

BEÁGYAZOTT RENDSZER FEJLESZTÉSE TÖMEG-SPEKTROMETRIÁS MÉRÉSEK FELDOLGOZÁSÁRA

DEVELOPMENT OF AN EMBEDDED SYSTEM FOR PROCESSING MASS SPECTROMETRY MEASUREMENTS

Fekete Albert-Zsombor^{1,2}, Jakab-Farkas László³, Papp Sándor⁴

¹S.C. Tetronic S.R.L., 547530, Románia, Marosszentgyörgy, Wesselényi Erzsébet utca 6 szám; Tel. +40-766-649950, levelezési cím: zsombor.fekete@tetronic.ro

^{2,3,4}Sapientia – Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhelyi Kar, 540485, Románia, Marosvásárhely, Segesvári út 1C; Tel. +40-745-873844³, +40-745-698939⁴; levelezési cím: jflaci@ms.sapientia.ro³, spapp@ms.sapientia.ro⁴

Abstract

Wear-resistant thin film coatings such as Ti_xN_y and TiO_xN_y are produced for various industrial applications, obtained through reactive magnetron sputtering process. The key to a successful sputtering process is the adequate monitoring and control of the various interdependent factors, such as the partial pressures of the reactive gases, which influence directly the structure and composition of the thin film coating. Measuring and maintaining the partial pressures at a desired set point value have a positive effect on the performance of thin films coatings produced. The presented topics include the design of a data management unit that enables the control of a quadrupole mass analyzer used as a measuring device, and the development of a distributed system with optimized algorithms implemented in order to provide a safety system needed to operate the spectrometer correctly.

Keywords: quadrupole mass spectrometer, embedded system, Ethernet, distributed safety system

Összefoglalás

A reaktív egyenáramú magnetronos plazmaporlasztási eljárással előállított titán-nitrid és titán-oxinitrid kopásálló vékonyréteg-bevonatokat számos ipari alkalmazásban hasznosítják. A sikeres porlasztási folyamat kulcsa a különböző egymástól függő rendszerparaméterek megfelelő mérése és szabályozása, mint például a reaktív gázok parciális nyomásai, amelyek közvetlenül befolyásolják a vékonyréteg-bevonat szerkezetét és összetételét. A reaktív gázok parciális nyomásainak szabályozása pozitív hatással van az előállított rétegszerkezetre. A cikkben bemutatott témakörök tartalmazzák a központi adatfeldolgozó egység tervezésének ismertetését, melynek segítségével lehetőség nyílik a mérőberendezésként használt kvadrupól típusú tömegspektrométer működtetésére, valamint egy optimalizált algoritmusokat tartalmazó osztott rendszer kialakítására, amelyek együttesen a tömegspektrométer helyes működtetéséhez szükséges védelmi rendszert alkotják.

Kulcsszavak: kvadrupól tömegspektrométer, beágyazott rendszer, Ethernet, osztott védelmi rendszer

1. Bevezető

A reaktív egyenáramú magnetronos plazmaporlasztási eljárás az egyik legelterjedtebb módja a titán-nitrid és titán-

oxinitrid kopásálló vékonyréteg-bevonatok előállításának. Összetettségének okán a porlasztási folyamat rendkívül instabil, így a különböző egymástól függő rendszerparaméterek megfelelő mérése és

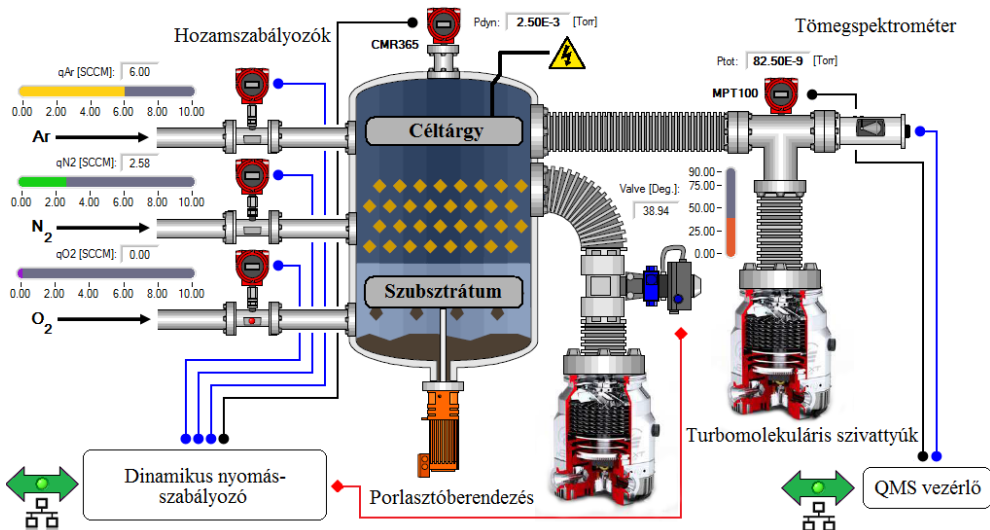
szabályozása elengedhetetlen. Alapfeltétel tehát egy irányítható környezet biztosítása, melyben lehetőség nyílik beavatkozni a rendszerparaméterekbe, mint például a rétegnövekedési sebességbe, a porlasztási teljesítménybe vagy a gáznyomásokba [1].

