik a hagyományos blokkolásgátló szolgáltatással,
- kisodródás gátló elektronikus érzékelő és szabályzóval;
- elektronikus stabilizátorral,
- a rendszert felügyelő processzorral, érzékelőkkel és szoftverrel (ESP).

A rendszer szolgáltatásai az eddig közismert blokkolásgátlók csúszós úti fékezés biztonság-növelő hatásán túlmutatnak. Teljesen új a kanyarstabilizátor szolgáltatás, amely nemcsak éles, csúszós kanyarban, hanem előzéskor, kényszerű hirtelen irányváltoztatáskor segíti a vezetőt úrrá lenni a fellépő destabilizáló (pl. kisodró, u.n. Coriolis) erőhatásokon.

A számos szabadalommal védett egységet a 22. ábrán mutatjuk be amelyen jól felismerhetők az elektromágneses-hidraulikus kiegyenlítő hengerek. Előtérben az elektronika látható, amely igen nagy bonyolultságú és különleges minőségi-megbízhatósági követelményeknek kell eleget tennie (22. ábra ld. a színes mellékletben).

3.2.4 A kismotor család

A modern személygépkocsikban növekvő arányú elektronika adatainak feldolgozása után azok felhasználása alkalmazása a feladat: valamiféle vezérlés, vagy végrehajtás szükséges. Ma már kiskocsikban is motorok emelik/süllyeszti az oldalablakokat, állítják az oldaltüköröket, stb.

Közép- és csúcskategóriájú autókban ezeket a funkciókat felügyelő elektronika irányítja és pl. a véletlenül nyitva hagyott ablakokat a kocsi lezárása után néhány másodperccel automatikusan felhúztatja a szervomotorokkal.

Ugyanezen kategóriák üléseiben 6–8 motor gondoskodik az ülés optimális, egyéni – optimális ergonomiai beállításáról. Ez elsősre kizárólag luxusnak tűnik, de ha meggondoljuk hogy e autók (pl. menedzser) tulajdonosai naponta akár ezer kilométert megközelítő távolságokat autóznak pl. üzleti tárgyalásaik előtt vagy után, nem mindegy milyen fizikai koncentrációképesség birtokában teszik ezt különös tekintettel a baleset okozás veszélyére.

A **TEMIC Hungary** több, mint 20 alaptípusból és százat megközelítő alváltozatból álló kismotor családot gyár. A 2000. év jelentős változást hozott. Márciustól külön erre a célra épült gyárban kezdődött, illetve folytatódott a termelés.

A 23. ábra egy ülésállító motort mutat, amely a valóságban mintegy $\varnothing 65 \times 120$ mm méretű. Működése szinte zajtalan, felépítése igen robusztus, tömör.



23. ábra. Az ülésállító kismotor: évente sok millió darab kerül exportra.

4. Összefoglalás

„Az ember örök álma, hogy legyőzheti az időt és a távolságot, egy önmagától mozgó jármű, az autó megalkotásával valósult meg, amely nem függött sem állati, sem emberi, sem egyéb természeti erőtől.

Az első hintó formájú motoros jármű teljesítményét az évszázadokon keresztül használt erőforrás tiszteletére lóerőnek nevezték el. Ez az autó az első években két- három lóerő teljesítménnyel 15–20 km/órás sebességet ért el. Kézi munkával készült, iparművészeti remekműként is megállva a helyét. Szinte elérhetetlen ára ellenére, amely csak a leggazdagabbaknak engedte meg a birtoklását, mégis az első pillanattól kezdve egyre több ember vágyának középpontjába került.

Sikerességét, népszerűségét, óriási fejlődését fokozták a korai időszakában megrendezésre kerülő autóversenyek, így vált mára lassan az egyik legnépszerűbb, a tömegek számára elérhető közlekedési eszközzé.

Több mint egy évszázad telt el, Karl Benz 37435-ös számú szabadalmi leírásának beadása óta. A gyáros, Berlinben a császári szabadalmi hivatalban 1886. január 29-én egy gázüzemű motoros meghajtású kocsira kért és kapott szabadalmat. Ez az alkotás egy elektromechanikus vezérlés elvén működő jármű és a maga idejében technikai csúcs volt. Háromnegyed évszázadnak kellett eltelnie ahhoz, hogy az elektromechanikát az elektronika kezdje felváltani.

Magyarországon csak a múlt század utolsó évtizedében valósult meg személygépkocsik sorozatgyártása. A hazai ipar jelentős részegység beszállító volt az IKARUS és a LADA program keretei közt.

Fejezetünkben átfogó képet szeretnénk volna adni a magyar elektronikai ipar egyik szegmenséről, amelynek gyökerei negyed évszázadra nyúlnak vissza és a magyar mérnökök egykori eredményei is kitapinthatóan járultak hozzá a bemutatott sikerekhez, kezdve a REMITEL megalapításával.

A TEMIC Hungary története szorosan összefügg a nemzetközi gépjármű – személygépkocsiipar életével, fejlődésével, műszaki fejlesztési tendenciáival. Amikor a konszernről, vagy a magyar TEMIC-ről beszélünk nem lehet megkerülni ezen fejlesztési irányoknak, prognózisoknak – legalább vázlatos – bemutatását. Szeretnénk remélni, hogy ezek a kitérők segítik a vállalat eredményeinek helyes értékelését is az Olvasónál.

A gyártmányokban a legmodernebb mikroelektronika, a finommechanikai technológiák testesülnek meg.

Különleges anyagok, konstrukciós megoldások rejlenek a termékekben. Gondoljuk meg például, hogy a bemutatott olajszenzor kondenzátorai $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ -tól $+140\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű áramló olajba nyúlnak, és ebből a közegből kell korrekt ΔC ; Δt információkat adni a processzornak, amely közel hasonló szélsőséges hőmérsékleteken dolgozik. Egy másik példa: a kefése egyenáramú motor közel 150 éve ismert, egyszerű villamos szerkezet. Zajtalan (-40 db) működése viszont speciális csapágyazás, kommutátor-kefe konstrukció, precízen kiegyensúlyozott forgórész nélkül nem lehetséges.

Egyet kell érteni a t. Olvasóval, aki megtisztelte figyelmével ezt az írást, hogy a vállalat termékprofilja szerencsés választás: a gépkocsi elektronizációhoz kötődik, amelynek bizonyára közel évtizednyi felfutási ideje van. A szerencsén túl azonban elismerés illeti azokat a hazai és külföldi döntéshozókat, akik valószínűleg felismerve a műszaki fejlődés irányát egykor a gépjármű elektronikák fejlesztése mellett döntöttek vállalatuknál.

És még valami: a magyar Temic sikertörténet lényege: egy hazai vállalati kollektíva (és vezetés) az elért eredményeivel olyan döntési helyzetbe tudta hozni a konszernjének vezetését, hogy az Manila, vagy Mexikó helyett magyarországi profil bővítés mellett döntött.

5. Kitekintés

A magyar közélet sokat vitatott kérdése a multinacionális vállalatok hazai szerepének megítélése. A kérdést nem lehet a multinacionális bevásárló centrumok irányából közelítve vizsgálni.

Magyarország a rendszerváltás után elvesztette addigi piacait, eladósodott volt, nem létezett számottevő magyar állami vagy vállalkozói tőke és a világpiacon a magyar árúknak nem volt helyük. A mélyebb analízis nem ennek az áttekintésnek a tárgya, de talán nem volt érdektelen egy adott vállalat példáján bemutatni, hogy:

- megfelelő tőkeerő;
- versenyképest termékszerkezet;
- és innovatív technológiai háttér;
- jó világpiaci versenypozíció;
- megfelelő vállalati szakmai szervezet és működés;
- a magyar szakemberek kreativitása.

Magyarországról is képes jól kiszolgálni egy igényes európai vevőkört. Ennek a kultúrának a meghonosítása a **TEMIC Hungary**nél közel öt évet vett igénybe és bér munkák jelentették a kezdetet. A 90-es évek második fele hozta meg az elismerést, a dinamikus fejlődést és egy jó magyar szakember gárda kialakulását a cégnél. A vállalat példáján is látszik, hogy a stratégiai (ipari) tőke, amely nem szezonális termékekben gondolkodik, hosszútávra rendezkedik be és profitja jelentős részét visszaforgatja versenyképessége megőrzéséért.

