

M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi
Egyetem, Természettudományi Kar



2007. november 16.

NAPIREND

Az előadások hossza 20 perc + 5 perc diszkusszió!

A hallgatók előadásai

08³⁰ - 12⁰⁰ A szekcióknál megadott helyszíneken

Bizottsági ülés a szekcióelnökök részvételével

14⁰⁰ F ép. III. lph. mfszt. 1. (Fizikai Intézeti Szemináriumi szoba)

Eredményhirdetés

17⁰⁰ F ép. F29 terem

A műszaki világ az ipari forradalom óta töretlenül fejlődik. Gondoljunk csak a híradástechnikára, információ-technológiára, közlekedésre és persze az autóiiparra. Egy járműipari vállalat előtt olyan kihívások állnak korunkban, mint az alternatív üzemanyagok bevezetése, újabb és újabb karosszéria anyagok fejlesztése, a károsanyag emisszió redukálása, illetve a vásárló komfortérzetének fokozása. A piac egyre gyorsabb akciókat és reakciókat vár el, mely maga után vonja az információ megszerzésének felgyorsulását.



Korunk kihívásainak olyan szakemberek tudnak megfelelni, akik törekszenek munkájuk és saját maguk kiválóságára. Egy nagyvállalat szemszögéből a személyes kiválóság nem jelent mást, mint nyitottságot, kíváncsiságot, saját, önálló értékítéletet, szakmai – vagy vezetői karriervágyat, az adott szakmához kapcsolódó ismereteket pedig ki kell egészítenie egy általános gazdasági tájékozottságnak is.

Egy nagyvállalatnak nagy szerepet kell vállalnia ezen kiválóság fejlesztésében, kezdve a felnövekvő ifjú generáció tehetséggondozásától egész a szakma kiválóságaival történő kooperációig. Olyan befektetések ezek, melyek megtérülését nem lehet stopperórával mérni. Meggyőződésem, hogy egy modern nagyvállalat költségei közt az ilyen irányú törekvések és ráfordítások akár 1-2 % -ot is elérhetik.

A TDK program is olyan, mely kétségkívül igényt tarthat erre a támogatásra. Véleményem szerint a TDK olyan verseny, melyben az indulók megtanulhatják, miként kell egy problémát strukturáltan a megrendelő igényeinek megfelelően megoldani. A TDK túlmutat a tudományos eredmények prezentálásán és kiegészül a gyakorlati hasznosíthatóság igényével, ezáltal válik egy igen értékes lehetőséggé az ifjú szakemberek számára.

A TDK-t tekinthetjük egy megmérettetésnek, és minden megmérettetés magában rejti siker és sikertelenség lehetőségét egyaránt. Természetes, hogy a cél a siker, ugyanakkor nem szabad elfelejteni, hogy a kudarcnak is fontos szerepe van jellemünk formálásában és továbbfejlődésében. Sikerek és kudarcok közt egészséges arány kell ahhoz, hogy képessé váljunk önmagunk értékelésére, és az élethosszig tartó tanulásra. Kívánok tehát minden indulónak tanulságokban gazdag versenyt!

Czingráber Tibor
az Audi Hungaria Intézet vezetője

Audi Hungaria



ELMÉLETI FIZIKA – MATEMATIKA SZEKCIÓ

Helyszín: H ép. IV. em. 46.

Zsúri Elnök: dr. G. Horváth Ákos, Tanszékvezető, Egyetemi Docens
Matematika Intézet, Geometria Tanszék

Zsúri Tagok: dr. Varga Péter, Tudományos Főmunkatárs
Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet, MTA
Elméleti Fizika Csoport

