

## Zárójelentés a 72960-as számú OTKA pályázathoz

2008. április 1-től 2011. március 31-ig terjedő időszakra.

Az elért eredmények rövid ismertetése:

A 2008-as év folyamán sikerült megvalósítani az STM mikroszkópon tervezett műszaki fejlesztések jelentős részét. Ez magában foglalja a scanner stabilizálását, a mikroszkóp fej elektromos árnyékolását, valamint az elektronika analógról digitális jelfeldolgozásra történő átalakítását, és az ehhez szükséges szoftver létrehozását LabView fejlesztői környezetben. Sikerült továbbá olyan bővítéseket létrehozni a mikroszkóp vezérlő elektronikáján, amely speciális letapogatási módokat tesz lehetővé (munkaterv B3 tevékenység). Ezek végrehajtására a németországi Max Planck Institut für Quantenoptik (MPQ) intézményben került sor, mivel a mikroszkópot 2009 márciusában szállítottuk át a budapesti Szilárdtestfizikai Kutató Intézetbe (munkaterv B1 tevékenység). A mikroszkóp segítségével számos kísérletet hajtottam végre, többek között: differenciális áram/előfeszültség-függés karakterisztika arany felületen wolfram és arany tű segítségével, topográfiai, plazmon és termikus képek egyidejű felvétele lézer gerjesztés mellett, valamint az alagút átmenet lézer teljesítmény függésének mérése.

A mérések rámutattak arra, hogy az arany vékonyréteg felületén a felületi plazmonok lokalizálódhatnak. A lokális elektromos térerősség az egymáshoz mindössze néhány nanométernyi távolságra lévő felületi struktúrák között (pl. a szemcsehatárokon) megnő, és nagysága esetenként túllépheti az STM tű statikus elektromos terét. Az optikai tér az alagút átmenet nemlinearitása következtében egyenirányítódik, így a keletkező egyenáramú komponens hatására az áramirány megfordul, és negatív értéket vesz fel a plazmon tér jelenlétében. A jelenséget megvizsgáltuk a lézer-impulzusenergia függvényében is, melynek során fény derült arra, hogy az eredő alagútáram erősen nemlineáris függést mutat. Az első eredményeket 2009 januárjában a Physics of Quantum Electronics (PQE) konferencián meghívott előadás formájában adtam közre (Snowbird, USA), majd kibővített formában a Photon 10 konferencián 2010-ben (Southampton, Anglia). Az eredmények teljes, átfogó kiértékelést követően a Physical Review B folyóiratnál kerültek közzé 2011-ben.

Sikerült továbbá a lézer impulzusforráson is végrehajtani azon tervezett fejlesztéseket, amelyek kulcsfontosságúak a munkaterv „A” tevékenységben előírt tervek teljesítéséhez. Ennek során optimalizáltuk a hosszú rezonátoros Titán-zafir oszcillátor rezonátorának diszperzióját speciális dielektrikum-tükrök segítségével, valamint megnöveltük az impulzusfolyam időbeli stabilitását. Az eredményeket az Optics Express folyóiratban tettük közzé.

2009 április 1-jétől kérelmeztem a projekt felfüggesztését, mivel lehetőségem nyílt egy külföldi kutatási projektben való részvételre. A kísérletek során kiképeztem egy doktorandusz hallgatót a mikroszkóp kezelésére, aki a távollétemben folytatta a tervezett mérések végrehajtását illetve a mikroszkóp továbbfejlesztését. E fejlesztés keretén belül a 2010-es évben az Intézet megvásárolt egy pikoszekundumos félvezető lézert, amelynek impulzusait a munkaterv „B” tevékenységének megfelelően sikerült becsatolni a mikroszkópba, és ily módon felületi plazmonokat előállítani.

A kutatásokat 2011. március 31-ével le kellett zárnom, mivel elfogadtam egy alternatív álláslehetőséget. Ezzel egyidejűleg megszűnt a kutatói állásom a Szilárdtestfizikai és Optikai Kutató Intézetben. Tekintettel arra, hogy a projektben más kutató nem vett részt, illetve a vezető kutatói státuszomat nem ruházhattam át más személyre, távozásom maga után vonta a projekt idő előtti lezárásának szükségességét.

#### Publikációk (2008-2011)

- 1., M. Lenner, P. Dombi, P. Rácz, N. Kroó, „Nonlinear STM Plasmonics”, invited talk, Physics of Quantum Electronics, Snowbird, USA (4-8 January 2009).
- 2., P. Dombi, P. Rácz, M. Lenner, V. Pervak, F. Krausz, „Dispersion management in femtosecond laser oscillators with highly dispersive mirrors”, *Opt. Expr.* **17** 20598 (2009).
- 3., M. Lenner, A. Kaplan, Ch. Huchon, R. E. Palmer, „Ultrafast laser ablation of graphite”, *Phys. Rev. B* **79** 184105 (2009).
- 4., P. Dombi, S.E. Irvine, P. Rácz, M. Lenner, N. Kroó, G. Farkas, A. Mitrofanov, A. Baltuska, T. Fuji, F. Krausz, A. Y. Elezzabi, „Observation of few-cycle, strong-field phenomena in surface plasmon fields”, *Opt. Expr.* **18** 24206 (2010).
- 5., M. Lenner, P. Dombi, P. Rácz, N. Kroó, „Nonlinear STM plasmonics”, Photon 10, Southampton, UK (23-26 August 2010).
- 6., P. Rácz, S.E. Irvine, M. Lenner, A. Mitrofanov, A. Baltuska, A.Y. Elezzabi, P. Dombi, „Strong-field plasmonic electron acceleration with few-cycle, phase-stabilized laser pulses”, *Appl. Phys. Lett.* **98** 111116 (2011).
- 7., M. Lenner, P. Rácz, P. Dombi, Gy. Farkas, N. Kroó, „Field enhancement and rectification of surface plasmons detected by scanning tunneling microscopy”, *Phys. Rev. B.* **83** 205428 (2011).