A magyar ipari tőke – világpiacon szegmensei csekélyek lévén – a beszállítói szerepköre növelésében lehet érdekelt. A **TEMIC Hungary** magyar beszállítói köre jelentéktelen. Az okok sokrétűek: alapvető a kisvállalatok tőkeszegénysége, ehhez járul gyakran a termelési kultúrájuk kezdetlegessége, a technológia és a beszállítási fegyelem, gyakran az anyag minőség elégtelensége. A mai kisvállalkozások jelentős része anyagi okok miatt nem tud ISO tanúsítvány megszerzésére gondolni, ami adott nagyvállalat beszállítójaként alapkövetelmény.

E helyzet feloldása nem a hazai nagyvállalatok leckéje. A nagyok többsége üdvöznél a közeli beszerzés szállítási költségcsökkentő hatását és egyéb logisztikai előnyöket.

A **TEMIC Hungary** fejlődési dinamikája és a 2001-es eredményei alapján **bejutott a magyar nagyvállalatok 100-as klubjába**. Az időközben bekövetkezett újabb tulajdonosváltás (Continental AG. Hannover) sem okozott törést, sőt a fejlődés, kihasználva a gépkocsi elektronizációs trendeket, tovább erősödik.

A **TEMIC Hungary** története tehát sikertörténet, és a magyar elektronikai kultúra egy szegmensének – a részegységek gyártásnak – az újjászületése. Abban kell bízni, hogy ez a sikertörténet folytatódik és hazánkban még sok hasonló lesz feljegyezhető.

FÜGGELÉK

1. Források

- /1/ IpariMagazin2000/1 „A 8 fős vállalkozástól a 8 milliárdos ...” riport
- /2/ Magyar Elektronika 2000/3 „Újra a TEMIC – ben „ riport
- /3/ Auto Expert 1999 3 – 4 sz „Olajérzékelő világújdonság.” cikk
- /4/ Magyar Hírlap 1998.nov 16 pp.9 „ Mercedes alkatrészek Budapestről” rövidhír
- /5/ Világgazdaság 1998. nov 19 pp. 19 „ Autóelektronikai gyártócsarnokot.....”
- /6/ Napi Gazdaság 1998. nov .16 pp. 11 „ Új üzemcsarnokot.....”
- /7/ Ipari Magazin : 2000/2 pp.14 „ A TEMIC – QLT.....” szakcikk
- /8/ Pester Lloyd 2000. szept. 26 pp. 13 „ Neues Produkt” szerk.cikk
- /9/ Pester Lloyd 2000. szept 20 pp.30 „ Kontinuität.....” szerk cikk
- /10/ Temic Times No 2 pp.11 „ June 2000 : Five Temic Teams....” Riport
- /11/ DUIHK Német-Magyar Ip. Ker. Kamara 2000 okt „ Viertes Werk....”
- /12/ Magyar Elektronika 2000/9 „ A TEMIC ABS gyára” riport
- /13/ Pester Lloyd 2000 okt 4 „ TEMIC erfahrung.....” szerkesztőségi cikk
- /14/ Ipari Magazin 2000/3 pp 22 „ A TEMIC ECL....” szakcikk
- /15/ Temic Times Nr 3 pp 3 „ Temic Hungary feiert.....” riport
- /16/ Ipari Szemle 2000 szept „ ABS szabályozóegységek gyártása.....” szerk.cikk
- /17/ Magyar Elektronika 2000/12 Zentai Gábor: „A harmadik évezred autóelektronikája”
- /18/ Gazd.M. Sajtótitkárság: 2000.szept 20 „ Új ABS gyárat avat.....”
- /19/ Magyar Hírlap, 2000.nov. 29 „ Amitől egy autó.....” riport
- /20/ TEMIC Hungary pályázati előterjesztések és teljesítési jelentések 1996.....2001
- /21/ TEMIC referenciafilmmek forgatókönyvei
- /22/ Prezentációs és pályázati anyagok
- /23/ A 10 éves jubileum sajtóanyagai
- /24/ TEMIC Hungary: Termékismertető, jubileumi kiadvány
- /25/ Minőségi Díj pályázat 1999.
- /26/ REMIX archív anyagok, 1975...1990
- /27/ Autógyárak nyilvános prezentációi 1998 2001
- /28/ Vortrag TEMIC Führungskonferenz (Mai. 2000.)/29/ Daimler Chrysler: Faszination Forschung 1999 – /30/ DUIHK: Die Automobilindustrie in Ungarn 2. Aufl. 2000.
- /31/ TELEFUNKEN Bauelemente, Leistungshalbleiter, 1988
- /32/ TELEFUNKEN Autoelektronische Schaltungen, Handbuch 1989
- / 33/ SIEMENS Elektronische Schaltungen für Kraftfahrzeuge 1.Aufl. 1978
- /34/ Temic – BME adományozási szerződés 2001. jún.
- /35/ Tájékoztató fax a Gazdasági Minisztériumnak a TEMIC – BME szerződésről 2001.06.25.
- /36/ TEMIC Times Nr.3/október 2000 :Temic Hungary feiert Jubileum
- /37/ TEMIC Times *különszám*: Temic Hungary külön kiadás 11/ 2000

2. Adományozási szerződés (részletek)

amely létrejött egyrészt a **TEMIC Telefunken microelectronic Hungary Kft.** (1106 Budapest, Napmátka u. 6., adószáma 10259016-2-44), képviselő: Zentai Gábor az ügyvezetés elnöke, továbbiakban: **Adományozó**, másrészről az

Ipar a Korszerű Mérnökképzésért Alapítvány (1111 Budapest, Egry József u. 20–22., adószáma 19661809-1-43), képviselő: Dr. Hegyháti József a kuratórium elnöke, továbbiakban: **Alapítvány** között.

1. Az **Adományozó** a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Karán folyó oktatási és kutatási munka feltételeit a „**TEMIC Professzori Ösztöndíj**” továbbiakban **TEMPRO** és a „**TEMIC Hallgatói Ösztöndíj**” továbbiakban **HöTE** alapításával kívánja elősegíteni.
2. Az **Adományozó** részéről az ösztöndíjprogram anyagi támogatása 2001. július 1-től 2004. július 1-ig terjedő időtartamra szól és ennek mértéke az első évben az alábbi:

TEMPRO ösztöndíj: 2 fő, havi 120.000,- Ft, összesen: 2.880.000,- Ft

HöTE nappali tagozatos hallgatók részére ösztöndíj:

3 fő, havi 30.000,- Ft, összesen: 1.080.000,- Ft

doktorandusz hallgatók részére ösztöndíj:

2 fő, havi 50.000,- Ft, összesen: 1.200.000,- Ft

A fentieknek megfelelően a kétféle ösztöndíj teljes összege az első évben 5.160.000,- Ft. Az ösztöndíjak összegéről és a támogatott személyek számáról 2002 és 2003 években a szerződő felek minden év június 15-ig állapotodnak meg.

Megállapodás tartós adományozásról

A jelen megállapodás létrejött egyrészről a **TEMIC Hungary Kft** (1106 Budapest, Napmátka utca 6.), továbbiakban **TEMIC**, mint **Adományozó**, másrészről az „**Ipar a korszerű mérnökképzésért**” **Alapítvány** (IKMA, székhelye: H-1111 Budapest, Egry József u. 20-22.), mint **Megadományozott** között egy év időtartamra az alábbi feltételek szerint.

Célkitűzés

Adományozó céltámogatást nyújt a **Megadományozottnak** a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Karán (VIK) dolgozó oktatók kutatómunkájához Ösztöndíjprogram (TEMIC Professzori Ösztöndíj, röviden **TEMPRO**) formájában.