dr. Varga Imre, Tudományos Főmunkatárs
Fizikai Intézet, Elméleti Fizika Tanszék

- 08³⁰** Lajkó Miklós (V.), Matematikai vizsgáldás kvantummechanikai spin-rács rendszereken, Konzulens: dr. Tóth Bálint, BME Matematika Intézet
- 08⁵⁵** Mánfay Máté (III.), 3-dimenziós VLSI huzalozás, Konzulens: dr. Szeszlér Dávid, Számítástudományi és Információelméleti Tanszék
- 09²⁰** Móra Péter (V.), A Sierpinski-háromszög Hausdorff-mértéke, Konzulens: dr. Simon Károly, Sztochasztika Tanszék
- 09⁴⁵** Pálmai Tamás (IV.), A Cox-Thompson inverz szórás probléma félig analitikus megoldása speciális esetekben, Konzulens: dr. Apagy Barnabás, Elméleti Fizika Tanszék
- 10¹⁰** Rác Éva (V.), Tőzsdei hozameloszlások – a vastag szélű eloszlások problémája, Konzulensek: dr. Kertész János, Elméleti fizika tanszék; Eisler Zoltán, Science & Finance, Capital Fund Management
- 10³⁵** Rác Péter (VI.), Nanoplazmonikus, ultrarövid lézerimpulzusokkal történő elektrongyorsítás modellezése, Konzulens: dr. Dombi Péter, MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet
- 11⁰⁰** Ruppert László (V.), Kvantumbit állapotbecslésének optimalizálása, Konzulensek: dr. Hangos Katalin, MTA SZTAKI; dr. Magyar Attila, BME Analízis Tanszék
- 11²⁵** Sándor Nóra Katalin (V.), Optikai fázisinformáció írása és tárolása atomi metastabil állapotokban, Konzulens: dr. Djotyán Gagik, MTA RMKI
- 11⁵⁰** Ürmös Antal (VI.), Kvantumzaj folyamatok hatásának modellezése egy qubites kvantumrendszeren, Konzulens: dr. Apagy Barnabás, Elméleti Fizika Tanszék

Matematikai vizsgáldás kvantummechanikai spin-rács rendszereken

Lajkó Miklós, V. évf.

Konzulens: Dr. Tóth Bálint, BME Matematika Intézet

Az egyik leggyakoribb példa a statisztikus fizikában a Heisenberg-modell. A modellben egy d dimenziós rács (Λ) minden pontján spinek ülnek. A klasszikus modellnél ezek a spinek n dimenziós egységvektorok, míg a kvantummechanikai modellnél a jól ismert kvantummechanikai spinek $(S=1/2, 1, 3/2, \dots)$. Mindkét esetben a spinek között csak az első szomszéd párkölcsönhatásokat vesszük figyelembe.

Érdeemes vizsgálni, hogy a Hamilton-operátor szimmetriái megjelennek-e a kialakuló spin-konfigurációban, vagy esetleg valamely szimmetriák sérülnek a termodinamikai limeszben.

J. Fröhlich, B. Simon és T. Spencer leírt egy módszert, amivel igazolni tudták a folytonos szimmetria sérülését a klasszikus Heisenberg-modellnél [1]. Bebizonyították, hogy 3 és annál magasabb dimenzióban létezik egy pozitív kritikus hőmérséklet (T_c) , ami alatt a Hamilton-operátor folytonos $SU(2)$ vagy $U(1)$ szimmetriája sérül a termodinamikai limeszben.

Ennek a módszernek egy átdolgozott változatát használta F. Dyson, E. Lieb és B. Simon a kvantummechanikai modellre [2]. Sajnálatos módon csak antiferromágneses kölcsönhatás esetén alkalmazható a gondolatmenet. A ferromágneses kölcsönhatás esetén a bizonyítás egy lényeges matematikai nehézség miatt nem működik.

A dolgozatban egy máig nyitott kérdést vizsgálunk, a $d=2$, $S=1/2$ spin-rács alapállapotát izotróp antiferromágneses párkölcsönhatás esetén. Ezt az esetet a $d=2$, $S=3/2$ spin-rácson megadott módosított Hamilton-operátor segítségével közelítjük meg. Ez utóbbi rendszer állapottere $\otimes_{x \in \Lambda} C^4$. A módosított Hamilton-operátorral egy $\otimes_{x \in \Lambda} C^2$ altér állapotai egy extra negatív energia-járulékot kapnak (α) . Ha $\alpha \rightarrow -\infty$, akkor az effektív állapotter ez a bizonyos altér lesz, és az effektív Hamilton-operátor megegyezik az $S=1/2$ eset Hamilton-operátorával.

Mindezt azért tesszük, mert az általunk megadott Hamilton-operátorra végigvihető egy DLS-szerű bizonyítás, vagyis igazolni tudjuk a folytonos szimmetria sérülését α bizonyos értékeire. A dolgozatban végigkövetjük egy DLS-szerű bizonyítás menetét az α paraméter értékeinek egy tartományán, továbbá numerikusan vizsgáljuk az $\alpha \rightarrow -\infty$ határesetet. A numerikus számolásokhoz és kis elemszámú spin-rendszerek vizsgálatához a Maple matematikai szoftvert használtjuk.