A kutatás jelen szakaszában a kitűzött cél a konstans rétegszerkezet elérése. A növesztett vékonyréteg szerkezetét és összetételét elsősorban a porlasztás során használt reaktív oxigén és nitrogén gázatomok folyamatban részt vevő mennyisége határozza meg [1]. Ez a mennyiség közvetlenül tükröződik a gázok által létrehozott parciális nyomásban. Mivel egymástól függő paraméterekről beszélünk, bármelyik változása hatással van az összes többire, így megfelelő beavatkozás hiányában a célként kitűzött konstans rétegszerkezet nem érhető el. A probléma kiküszöbölésére a javasolt megoldás a

használt reaktív gázok parciális nyomásainak szabályozása. A kívánt szabályozási struktúra implementálása számos részfeladatból tevődik össze, mint például a parciális nyomások folyamat közbeni mérésére tervezett és épített mérőrendszer megvalósítása, a szabályozási algoritmus futtatására alkalmas beágyazott rendszer kialakítása, valamint a gázhozamra beavatkozó egység megfelelő vezérlése.

2. Mérőrendszer

Ahogy a **1. ábrán** is megfigyelhetjük, a mérőrendszer már önmagában egy komplex autonóm berendezés, amely számos saját fejlesztésű vezérlőegységből épül fel. Központi eleme a QM210-es Leybold–Heraeus kvadрупól típusú tömegspektrométer.



1. ábra. Kísérleti rendszer: porlasztóberendezés és a parciális nyomások mérésére alkalmas mérőberendezés elvi tömbvázlata

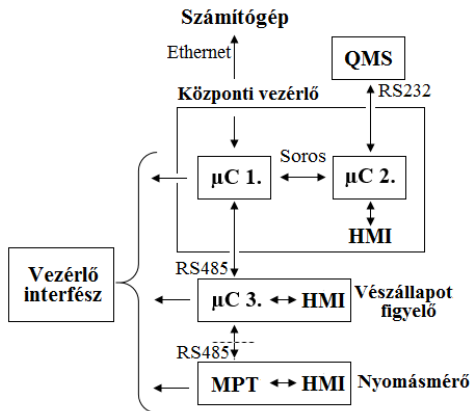
A kvadрупól típusú tömegspektrométer (angol nyelvű rövidítése QMS) leginkább a relatív egyszerű felépítésének, valamint gyors válaszidejének köszönhetően

alkalmazható a kívánt szabályozási feladatok megvalósításában. Szerkezeti felépítés szempontjából három nagy egységből tevődik össze: ionforrás,

kvadrupól szűrő és a detektor. A kvadrupól négy fémrúdja egyen- és váltófeszültséggel megfelelően polarizálva egy sávszűrőt képez [2]. Helyes vezérlés esetében a szűrő áteresztő ablaka annyira kicsi, hogy a kvadrupólt csak a kívánt tömeg/töltéssel rendelkező ionok hagyják el, és érik el a detektort. A becsapódott ionok ionáramot hoznak létre, amelynek nagysága megfelelő erősítés és skálázás után megegyezik a vizsgált gázatomok által létrehozott parciális nyomással. Az analizátor tehát elektromos tér segítségével szétválasztja az ionnyalábot képező ionokat tömeg/töltésük függvényében [2].

A mérőberendezés villamos panelén elhelyezett beavatkozók és vezérlőegységek elsősorban a vákuumrendszer felépítésében részt vevő egyes elemek működéséhez szükséges feltételeket hivatottak biztosítani és ellenőrizni. Ilyen feltétel például a dinamikus nyomás, a hűtővíz hőmérséklete és hozama, feszültség szintek, valamint a rendszerállapotok.

A megvalósított berendezés elemei közötti kapcsolatot az alábbi ábrán lévő elvi tömbrajz szemlélteti.



2. ábra. Mérőberendezés felépítésében részt vevő saját fejlesztésű beágyazott rendszerek tömbrajza

A vezérlő interfész az egyedüli áramkör, amely a megbízható működés érdekében

nem tartalmaz szoftver alapú logikát. Alapvető feladata adott protokoll szerint működtetni a vákuumrendszert, valamint lehetőséget biztosítani a különböző adatgyűjtő és vezérlő áramkörök számára beavatkozni a folyamatba. Végso fokon egy hibrid osztott rendszerről beszélünk, melyben minden alrendszer jól elkülöníthető feladatokat lát el.

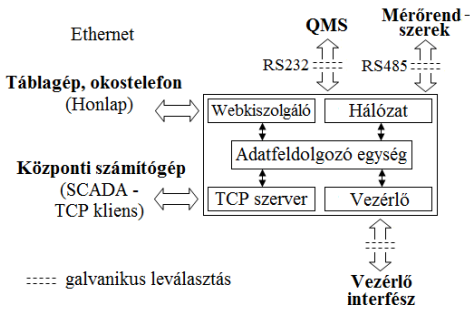
Mivel három mikrovezérlőre alapozott beágyazott rendszer található a berendezésben, fontos kérdés a megbízhatóság, főleg ami a magas prioritású hibák (nem megfelelő hűtési paraméterek, túl magas dinamikus nyomás) ellenőrzését megvalósító programrészt illeti. Ez különösen a vészállapot-figyelő áramkörre érvényes, amely rendszerhiba esetén engedélyezi a leállítási protokollt.