Adományozó továbbá céltámogatást nyújt a **Megadományozottnak** VIK hallgatóknak és doktoranduszoknak a **HöTE** ösztöndíjprogrammal.

1. Az alapítványi hozzájárulás

Adományozó jelen szerződés szerinti ösztöndíj program esedékes teljes évi anyagi forrását átutalja a **Megadományozottnak** a xxxxxxxx bank Rt. Bank..... (iii Budapest, Yyyyyy yy y.) aaaaaaaa-bbbbbbbb-00000000 sz. számlájára.

A befizetés ütemezése:

2001. augusztus 31-ig

4.600.000,- Ft , azaz Négymillió hatszáz ezer forintot

3.

GM

FAX:.....

Xxxxxx úrnak

Tájékoztatás.

1./Több évi eseti kapcsolat után 2001 június 22 – én a TEMIC Hungary ügyvezetésének elnöke (Zentai Gábor) valamint a BME Villamosmérnöki és Informatikai Kar Dékánja (Dr. Pap László) a BME Rektor (Dr. Detrekői Ákos) továbbá Dr. Hegyháti József alapítványi elnök jelenlétében **Együttműködési Megállapodást** írt alá a Műegyetemen

- szakember utánpótlásra,
- szakemberek továbbképzésére
- tanszéki konzultációs, K+F és laborfejlesztési programokra
- professzori ösztöndíj programra, valamint
- hallgatói ösztöndíj programra ,
- és a MAFC eseti támogatására

A szerződés 2001 – 2004 időszakra szól és a Temic első éves ösztöndíj – hozzájárulása

5.160.000,- Ft.

Ebből 2 professzor, 3 fő hallgató, 2 fő doktorandusz hallgató nyerhet ösztöndíjat pályázat útján. Pályázati eredmény hirdetés szeptemberben.

2./ A Temic Hungary tulajdonosváltását az illetékes Kartellhivatal jóváhagyta. A 60% -os többségi tulajdonos a hannoveri **Continental AG**. A Daimler megtarotta a tulajdon 40%-át de 4 év után a Continentalnak elővételi opciót adott. A Conti gépjármű és műszaki gumiárúiról ismert. Hozzá tartozik többek között a TEVES, a Semperit, a Barum, egy szlovák és orosz gumigyár. A Conti csoport éves forgalma meghaladja a 25 milliárd Márkát. A Temic megvásárlása 4 éve elkezdett futómű – elektronizációs stratégiai tervének része. A gumi árúk mellett a 90 – es évek közepétől a Conti komplett futómű rendszereket gyárt jelentős volumenben. A Temic Hungary ezekhez szállított be már eddig is ABS elektronikai blokkokat.

3./ A Temic Hungary **idén 34 milliárd Forint árbevételt** tervez. Ez a tavalyi duplája. Az első féléves SAP gazdasági adatok 15 milliárd Forint feletti árbevételt és 1,4 milliárd Ft eredményt regisztrálnak.

Budapest, 2001. június 25.

Szívélyes üdvözléssel:

gggggggg

4. A szerző megjegyzései

E tanulmány anyaga a TEMIC Hungary 10 éves jubileuma alkalmával az akkori ügyvezetés utasítására került összegyűjtésre, rendezésre és összeszerkesztésre. Egyes részei korábban, cikkekben, jubileumi kiadványokban referencia filmben riportokban kerültek közzétételre.

A kültéri és a konzern lap fotókat szerzői jog védi.

Jelen kiadvány szerkesztőinek felkérésére az anyagon a lényegét nem érintő átszerkesztés és aktualizáló kiegészítés történt, 2001. évvel bezárólag.

Különösen ügyeltem, hogy csak publikus – többnyire már közzétett – illetve cégbíróságilag nyilvános vállalati adatok szerepeljenek.

Nagyjelentőségűnek tartom a vállalat valamint a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem ösztöndíj megállapodását. Ennek megfelelően szerepeltetem az egykori dokumentumokat a függelékben.

Köszönetet mondok *Papp Károly* és *Verebes János* kollégámnak akik saját archívumukból bocsátottak rendelkezésemre egykorú, ipartörténeti értékű dokumentumokat.

Végül köszönettel tartozom Zentai Gábor igazgató úrnak, aki – részese lévén a tárgyalt időszaknak – vállalta az anyag lektorálását és hasznos észrevételekkel segített.

Göblös János

UTÓSZÓ

Mojzes Imre

Hogy részleteiben, vagy egyszerre olvasva a könyvet jutott el idáig a tisztelt Olvasó, nos ezt nem tudhatom. Akár úgy, akár így történt remélem, hogy sokszínű képet kapott azokról a tevékenységekről, amelyek folytak ezen a területen hazánkban. Remélem, hogy az itt bemutatott eredmények meggyőzték Önöket, hogy az eredményekre méltán büszkék azok, akik létrehozták azokat, s akik ma is aktívan részt vesznek a folyamatokban bíznak abban, hogy azok sikeres jövőt, üzleti és szakmai sikereket alapoznak meg.

Az az ipari termelés, amely ugyan kényszerhelyzetben született, mégis igen jelentős méretűvé vált, igényelve a kutatási „háttéripár” teljes vertikumát is. Termékei hozzájárultak mind hagyományos iparágak megújulásához, mind újak megalapozásához és – területenként – nemzetközileg is értékelhető eredmények eléréséhez.

Bízom, abban, hogy az Olvasó is kedvét lelte ebben a könyvben. Megszerkeszteni nagyon nagy öröm volt, mert a munka – amely a pénzügyi nehézségek miatt talán kicsit hosszúra nyúlt – során ismét találkoztunk azokkal a szakemberekkel, kollégáinkkal, akik a múltat alakították, fontos szerepet játszanak a jelenben, és kívánjuk, hogy minden esélyük meglegyen ahhoz, hogy ezt a jövőben is sikeresen folytassák.

Ezúton is szeretném megköszönni valamennyi közreműködő munkáját, akik kitartásukkal, munkájukkal, közreműködésükkel támogatták jelen kötet megjelenését. Köszönet illeti a szerzőket is, akik felkutatták a múlt emlékeit, rendszerezték azokat, értékelték a jelen folyamatait, esetenként kitekintve a jövőbe.

Budapest, 2004. május

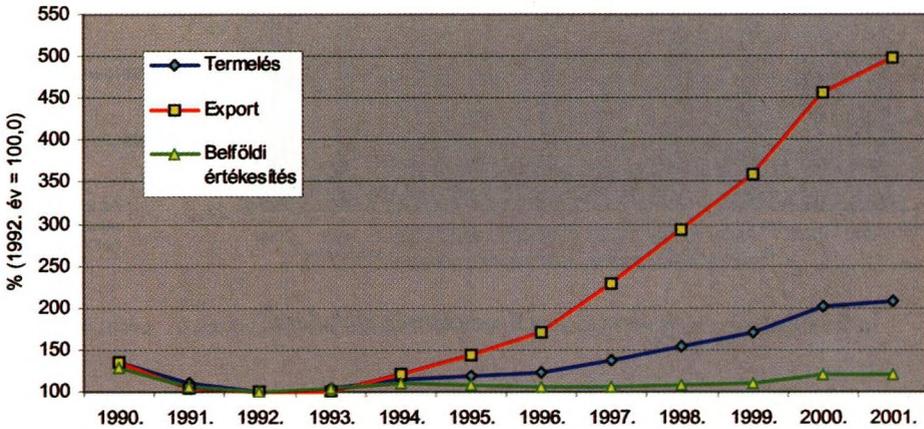
RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