Irodalom:

1. J. Fröhlich, B. Simon, T. Spencer, *Comm. Math. Phys.* **50** 79-95, 1976
2. F. J. Dyson, E. H. Lieb, B. Simon, *J. of Stat. Phys.* **18** 335-383, 1978
3. H. Nishimori, K. Kubo, O. Ozeki, Y. Tomita, T. Kishi, *J. of Stat. Phys.* **55** 259-277, 1988

3-dimenziós VLSI huzalozás

Mánfay Máté, III. évf.

Konzulens: Dr. Szeszlér Dávid, Számítástudományi és
Információelméleti Tanszék, szeszler@cs.bme.hu

Dolgozatom nagy bonyolultságú integrált (melynek angol rövidítése VLSI) áramkörök huzalozásával foglalkozik. Napjainkban, amikor a miniatürizálás egyre fontosabbá válik, lényeges, hogy az elektronikai eszközökben lévő áramkörök minél kisebb helyet foglaljanak. Mi a tervezésnek csak az utolsó, matematikai szempontból érdekes fázisával foglalkozunk, amit részletes huzalozásnak neveznek. Annak ellenére, hogy a felmerülő problémák között jó pár NP-nehéz, bizonyosak eredményesen támadhatóak kombinatorikus algoritmusok alkalmazásával.

A vizsgált probléma a következő: a tervezendő áramkör alkatrészeinek helye adott egy áramköri lapon, a feladatunk bizonyos alkatrészek huzalokkal való összekötése úgy, hogy közben a huzalok egy előre adott távolságnál ne kerüljenek közelebb egymáshoz. Ezt garantálандó érdemes az összekötéseket egy derékszögű rácsban realizálni. Korábban a rács rétegeinek száma erősen korlátozott volt, viszont a technikai fejlődésnek köszönhetően egyre több réteget használhatunk, így a probléma valóban 3-dimenziósnek tekinthető. Matematikai szempontból a feladat nem más, mint egy háromdimenziós kockarácsban páronként csúcdiszjunkt Steiner-fák keresése.

A vizsgált területek az egy aktív rétegű huzalozás és a 3-dimenziós csatornahuzalozás lesznek, az összekötendő terminálok egy $w \times n$ méretű rácson vannak elhelyezve, és célunk természetesen a huzalozás során felhasznált rétegek számának minimalizálása. Csatornahuzalozás esetén két egymással párhuzamos azonos méretű rácson találhatóak az összekötendő terminálok. Mivel a probléma már kis méretű áramköri lapok esetén sem mindig megoldható, ezért megengedett új sorok és oszlopok bevezetése a huzalozás elérése végett.

A dolgozatban néhány egyszerű állítás bizonyításával bemutatom a probléma természetét, majd áttekintem a témában eddig született főbb eredményeket, melyek mind azzal a fent leírt esettel foglalkoznak, amikor a rácsot sorokkal és oszlopokkal bővítjük. Viszont önmagában érdekes kérdés, hogy mi a szükséges és elégséges feltétele annak, hogy a rács bővítése nélkül is megoldható legyen a probléma. Kutatásom során az utóbb említett feltételek mellett a probléma megoldhatósága esetén algoritmust is adok a huzalozásra, ami $O(n^2)$ magasságú rácsot használ fel, ahol n az alprács nagyobbik oldalát jelöli. Az algoritmus kis változtatással megoldja a csatornahuzalozás problémáját is. A vizsgált kérdés szoros kapcsolatban áll egy csoportelméleti eredménnyel, amit dolgozatom során bővebben kifejtek. Továbbá megemlítem a csatornahuzalozás terén ismert eddigi eredményeket, beleértve a megoldhatóság bonyolultságáról szólót is.

A dolgozatot angol nyelven készítettem.

Irodalom:

1. D. Szeszlér, "Combinatorial Algorithms in VLSI Routing", *Ph.D. Dissertation*, 2005

A Sierpinski-háromszög Hausdorff-mértéke

Móra Péter, V. évf.

Konzulens: Dr. Simon Károly, Sztochasztika Tanszék

A Sierpinski háromszög az egyik legismertebb fraktál. Vegyük az 1 oldalhosszúságú egyenlő oldalú háromszöget, és kössük össze a háromszög oldalfelező pontjait. Így 4 feleakkora háromszöget kapunk. Hagyjuk el a középsőt, majd a megmaradó 3 háromszögre külön-külön alkalmazzuk a fenti eljárást: kössük össze az oldalfelező pontokat, hagyjuk el az így keletkező középső háromszöget, majd ismét vegyük a megmaradó még kisebb háromszögeket, stb.. A végtelen sok lépés után kapott fraktált hívjuk Sierpinski háromszögnek.