Mivel egy adott hibalehetőséget csupán egy logikai egység követ, ezért a megfigyelés szempontjából nem beszélhetünk redundáns rendszerről, de megfigyelhető, hogy a kommunikációs kapcsolatban lévő beágyazott rendszerek mind hozzáférnek a vezérlő interfészhez, és ezáltal le tudják állítani a vákuumrendszert. Ez azért fontos, mert a kiépített magasabb szintű protokoll tartalmaz egy olyan részt, amely lehetővé teszi a kritikus adatok megosztását a hálózaton. Helyes működés esetén az egységek ciklikusan küldenek egymásnak állapotjelentéseket, és ezáltal mindhárom beágyazott rendszer felhasználhatja őket. Ha adott időn belül nem érzékel meg bármelyik mikrovezérlőhöz a megfelelő csomag, automatikusan engedélyezi a berendezés leállítását. A biztonság növelése érdekében, ha a kapott csomag tartalmaz egy hibaállapotot, akkor az adott logikai egység is kezdeményezi a leállítást. Ezzel az eljárással az egyes beágyazott rendszerekhez rendelt végrehajtó elemek esetleges meghibásodását kívánjuk áthidalni. A cél tehát egy olyan biztonsági háló kiépítése, amely a felépítésében részt

vevő logikai elemek meghibásodása esetén is képes megvédeni a vákuumrendszert.

Természetesen az adott parancs helyes végrehajtásának ellenőrzése közvetlen (feszültségszintek, állapotjelzők) és közvetett (dinamikus nyomás, vízhozam, hőmérsékletértékek) módon is meg van valósítva.

A hibaállapotok tárolása már redundáns, hiszen mindig két mikrovezérlő Flash típusú memóriájába íródnak, ahonnan a felhasználó számítógép segítségével Ethernet hálózaton keresztül kiolvashatja. A folyamat során a hibák automatikusan törlődnek a memóriából, és időbélyeggel ellátva tárolódnak a személyi számítógép háttértárolóján.



3. ábra. Központi vezérlő adatfeldolgozó egységének elvi tömbrajza

A redundáns hibatárolási és állapotfigyelési funkciók mellett a saját fejlesztésű központi vezérlő alapvető feladata vezérelni a kvadrupól tömegspektrométert, valamint feldolgozni és továbbítani az általa szolgáltatott mérési adatokat Ethernet alapú hálózaton. Az osztott rendszer DSP típusú mikrovezérlője az analízator működtetését valósítja meg, kamatoztatva a mikrovezérlő perifériás moduljainak előnyeit. Az adateserét úgy a DSP, mint a 32 bites architektúrájú kommunikációs mikrovezérlőben felkonfigurált DMA csatornák segítik.

A 3. ábrán megfigyelhető, hogy az adatfeldolgozó egység átjárhatóságot biztosít a rendszer saját hálózata, valamint a

külső Ethernet alapú hálózat között. A magas szintű biztonsági szolgáltatásaiért elismert ipari kommunikációs rendszerekkel szemben az Ethernet típusú hálózat a bemutatott alkalmazásban számos előnyt mutatott. Egy saját alkalmazásba beágyazható Unigate ProfiBus V3743-as modul, adott felhasználói csomagszerkezet mellett mindössze 24kbps adatátviteli sebességet volt képes biztosítani, a bemutatott mikrovezérlős rendszer 1Mbps-os sebességével szemben. Ugyanakkor elmondható, hogy a saját fejlesztésű ethernetes adatátviteli többszintes programkódja nyílt forrású, ellentétben egyes megvásárolható szabványosított ipari modulokéval.

Ethernet alapú hálózatra való csatlakozás lehetőséget nyújt egy egységesített kommunikációs közeg megvalósítására, valamint a beágyazott rendszer lehetővé teszi számos adatesetorna egy időben történő használatát beágyazott TCP szerverek és webkiszolgáló révén.

3. Következtetések

Az alkalmazott redundanciáknak, a kialakított belső hálózatnak, valamint az így kapott osztott védelmi rendszernek köszönhetően biztosítani lehet a parciális nyomások mérésére javasolt komplex és sajátos kialakítású mérőberendezés biztonságos körülmények között történő automata üzemeltetését.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Bíró, D.: *Straturi subțiri nanostructurate*. Editura Universității Petru Maior, Tîrgu-Mureș, România, 2004

[2] Henschman, M., Steel, C.: *Design and Operation of a Portable Quadrupole Mass Spectrometer for the Undergraduate Curriculum*. Journal of Chemical Education, vol. 75 No. 8, August 1998, 1042–1054

[3] *** TCP/IP programcsalád leírása: *Microchip TCP/IP Stack Help* (verzió: 5.42.08 - 2013)