ABS	Automatikus (fék) blokkolásgátló
ADS	Aktív defekt jelző felügyelő (motor, meghajtás, futómű)
ANB	Automatikus fedélzeti hálózat-felügyelet
ÁPV Rt.	Állami Privatizációs és Vagyonkezelő Rt.
ASR	Kipörgés gátló
ASS	Aktív szerviz rendszer felügyelő
ATKI	Anyagtudományi Kutató Intézet
BHG	Budapesti (korábban Beloiannis) Híradástechnikai Gyár
BM	Belügyminisztérium
BME	Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
BMF	Budapesti Műszaki Főiskola
BMF-KKF	Budapesti Műszaki Főiskola Kandó Kálmán Főiskola
BNV	Budapesti Nemzetközi Vásár
BRG	Budapesti Rádiótechnikai Gyár
DE	Debreceni Egyetem
EFTA	Európai Szabadkereskedelmi Társulás
EK	Európai Közösség
ESP	Borulás gátló stabilizátor
EWSD	a Siemens TPV központ márkanéve
FMV	Finommechanikai Vállalat
FVM	Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium
GE	General Electric
GM	Gazdasági Minisztérium
GPS	Globális hely(zet) meghatározó
HIKI	Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet
HirSzöv,	Híradástechnika Szövetkezet
HI-TE-LAP Rt.	nyomatott huzalozású lemezeket gyártó cég
HMI	gép – ember interfész (GPS, útvonal, info, szórakoztatás, stb.)
HP	Hewlett – Packard vezető mérés- és számítástechnikai cég, jelentős egyéb tevékenységgel, így orvostechnikával
HTRT	Híradástechnika Szövetkezet Rt.
HVG	Heti Világgazdaság
IBM	International Business Machines
ICOMAT	digitális IC-ket bemérő automata
IKIM	Ipari, Kereskedelmi és Idegenforgalmi Minisztérium

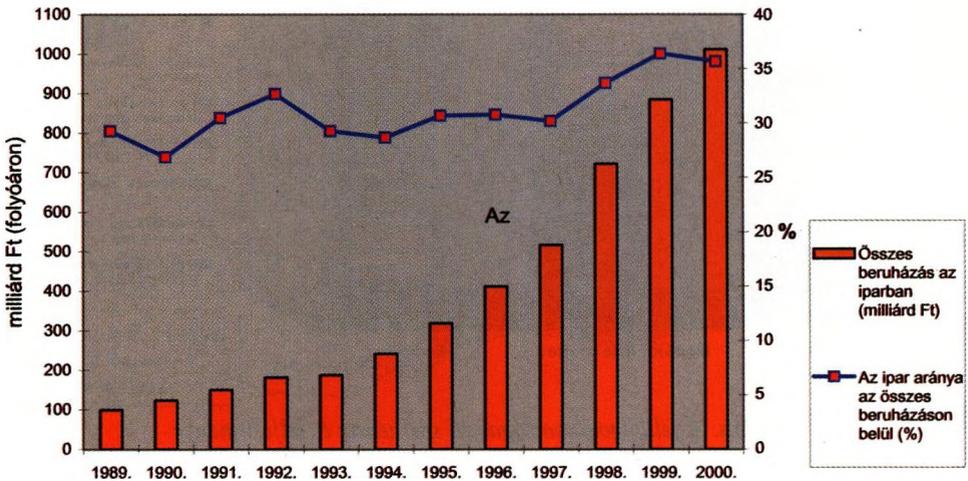
IKM	Ipari és Kereskedelmi Minisztérium
Interbip	bipoláris IC-t gyártó cég
Intermos Rt.	MOS IC-t gyártó cég
IpM	Ipari Minisztérium
IT	igazgatótanács
IXYS	kaliforniai teljesítmény félvezető eszközgyártó cég
JATE	József Attila Tudományegyetem
K+F	kutatás és fejlesztés
KFKI	Központi Fizikai Kutató Intézet
KGST	Kölcsönös Gazdasági Segítség Tanácsa
KHVM	Közlekedési, Hírközlési és Vízügyi Minisztérium
KKV	kis- és közepes vállalkozás
LDW	világítás-kiesés jelzőrendszer
MBFB	Magyar Fejlesztési és Beruházási Bank
MeH	Miniszterelnöki Hivatal
MELCOM	a MEV utódcége
MEV	Mikroelektronikai Vállalat
MFA	Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet
MFB (MBFB-ből lett)	Magyar Fejlesztési Bank
MIKI	Méréstechnikai Ipari Kutató Intézet
MKKE	Marx Károly Közgazdaságtudományi Egyetem
MKM	Magyar Kábel Művek
NAWA	cégnév
NGKM	Nemzetközi Gazdasági Kapcsolatok Minisztériuma
NKFP	Nemzeti Kutatási Fejlesztési Program
NT	Northern Telecom
NYÁK	nyomtatott áramkör
OMFB	Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság
OTKA	Országos Tudományos Kutatási Alapprogram
PJT	polgárjogi társaság
RMKI	Részecske- és Magfizikai Kutató Intézet
SZFKI	Szilárdtestfizikai Kutató Intézet
TEMIC	a REMIX utódcége
TKI	Távközlési Kutató Intézet
TPV	tárolt program vezérlésű (telefonközpont)
TSR	ráfutás gátló
TTK	Természet- és Társadalomtudományi Kar
VMIK	Villamosmérnöki és Informatika Kar
VPOP	Vám- és Pénzügyőrség Országos Parancsnoksága
VT	Videoton
XEROX	másolás- és irodatechnikai cég

SZÍNES MELLÉKLET

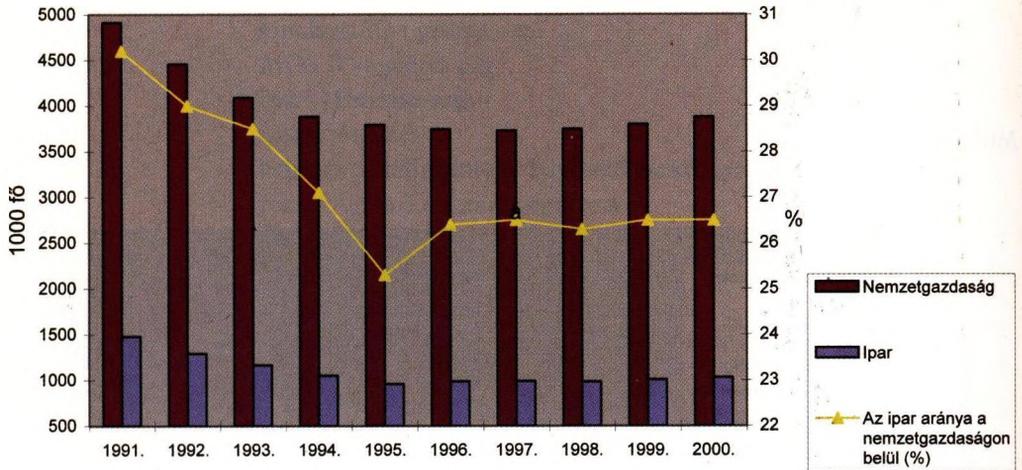
Molnár Sándor



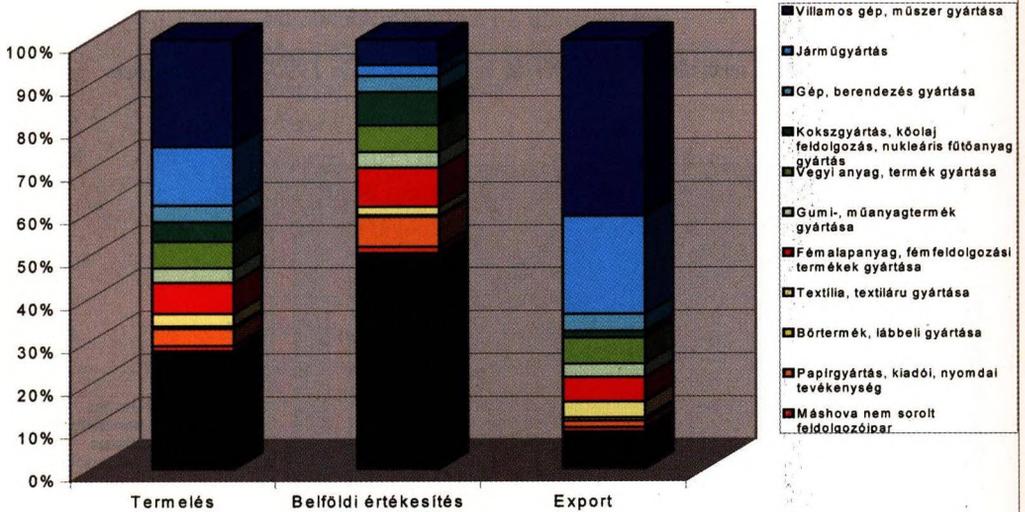
1. ábra. Az ipari termelés és az értékesítés volumenindexei 1990–2001. években