A fraktálok tanulmányozása közben természetesen jön elő a Hausdorff mérték és dimenzió fogalma. A Hausdorff dimenzió a szokványos értelemben vett dimenzió kiterjesztése: egy síma görbe dimenziója 1, míg egy síma felületé 2. Az előnye, hogy lehet értelmezni olyan alakzatokon, amelynek nincsen szokványos értelemben vett dimenziója. A Sierpinski háromszög konstrukciója teljesít egy technikai feltételt, így a Hausdorff dimenziója ismert, $\log(3)/\log(2)$. A Hausdorff mértéket legegyszerűbben a Lebesgue mérték általánosításaként lehetne elképzelni: megmutatja az adott halmaz nagyságát a megfelelő dimenzióban. Ha egy halmaznak két diszjunkt példányát vesszük vagy kétszeresére nagyítunk a dimenziója nem változik, a mértéke viszont igen.

A Sierpinski háromszög $\log(3)/\log(2)$ dimenziós Hausdorff mértéke nem ismert. Egy konstrukcióból adódóan többek sejtése az, hogy a mérték 0.81 körüli van, amely közelében ismert felső becslés. Az igazi nehézséget az éles alsó becslés számolása jelenti. Az elmúlt pár évben számos cikk foglalkozott a témával, és különböző konstrukciók segítségével belátták, hogy a kérdéses mérték nagyobb 0.55-nél. A számolások többsége hosszú, technikai. Egy alapvető kérdéstről van szó, amelyhez pár definíció szükséges, ezért szánunk rá a matematikusok ilyen sok időt.

A dolgozatomban ismertetek egy algoritmust, amely segítségével az eddig ismert 0.55-ös korlátot 0.78-ra javítottam. Kutatásaim kiinduló pontjául Baoguo Jia[1] cikkje szolgált, amelyet módosítottam, kiegészítettem a gyorsabb futás érdekében. A 0.78-as értéket a programom 1 hónapnyi futása adta.

Irodalom:

1. Jia, Baoguo, “Bounds of Hausdorff measure of the Sierpinski gasket”, *Journal of Mathematical Analysis and Applications* **330**, no. 2, 1016—1024, 2007

A Cox-Thompson inverz szórás probléma félig analitikus megoldása speciális esetekben

Pálmai Tamás, IV. évf.

Konzulens: Apagyi Barnabás, Elméleti Fizika Tanszék

A kvantummechanikai inverz szórás elméletek már több mint ötven éve jelentős fejlesztési, kutatási területei a fizikának. Ennek oka egyszerű: ezen módszerek alkalmazásával egyszerű mérések útján nyerhető információ a mikroszkópikus folyamatokat kormányzó potenciálok alakjáról.

Számos kidolgozott elmélet áll rendelkezésre az inverz szórás témakörben, ezek közül ebben az írásban mi a fix-energiás Cox-Thompson (CT) módszert [1] fejlesztjük tovább. Bemutatjuk, hogy hogyan lehetséges a CT módszer leegyszerűsítése bizonyos esetekben és ezáltal, egy praktikus bozonrendszerekre alkalmazható, részben analitikus módszert adunk a potenciál meghatározására szórési adatokból. Bozonok szórása esetén azért egyszerűsíthetők a nemlineáris CT egyenletek [2], mert ebben az esetben csak a páros parciális hullámokhoz tartozó fázistolások állnak rendelkezésre, mint bemenő adatok. Csak páratlan parciális hullámok kezelésekor is hasonlóan lehet eljárni. Az egyszerűsítés abban jelentkezik, hogy míg az általános CT egyenletrendszer explicit mátrixinverziót tartalmazott, az új, általam konstruált rendszer elkerüli ezt.

