

Ph.D Tézisek

Dr. Vajtai Róbert
egyetemi adjunktus

AZ EGYETEMI DOKTORI CÍM (dr. univ.) MEGSZERZÉSE ÓTA FOLYTATOTT
TUDOMÁNYOS TEVÉKENYSÉGÉRŐL

SZEGED, 1994

I. A TUDOMÁNYOS KUTATÁSOK ELŐZMÉNYEI; CÉLKITŰZÉSEK

A lézer-anyag kölcsönhatások vizsgálatával az első lézerek felfedezésétől kezdve - egyre nagyobb mértékben - foglalkoznak. A kutatások mind gyakorlati, mind elméleti szempontból nagy jelentőségűek. Az általam végzett vizsgálatok a lézer anyag kölcsönhatások vizsgálatán belül az infravörös lézerekkel végzett oxidáció és az excimer lézerekkel végzett abláció.

Mind az oxidáció, mind az abláció során létrejönnek lokális vagy makroszkopikus egyensúlytól távoli állapotok, amelyeknek megfigyelése és modellezése érdekes tudományos feladat. Az alábbiakban összefoglalom azokat a főbb szempontokat, melyek a témaválasztást indokolják.

- Az oxidáció igen bonyolult, sok lépésből álló folyamat. A kinematika pontos megismeréséhez közelebb visz, ha olyan kísérleteket tudunk végezni, amely során egy, vagy több részfolyamat sebessége drasztikusan megváltoztatható. A lézerrel indukált oxidáció és a külső elektromos térben végzett oxidáció tanulmányozása segít az ionok diffúziójának és a felületen történő adszorpció-deszorpció leírásában.
- A lézerrel indukált kémiai folyamatok dinamikájának kísérleti vizsgálata igen jelentős a disszipatív rendszerek mind jobb megismerése szempontjából. Az elméletek és modellek száma ezen a területen igen nagy, de kevés olyan kísérleti megvalósítás van, amely a bonyolultabb modellek ellenőrzésére alkalmas, jól reprodukálható eredményt adna. A lézerrel indukált inhomogén reakciókban igen sok előre megjósolt reguláris és kaotikus oszcilláció figyelhető meg, ez alkalmas a modellek érvényességének vizsgálatára és ezek az eredmények a modellek továbbfejlesztéséhez is hozzájárultak; az itt elért eredményeket így a fizikán, kémián, matematikán túl a biológia, vagy a társadalomtudomány is hasznosítani tudja.
- A különböző hullámhosszúságú nagyintenzitású folytonos és impulzusüzemű lézerek ipari-technológiai felhasználása egyre jelentősebb. A folyamatok kinematikájának és dinamikájának tanulmányozására irányuló alapkutatások közelebb visznek az ipari technológiák paramétereinek optimalizálásához.

- A keletkező fém- és félvezető oxidok, polimerek gyakran új anyagok, vagy olyan hagyományos módszerekkel is előállítható anyagok, amelyeknek egyes tulajdonságai (optikai tulajdonságok, szabad felszín...) lényegesen eltérnek a nem lézeres módszerekkel előállított anyagok tulajdonságaitól.

Kísérleteim során célul tűztem ki, hogy a lézeres oxidáció időbeli lefolyását minél több paraméter változtatásával (különböző fémek alkalmazása; különböző lézer hullámhosszak és teljesítmények választása; külső terek alkalmazása) minél pontosabban megismerjem. Különös figyelmet fordítok az instabil és kaotikus tulajdonságok fellépésére. Megvizsgálom a visszamaradó minták (az oxidok és az ablált polimerek) fizikai, kémiai és geometriai tulajdonságait, törekszem a lejátszódó folyamatok osztályozására, általános modell megadására.