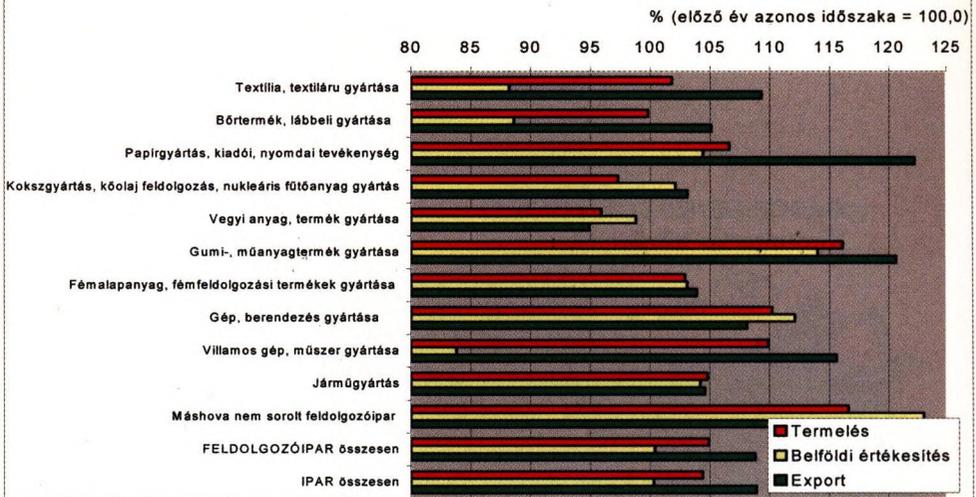
2. ábra. A beruházások alakulása az iparban



4. ábra. A foglalkoztatottság alakulása



5. ábra. A feldolgozóipar ágazati szerkezete és teljesítménye



6. ábra. A termelés, a belföldi értékesítés és az export az ipar teljesítményében



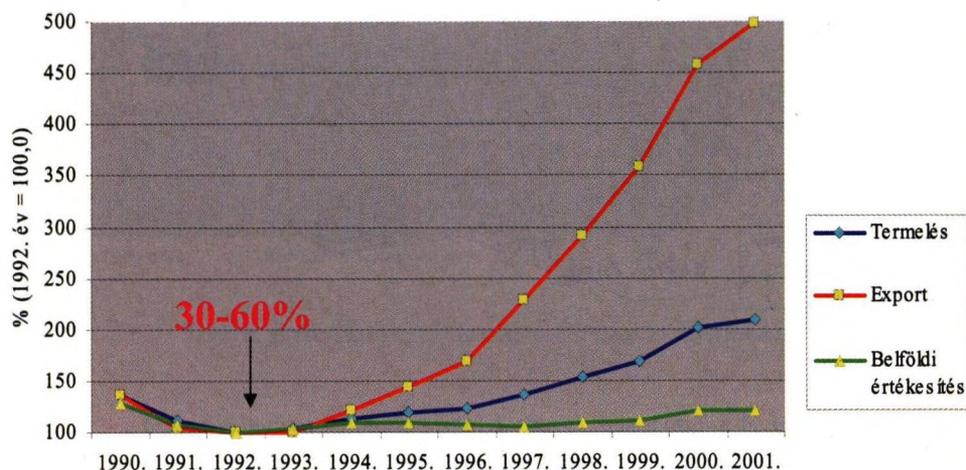
7. ábra. A villamos gép- és műszeripari vállalatok területi eloszlása

Kovács Magda

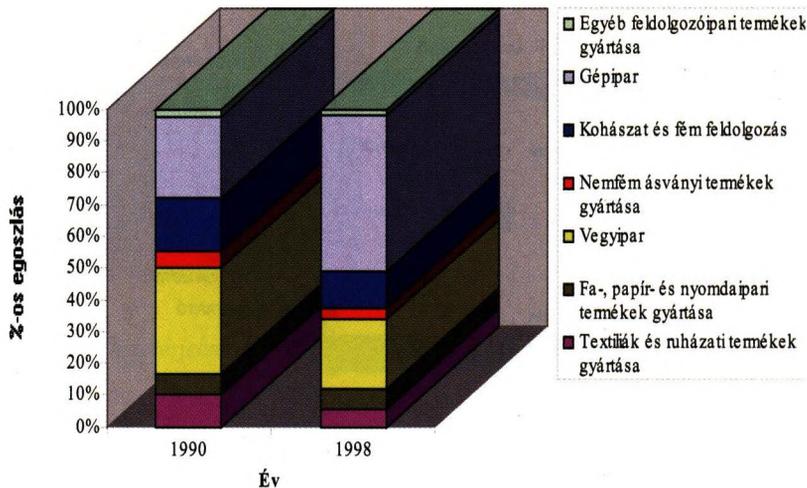
A GÁBOR DÉNES FŐISKOLA KONZULTÁCIÓS KÖZPONTJAI



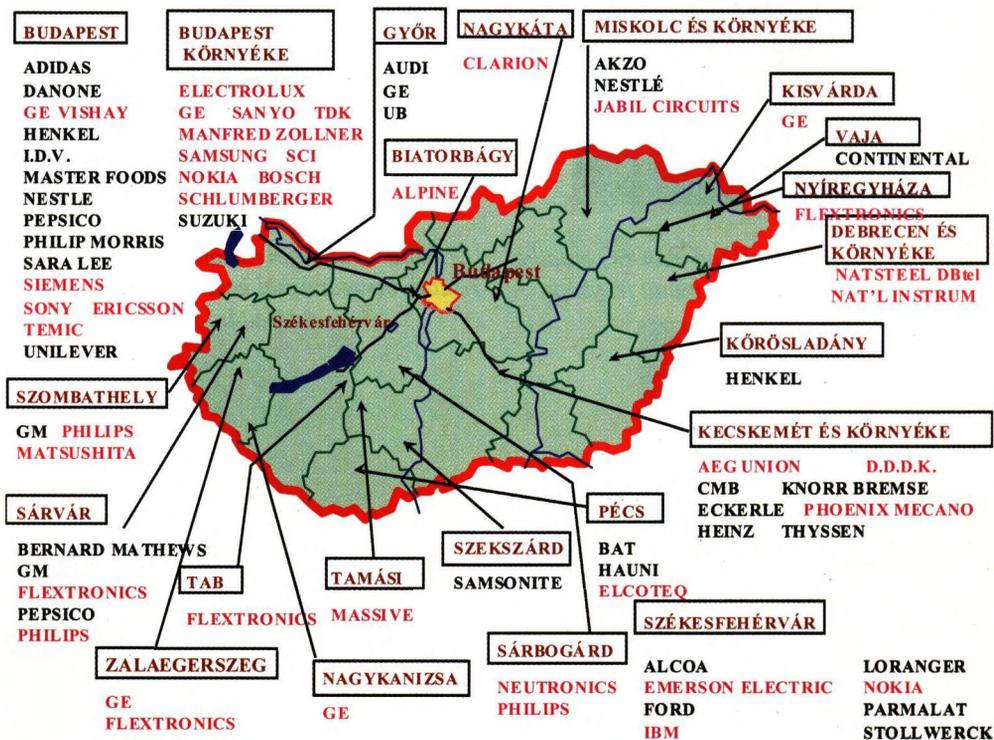
Sipos Mihály



1. ábra. Az ipari termelés és az értékesítés volumenindexei 1990–2001. években

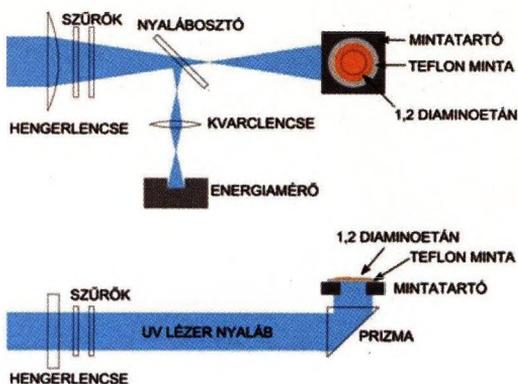


2. ábra. Feldolgozóipar ágazati szerkezetének alakulása



3. ábra. Külföldi tulajdonú vállalatok telephelyei

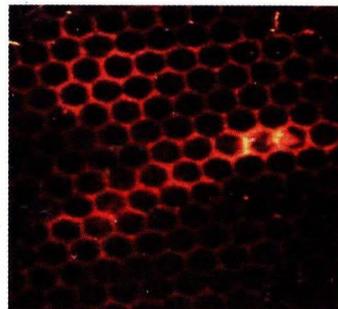
Erdélyi Miklós – Szörényi Tamás – Hopp Béla – Szabó Gábor – Bor Zsolt