Az explicit számolások megmutatták, hogy az új módszer numerikusan könnyen kezelhető nemlineáris egyenletrendszerre vezet: a rendszer megoldásához elegendő volt a Newton-Raphson módszer alkalmazása. Tesztadatokkal végzett számolások során egy másik felhasználási lehetőségre is fény derült. A páros és páratlan parciális hullámok külön kezelésével nyerhető potenciálok összege jó közelítés a valódi potenciálra. Ennek oka az, hogy a CT módszerben a potenciál egy, a parciális hullámok szerinti, véges összegből származik és az egyes parciális hullámokhoz tartozó együtthatók meghatározására szolgáló egyenletrendszer, mint kiderült, csupán gyengén csatolt. Illusztrációként néhány példában bemutatjuk a fázistolásokból inverzióval előállított potenciálokat, illetve ezek eltérését a fázisokat generáló eredeti potenciáloktól.

Irodalom:

1. J. R. Cox and K. W. Thompson, "On the Inverse Scattering Problem at Fixed Energy for Potentials Having Nonvanishing First Moments", *J. Math. Phys.* **11** 805, 1970
2. B. Apagyi, Z. Harman, and W. Scheid, "Solution of the Cox-Thompson inverse scattering problem using finite set of phase shifts", *J. Phys. A: Math. Gen.* **36** 4815, 2003

Tőzsdei hozameloszlások – a vastag szélű eloszlások problémája

Rácz Éva, V. évf.

Konzulensek: Prof. Kertész János, Elméleti fizika tanszék,
Eisler Zoltán, Science & Finance, Capital Fund Management

Az utóbbi évtizedben a fizikusok is egyre inkább bekapcsolódtak a pénzügyi szektorral kapcsolatos kutatásokba. A kutatás középpontjában a piaci modellek alkotása mellett a rendelkezésre álló hatalmas tőzsdei adathalmaz elemzése áll. Mi az utóbbiba kapcsolódtunk be, célunk a részvényhozamok (az ár logaritmusának változásai) eloszlásának pontosabb megismerése volt.

A dolgozat első része a téma múltjával foglalkozik, azzal, hogy pontosan milyen jelöltek is voltak ezen eloszlás modellezésére. Az évszám meglepő: Az első ilyen témájú dolgozat 1900-ban jelent meg, Louis Bachelier francia matematikus doktori téziseként. Ő Brown-mozgással modellezte az árfolyamok mozgását, és magának a Brown-mozgásnak a leírásában Einstein előtt járt. Benoit Mandelbrot hatvanas évekbeli kutatásának eredményeképpen tudni lehet, hogy a normális eloszlással ellentétben a hozamok eloszlása vastag farkú (azaz jelentős esélye van kiugró nyereség, illetve veszteség realizálásának). Az utóbbi évek eredményei pedig abba az irányba mutatnak, hogy ez az eloszlás hatványszerű lecsengéssel bír, mégpedig 3 körüli exponenssel. Ezt manapság a gazdaságfizika „stilizált tényei” között tartják számon, gyakran „inverz köbös törvény” elnevezéssel élve. A skálázás és az univerzalitás gondolata egy fizikus számára valóban csábító, éppen ezért szükséges a modell korlátainak vizsgálata.

A hatványlecsengés pontosabb vizsgálatához nem elégségesek olyan durva eszközök, mint például a mért adatok hisztogramjának kétszeresen logaritmikus ábrázolásán végrehajtott egyenesillesztés. Első feladat tehát egy megbízható paraméter- és hibabecslést szolgáltató módszer keresése volt. Az irodalomban szereplő főbb módszerek közül a Clauset et al. által nemrégiben bevezetett bizonyult megfelelőnek erre a célra. Ezen módszert használjuk a a Trades and Quotes (TAQ) adatbázis (a New York Stock Exchange (NYSE) és a National Association of Securities Dealers Automated Quotation (NASDAQ) minden egyes kereskedését tartalmazó (tick-by-tick) időSORA) részvényhozamainak elemzésére.

Eredményeink azt sugallják, hogy az „inverz köbös törvényt” nem kell feltétlenül komolyan venni, vagy legalábbis tényként kezelni nem indokolt. Az üzenet az, hogy különösen óvatossá kell lenni, ha az ember fizikai párhuzamokat vél felfedezni egy olyan nem-fizikai rendszerben, mint a tőzsde.

Irodalom

1. R. N. Mantegna, H.E. Stanley, „An introduction to econophysics – Correlation and complexity in Finance”, Cambridge University Press, Cambridge, 2000
2. P. Gopikrishnan et al. “Inverse cubic law for the distribution of stock price variations”, *Eur. Phys. J. B* **3**, 139-140, 1998
3. A. Clauset et al., “Power-law distributions in empirical data”, arXiv:0706.1062v1, 2007

Nanoplazmonikus, ultrarövid lézerimpulzusokkal történő elektrongyorsítás modellezése

Rácz Péter , VI. évf.