II. A VIZSGÁLATOK MÓDSZEREI

Kísérleti munkám során különböző fémek IR lézeres oxidációját és polimerek ablációját vizsgáltam. A fémek besugárzására folytonos üzemű infravörös lézereket használtam (LTN-103 típusú Nd:YAG lézert; LGN-703 és TLS-60 típusú CO₂ lézert); a polimerek ablálását pedig Lambdaphysik EMG-150 típusú excimer lézerral végeztem. A lézerek teljesítményét illetve energiáját Laser Instrumentation 142, IMO-2N és Gentec ED-200 típusú műszerekkel mértem. A különböző folyamatok dinamikáját a hőmérséklet - mint kontrollparaméter - mérésével követtem nyomon. A minták hőmérséklet-idő grafikonjait egy - a mintába ötvözött - termoelem segítségével hurokoszcillográfon, illetve számítógéppel rögzítettem. A magas hőmérsékletű minták termikus sugárzását egy kamerára képeztem, majd ennek videójelét számítógéppel digitalizáltam. A számítógépes mérésekhez hardvereket és szoftvereket fejlesztettem. Az oxidált minták tömegnövekedését mértem. A különböző minták (fém, fém-oxid, polimer) felületén kialakult struktúrákat Olympus BHT-2 típusú optikai mikroszkóppal figyeltem meg; a képeket fotózással és képdigitalizálással rögzítettem. A minták felületén kialakuló nanostruktúrákat pásztázó alagútmikroszkóppal (STM) mutattam ki.

III. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

- Kísérletileg és számítógépes modellel kimutattam, hogy a fémek lézeres oxidációja során alacsony intenzitásoknál ($P \leq 10$ W) erős nemlinearitások csak a folyamat kezdeti (tranzien) szakaszán lépnek fel.
- Kísérletileg meghatároztam a lézeres fémoxidáció aktivációs energiájának hőmérsékletfüggését, és azt tapasztaltam, hogy csak gyenge függés tapasztalható (a Wagner-törvény jó közelítéssel igaz), míg az oxidációs állandó erősen hőmérsékletfüggő. Vanádium esetén a Wagner-törvény az oxidréteg megolvadását követően (670 °C felett) érvényét veszti, ekkor a vékony folyékony oxidfilmben kialakuló áramlások megszüntetik az oxidációs folyamat diffúzió-limitáltságát. Az oxidban kialakuló hőmérsékleti gradiensek és feszültségek szerepe az oxidréteg vastagodásával egyre csökken.
- Kimutattam, hogy Nd:YAG lézerrel besugárzott vanádium minták felületén keletkező oxidok felszíne hullámstruktúrájú: a létrejövő hullámok a beeső lézernyaláb és a felületen kialakuló akusztikus hullámok interferenciájának eredményei, kialakulásukban szerepe van az úgynevezett kapilláris hullámoknak is.
- Megmutattam, hogy lézerrel ablált PVC fóliák struktúrájára a hosszú távú rendezettség és a rövid távú rendezetlenség a jellemző, ami a gyártás során fellépő feszültségek befagyásából származik. Kimutattam, hogy a visszamaradó polimer fraktáldimenzióval rendelkezik, amelynek értéke a mért mintákon 1,83.
- Mérőkészüléket építettem különböző szerves festékek lumineszcenciájának időfelbontott spektrális analízisére. Kimutattam, hogy az időfelbontásért felelős optikai kapu átvitele hullámhosszfüggő. A kísérleti berendezést ennek megfelelően hitelesítettem.
- A lézerrel oxidált vanádium minták mikrokeménységét mérve azt találtam, hogy a mikrokeménység-eloszlás jellegzetes oszcillációkat mutat, melynek kialakulása a fém-fémoxid minta széleiről visszaverődő állóhullámok pozitív visszacsatoláson keresztül történő felerősödésével magyarázható.

- A fenti és ezekhez kapcsolódó témákban eddig körülbelül tíz különböző OTKA és OMFB pályázatban vettem, illetve veszek részt, ebből a következő kettőben témavezetőként:
 - (1) MM-OMFB 1989-90. Lézerfényel indukált maszkmentes fém-, félvezető oxidálási eljárások kidolgozása mikroelektronikai alkalmazások céljára.
 - (2) OTKA 1992-95. Lézerfény hatására kialakuló nemegyensúlyi folyamatok, disszipatív struktúrák, reguláris és kaotikus oszcillációk vizsgálata.

Részt vettem a JATE Fizika doktori program akkreditációs anyagának összeállításában, a Szilárdtestfizika alprogram egyik vezető oktatójaként kurzust és témát is hirdettem.