15. ábra. Teflon fólia adhéziójának módosítására kidolgozott és megépített elrendezés felül- és oldalnézeti rajza

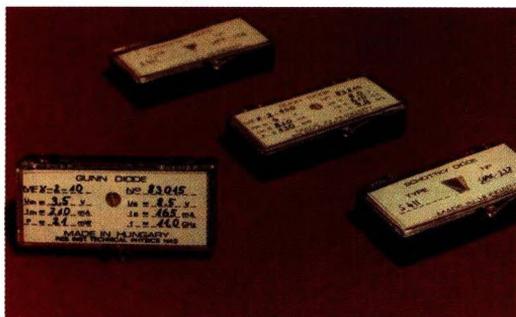


16. ábra. A kezelés után Rhodamin-6G etilalkoholos oldatával megfestett minta fényképe

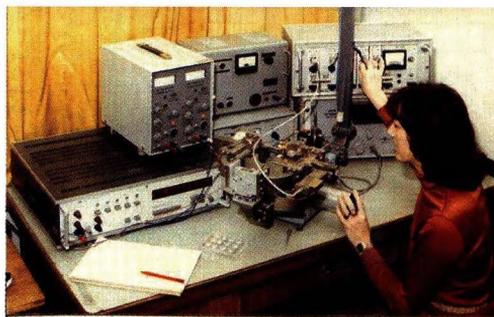


17. ábra. Hatszögös rácson, mint maszkon keresztüli besugárással kezelt PTFE fólia ezüstözés utáni képe

Mojzes Imre



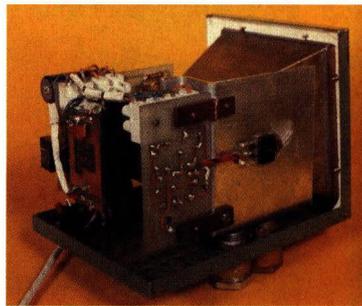
14. ábra. A K+F tevékenység végterméke a Gunn- és Schottky-dióda



15. ábra. Schottky-diódás zajmérő elrendezése



17. ábra. Beltéri betörésjelző készülék



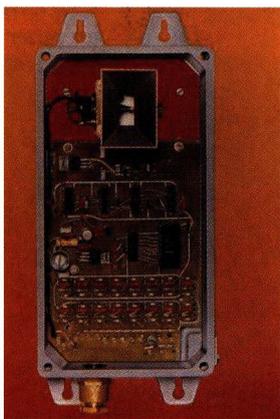
18. ábra. Betörésjelző készülék belső felépítése



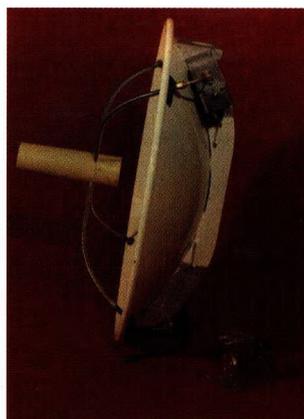
19. ábra. Saját fejlesztésű mikrohullámú modulok



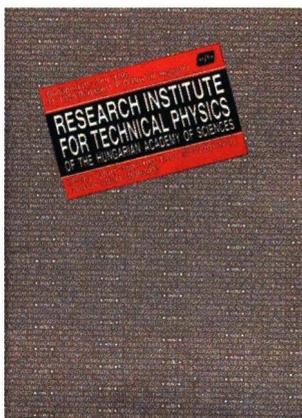
22. ábra. Úttest alá beépíthető járműérzékelő



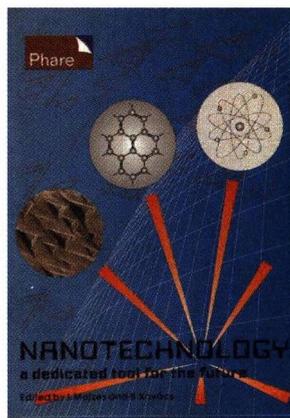
23. ábra. Bányászati célú járműérzékelő adó egysége



24. ábra. MK-1 típusú távolságmérő mikrohullámú szerelvény



29. ábra. Az MTA MFKI által forgalmazott mikrohullámú eszközök katalógusa

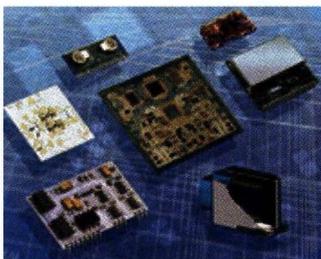


36. ábra. Nano konferencia kiadvány címlapja

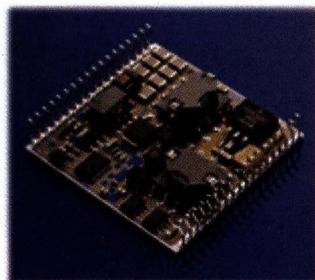
Harsányi Gábor



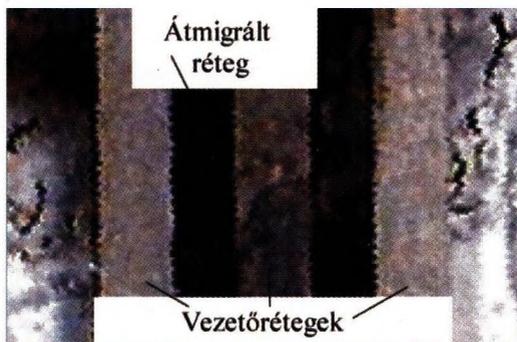
1. ábra. Kávéfőzőkben használt vastagréteg fűtőelem



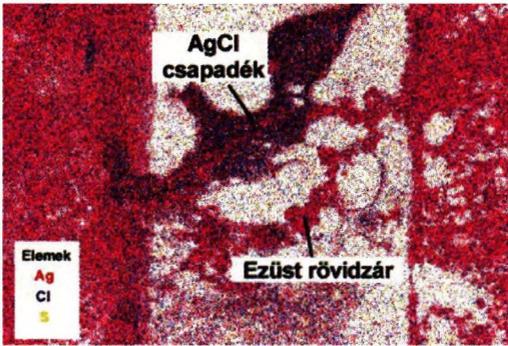
4. ábra. Tyco Electronics vastagréteg áramkörök



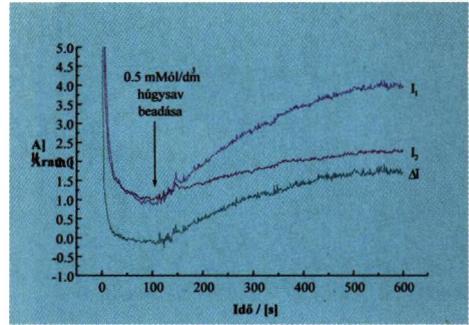
5. ábra. Tyco Electronics DC/DC konverter (5V, 3A kimenettel)