Konzulens: Dombi Péter, MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet

Az évtized egyik jelentős felfedezése, hogy fémfelületek mentén terjedő elektromágneses hullámok (ún. felületi plazmonok) elektromos térben elektrongyorsítás végezhető. Tavalyi eredmény, hogy ez a folyamat ráadásul érdekes, új sajátságokat mutat, ha azt vivő-burkoló fáziskontrollált (vagyis stabilizált hullámformájú) lézerimpulzusokkal gerjesztik. Az irodalmi adatok szerint azonban a számításokat csak viszonylag korlátozott paramétertartományban végezték el, valamint az elektrongyorsítási jelenség fizikájáról is igen kevés információ áll rendelkezésre.

A TDK dolgozat témája tehát a fenti folyamat modellezése abban az esetben, amikor a gerjesztő fény ultrarövid, mindössze néhány optikai ciklusból álló lézerimpulzus (4-12 fs impulzushosszal). Ebben az esetben a lézerimpulzus által gerjesztett felületi plazmon és az elektronimpulzus hossza is ebbe az időtartományba esik, vagyis ez egyúttal egy ultrarövid elektronimpulzusok előállítására is alkalmas módszer. Célkitűzésem szerint ezt a folyamatot vizsgálom numerikus módszerekkel egy igen tág paramétertartományban, szakítva az irodalomban eddig alkalmazott többfotonos közelítés módszerével. Az elektromágneses teret a Maxwell-egyenletek dielektrikum-fém határfelületen való megoldása nélkül analitikus formában közelítettem, amely a probléma az eddigiekhez képest sokkal számítási időhatékonyabb kezelését biztosítja. Az így kapott elektromágneses térben (mely nagyon jó közelítéssel megegyezik a pontosabb módszerekkel kapható térrel) mozgó elektronok mozgásegyenletének numerikus megoldásával, mikroszkopikus illetve makroszkopikusan megfigyelhető elektronspektrumokat, illetve -szögeloszlásokat határoztam meg.

Az így kapott adatok egy újfajta reprezentációjával a folyamat fizikai tulajdonságait is jobban láthatóvá tettem, illetve ezen ábrák segítségével egyszerű, szemléletes következtetéseket vonhatók le arra vonatkozóan, hogy hogyan lehet ezt a jelenséget egy, a korszerű ultragyors vizsgálati módszereknél is használható elektronforrás létrehozására felhasználni. Eredményeinknek – melyek folyóiratcikkbeli publikálása folyamatban van – a világ vezető laboratóriumaiban fejlesztett ultragyors elektrondiffrakciós, szilárdtest-alapú attosekundumos és hasonló módszereknél lehet majd hasznát venni.

Irodalom:

1. S. E. Irvine, P. Dombi, Gy. Farkas, A. Y. Elezzabi, *Phys. Rev. Lett.* **97**, 146801, 2006
2. L. V. Keldysh, *Sov. Phys. JETP* **20**, 1307, 1965
3. S. E. Irvine, Doktori disszertáció, University of Alberta, Kanada, 2006
4. H. Raether, "Surface Plasmons", *Springer, Berlin*, 1988

Kvantumbit állapotbecslésének optimalizálása

Ruppert László, V. évf.

Konzulensek: Hangos Katalin, MTA SZTAKI,
Magyar Attila, BME Analízis Tanszék

Egy kvantummechanikai rendszerről mérésekkel nyerhető információ. A mérések eredménye sztochasztikus, másrészt egy mérés lényegesen megváltoztathatja a rendszer eredeti állapotát. Ezért sok azonos állapotban lévő rendszerre van szükség, ahhoz, hogy több mérés is elvégezhető legyen. A mérési eredményekből statisztikus módszerekkel lehet következtetni a rendszer állapotára [1]. A fizikában az állapotbecslés kvantum tomográfia néven közismert [2].

Vizsgálatom tárgya a legegyszerűbb kvantumrendszer, a kvantumbit állapotának rekonstrukciója. A kvantumbit állapota egyértelműen reprezentálható egy háromdimenziós egységgömb, ún. Bloch-gömb pontjaival. Az eljárások során Neumann-féle mérést hajtunk végre, mely a Bloch reprezentációs értelmezésben nem más, mint egy adott irányban történő mérés, melynek eredményeként egy véletlen, az állapotra jellemző mennyiséget kapunk, ugyanakkor a rendszer állapota a mérés után egy olyan állapot lesz, amely a gömb felszínén helyezkedik el (tiszta állapot).