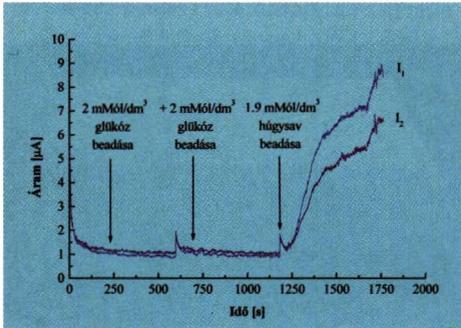
6. ábra. Rövidzárt mutató vezetőrétegek



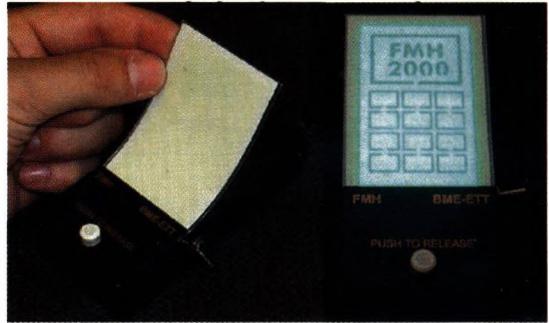
9. ábra. A 8. ábrán látható területről készített, színes elemeloszlási térkép (AgL_{ω} , ClK_{ω} , SK_{ω})



16. ábra. A bipotenciosztatikus mérési technikával mérhető változások szemléltetése alapoldathoz adott húgysav hatására



19. ábra. A glükóz hatása húgysavszenzor működésére – I_1 : enzimelektród árama, I_2 : polimer elektród árama



23. ábra. Vastagréteg technológiával flexibilis hordozóra készített elektrolumineszcens kijelző

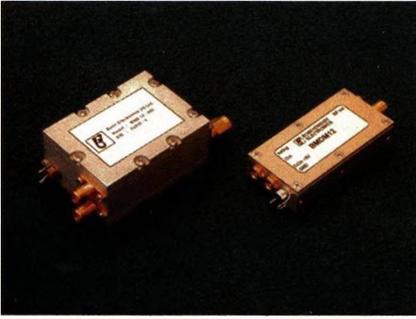
Kazi Károly



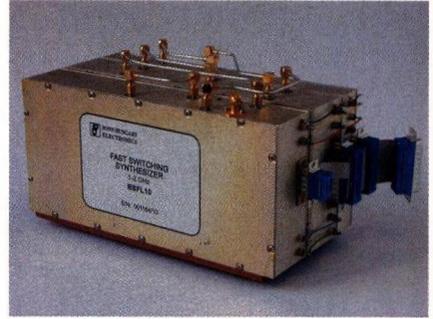
1. ábra. A kis sorozatú és kísérleti gyártás kézi szerelése (nagyobb sorozatok SMD beültető gépsoron, alvállalkozásban készülnek)



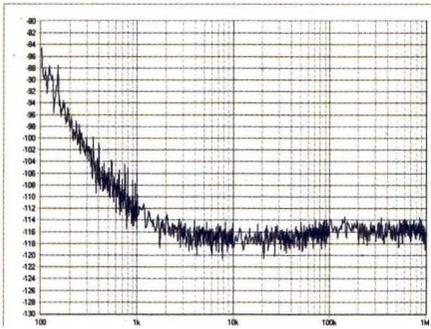
2. ábra. Pillanatkép a mikrohullámú mérőlaboratóriumról



3. ábra. Az első fontosabb gyártmány: a Semilab Rt. részére fejlesztett 10 GHz-es mérőfej egy 1992-es példánya (balról) és a jobb paraméterekkel rendelkező mai változat (jobbról)



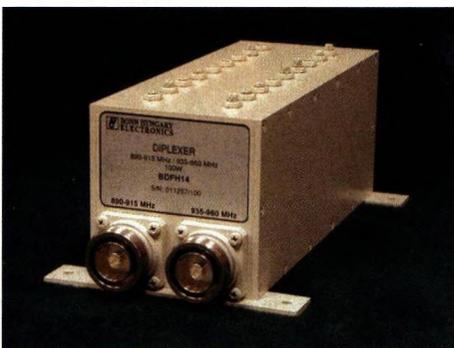
4. ábra. A gyorskapcsolású, 1–2 GHz-es szintézer



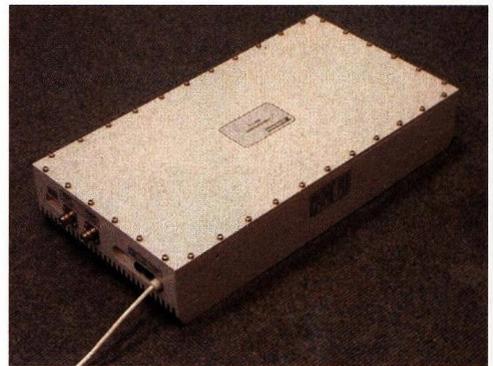
5. ábra. A gyorskapcsolású szintézer 0,7–1,3 GHz-es változatának tipikus fáziszaja



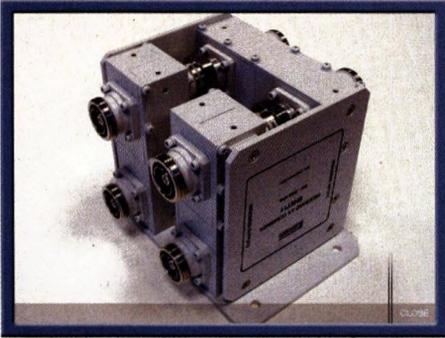
6. ábra. A kiszajú erősítők mellett másik irányvonal a nagy teljesítmény: integrált hűtőrendszerrel ellátott rack-kompatibilis 2 GHz-es, 40 W kimenő teljesítményű, folyamatos üzemű félvezető erősítő, amelynek a 200 W-os változata is elkészült



7. ábra. A 900 MHz-es GSM sáv adás-vélteli (uplink-downlink) irányát szétválasztó diplexer



8. ábra. A jelenlegi legnagyobb teljesítményű macrorepeater, amely optimális telepítés esetén egy egész falu téroró gondjait megoldja



9. ábra. A kompromisszumok nélküli megoldás: több mobil szolgáltató bázisállomásainak közös antennarendszerre történő csatornavesztés nélküli, kétirányú, veszteségmentes csatlakoztatására készült 4/4-es közösítő-szétosztó három sávos (900 / 1800 MHz / UMTS) változata



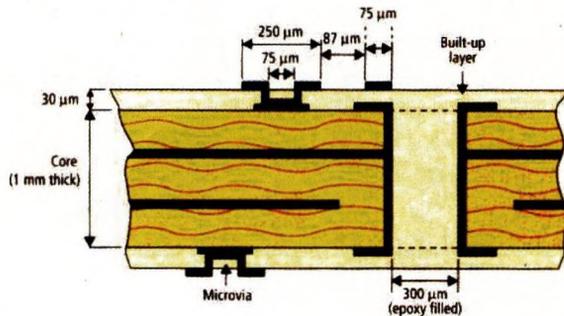
10. ábra. A cég termékkatalógusa és CD-je (a www.bonn-hungary.hu weblaphoz hasonlóan) nem tartalmazza a speciális, egyedi megrendelésekre kifejlesztett és gyártott termékeket

Bársony István



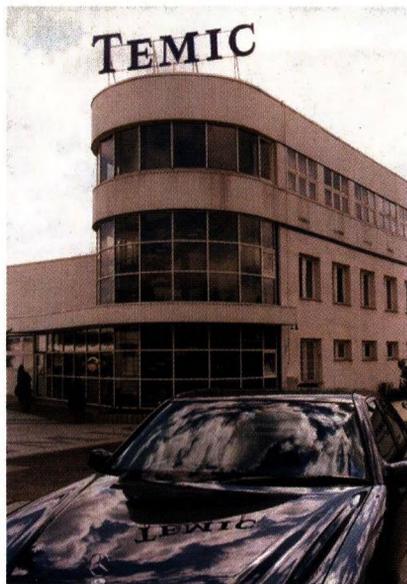
2. ábra. A mikrofűtőtestet alkotó egykristályos szilícium meanderek egy-egy Pt szállal kontaktálva >80 μm mély árok felett termikusan szigetelten működtethetők. A katalitikus égetéshez elengedhetetlen >450 °C hőmérséklet eléréséhez szükséges fűtőteljesítmény a 100 μm nagyságrendű eszközben így a minimális 20–25 mW-ra csökken