Legegyszerűbb kivitelezése az állapotbecslésnek az ún. standard módszer [3], mely a Pauli-mátrixokat alkalmazza obszervábilis gyanánt, azaz a Bloch-gömbben a Decartes-féle koordináta-rendszer tengelyei irányában végez méréseket, méghozzá minden irányban ugyanannyit. Érdekes megemlíteni a minimális módszer néven ismertetett eljárást [4] is, mely egy adaptív módszert használ. Ez a módszer az eljárás közben megváltoztatja az obszervábilisokat, azonban nem sikerül javítania a standard módszer szórásán [3]. A témában a legfontosabb eredmény 2006-ban született [5], melyben a szerzők aszimptotikusan optimális eredményt adnak a szórásra, azonban az ott alkalmazott matematikai konstrukció nem, vagy csak rendkívül nehezen interpretálható fizikailag.

A dolgozat eredménye egy olyan algoritmus, amely Neumann-méréseket alkalmaz, így fizikailag könnyen interpretálható, javít a standard módszer hatékonyságán, és a tiszta állapotokra aszimptotikusan el is éri az optimális szórást. További cél volt, hogy véges esetekben is minél jobb becslést adjon az ismeretlen kvantumbit állapotára. Az eljárás alap gondolata, hogy a standard módszernél jobb eredményt lehet elérni, ha a mérésszám az egyes irányokban nem ugyanannyi, hanem optimalizált az állapot függvényében. Mivel azonban a valódi állapot nem ismert, adaptív algoritmust kell alkalmazni. Ezenkívül az obszervábilisok elforgatásával kihasználható az eljárás aszimmetriája is.

Irodalom:

1. D. Petz, "Quantum information theory and quantum statistics", *Springer*, 2007
2. G. M. D'Ariano, M. G. A. Paris, and M. F. Sacchi, "Quantum tomography", *Advances in Imaging and Electron Physics*, **128**, 205-308, 2003
3. D. Petz, K.M. Hangos and A. Magyar, "Point estimation of states of finite quantum systems", *J. Phys. A: Math. Theor.* **40**, 7955-7969, 2007
4. J. Rehacek, B.-G. Englert, D Kaszlikowski, "Minimal qubit tomography", *Physical Review A*, **70**:052321, 2004
5. M. Hayashi, K. Matsumoto, "Asymptotic performance of optimal state estimation in quantum two level system", *arXiv*, quant-ph/0411073v2, 2006

Optikai fázisinformáció írása és tárolása atomi metastabil állapotokban

Sándor Nóra Katalin, V. évf.

Konzulens: dr. Djotyán Gagik, MTA RMKI

A munka fő célja, hogy új eljárást fejlesszünk ki optikai információ többszintes atomok metastabil alapállapotában való tárolására. Ezen eljárás frekvencia-modulált (csörpölt) lézerimpulzusok és többszintes atomok kölcsönhatásán alapul, melyben fontos szerep jut az atomi szintek közötti átmenetekben megnyilvánuló kvantum-interferencia jelenségnek.

Frekvencia-csörpölt lézerimpulzusok segítségével lehetőség van közel egy valószínűséggel atomi populáció átvitelére egy kiszemelt atomi állapotba, vagy az atomi állapotok tetszőleges szuperpozíciójának létrehozására, ha a kölcsönhatás az adiabatikusnak tekinthető.

A kvantuminterferencia jelenségek miatt az atomi szintek populációi függenek a populáció-átvitelt létrehozó lézerimpulzusok relatív fázisától. Ezen tulajdonságok alapján korábban már javasolták, hogy ezen fázisfüggést lehet a kölcsönható lézer-impulzusok relatív fázisának tárolására használni Λ -atomok gerjesztett állapotában. Ezen módszernek nagy hátránya, hogy a gerjesztett állapot populálódik, ami a spontán átmenetek nagy valószínűleg miatt csökkenti a koherenciát és információvesztést okoz.

Jelen munkában olyan eljárást keresünk az optikai információ tárolására, amely lehetővé teszi, hogy az információt metastabil (alap)állapotokban tároljuk, így elkerülhető a spontán emisszió problémája. 5-szintes, úgynevezett „dupla- Λ ” struktúrát vizsgálunk ebből a célból.