Illyefalvi-Vitéz Zsolt



2.3. ábra. Mikroviákat is tartalmazó nyomtatott huzalozású lemez

Göblös János



1. ábra. Ez a felvétel 2000 augusztusában készült a cég 10 éves jubileuma foto dokumentációja részeként. Az előtérben álló Mercedes autó motorházán tükröződő TEMIC felirat a konszern és az autóelektronika iránti elkötelezettséget szeretné szimbolizálni
(Fotó: Kende Tamás)



2. ábra. Ez, a vastagréteg hibrid áramkörös gyújtómodul, nemcsak a reménybeli LADA együttműködés, hanem a TELEFUNKEN - REMIX joint - venture megalapozója volt, az utóbbinál teljes sikerrel

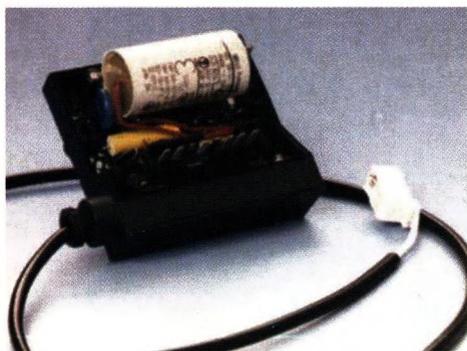


a.)

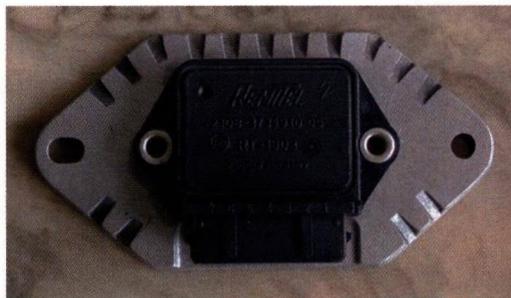


b.)

3. ábra. Bleederek az a.) ábrán és fókusz szabályozók a b.) fotón



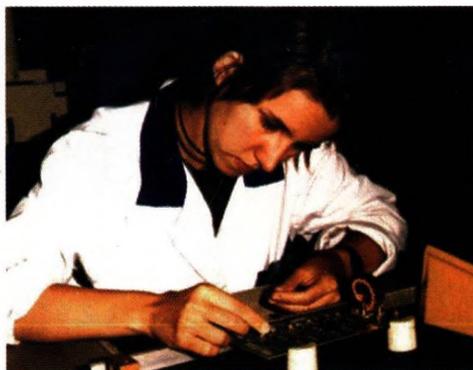
4. ábra. Szivattyú motor kapcsoló - szerelvény



5. ábra. A Remitel autógyújtó már VW kompatibilis műanyag tokba került



6. ábra. A TÜV oklevél és a minőségbiztosítási team balról jobbra: Arnóczy László, Soros Imre, Besztercei Ferenc, Papp Károly



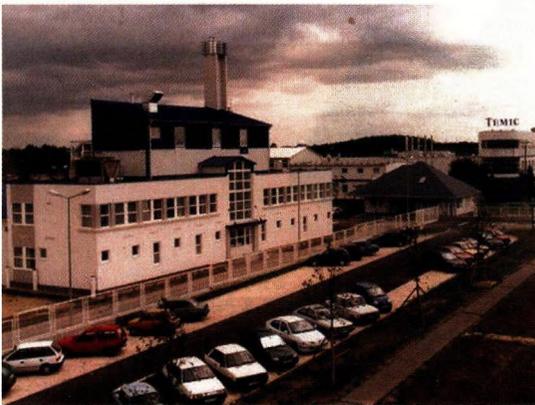
7. ábra. A Napmátka utcai új szerelde részlete: a kézi szerelés több mint 170 munkahelyet jelentett 1995-ben



Foto TEMIC Times Katja Mattl

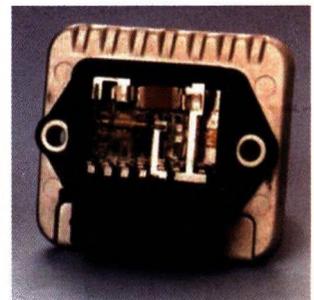
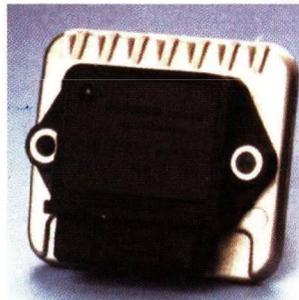
A szalag ünnepélyes átvágásával megnyitották az új ABS gyártócsarnokot (1. sor balról): Glattfelder Béla, a Gazdasági Minisztérium politikai államtitkára, Manfred Keuchel, a TEMIC Hungary ABS gyárigazgatója, Zentai Gábor, a TEMIC Hungary ügyvezetésének szóvivője, Horst Jürgens, a Continental TEVES konszern elektronikus fékrendszerek üzletágának beszerzési igazgatója, Klaus Schirmer, az ABS üzletág igazgatója, Wilfried Gruber, német nagykövet és Dieter Schulze, a TEMIC ügyvezetésének elnöke.

15. ábra. 2000. szeptember 15-i avatás főszereplői a TEMIC Times-ban

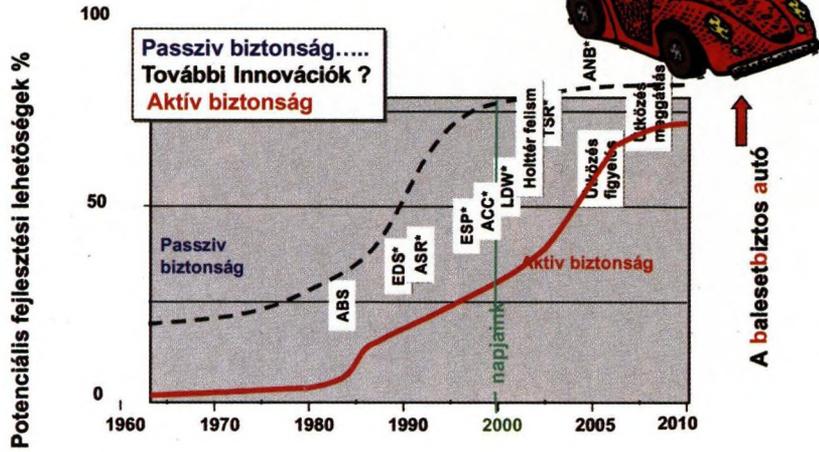


16. ábra. Az ABS gyár, háttérben az igazgatósági épület (Fotó: Kende Tamás)

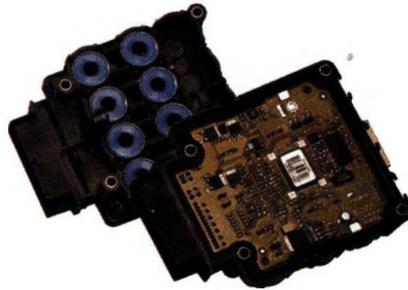
18. ábra. TEMIC - VW elektronikus gyújtó modul. Napjainkban is gyártják



Az utasok biztonsága >> fejlesztés



19. ábra. A mechanikai, gépészeti megoldások (szaggatott vonal) után az intelligens, elektronikus biztonsági rendszerek - az előzőekkel együtt valósítják majd meg a biztonságos(abb) autót (rövidítések részletes magyarázata a függelékben).



22. ábra. Az ABS: balra a végrehajtó egység elektromágnesei, amelyek a hidraulikákat vezérlik, jobbra a speciális processzor és az elektronika. Öt év múlva széria felszerelés lesz a személykocsikban.

„Ha szembeállítjuk egymással a múltat és a jelent, el fogjuk veszíteni a jövőt.”

Winston S. Churchill
(1874–1965)