Félklasszikus közelítést használva kezeljük a problémát. Mathematica szoftver segítségével megoldjuk az időfüggő Schrödinger-egyenletet, így numerikusan meghatározzuk az egyes atomi szintek időfüggő valószínűségi amplitúdóit. Belátjuk, hogy ez az atomi struktúra alkalmas arra, hogy a fázisinformációt metastabil alapállapotba írjuk, hiszen az egyes szintek populációi egyértelmű függvényei lesznek a populáció-átmenetet létrehozó lézerrimpulzusok relatív fázisának. A populációk változását a kölcsönhatás teljes időtartama alatt követve megmutatjuk, hogy a gerjesztett állapot populációja a teljes időtartam alatt elhanyagolható marad, tehát elkerülhető a spontán emisszióval járó információvesztés.

Összefoglalva, elméleti megfontolások alapján bemutatunk egy módszert, mellyel lehetséges klasszikus optikai fázisinformációt gyakorlatilag veszteségmentesen „dupla- Λ ” struktúrájú atom metastabil alapállapotába kódolni.

Irodalom:

1. G P Djotyán, J S Bakos, Zs Sörlei, *Phys Rev A* **64**, 013408
2. J R Kuklinski, U Gaubatz, F T Hioe, K Bergmann, *Phys rev A*, **40** 6741
3. Anyiszonyan A., „Atomi kvantumállapotok koherens kontrollja frekvenciacsörpölt lézerimpulzusokkal”, *Szakdolgozat*, 2004

Kvantumzaj folyamatok hatásának modellezése egy qubitese kvantumrendszeren

Ürmös Antal, VI. évf.

Konzulens: Dr. Apagyi Barnabás, Elméleti Fizika Tanszék

A számítógépek fejlődése az évek során egyre jobban felgyorsult mind a sebességük, teljesítményük, mind bonyolultságuk tekintetében. Sokan, sokféleképpen képzelik el a számítástechnika, és az informatika jövőbeli fejlődési irányait, főbb kutatási területeit.

Ezzel együtt nem hagyhatjuk figyelmen kívül azt a tényezőt sem, hogy az elektronika miniaturizálása hatalmas fejlődésen ment keresztül, hiszen ma már a legkisebb integrált áramköri elemek méretei is az alig néhány száz nanométer nagyságrendben vannak. Ebben a mérettartományban, már nem hanyagolhatjuk el a részecskék kvantumos jellegét, ami elvezet bennünket az atomnyi méretű elemekkel működő kvantumszámítógépek világába, amelyek csakis a kvantummechanika alaptörvényeinek megfelelően működhetnek majd. E törvényszerűségek alapján működő számítógépek gondolata már az 1970-es, illetve az 1980-as évek korai szakaszában vetődött fel olyan kiváló fizikusok és számítógéptudósok fejében, mint Charles Bennett, Paul Benioff, David Deutsch, illetve Richard Phillips Feynman.

A kvantumszámítógépeknél a biteket felváltja az úgynevezett kvantumbit (qubit), amely nem más, mint egy kétállapotú kvantumrendszer. Ha ez a környezettel kapcsolatba lép, akkor állapotának időbeli evolúciója megváltozik, és állapotfejlődés irreverzibilissé válik. Ebben az esetben a rendszer-környezet kölcsönhatását, már nem az időfüggő Schrödinger-egyenlettel, hanem sűrűségmátrixok segítségével írhatjuk le. A sérülékeny, de sok esetben kívánatos szuperponált állapotok megsemmisülnek, dekoherenssé válnak. Ezt a jelenséget különböző hatások, az úgynevezett kvantumzaj folyamatok okozzák. Dolgozatomban, e folyamatok klasszikus modelljéből kiindulva, a kvantumzaj folyamatok reprezentációjának három megközelítési módjának az ismertetése után ezeket, a folyamatok hatását vizsgálom meg az operátor-összeg reprezentációt felhasználva, először külön-külön mindegyiket, majd egyszerre többet közülük, figyelembe véve azt, hogy a természetben ezek a folyamatok egyszerre lépnek fel és hatnak ugyanarra a kvantumrendszerre.

Dolgozatomat, az általam írt szoftver segítségével, e kvantumzaj folyamatok hátterének vizsgálatának, és modellezésének szenteltem.

KÍSÉRLETI FIZIKA SEKCIÓ

Helyszín: F ép. III. lph. II. em. 13.
(Hallgatói labor)

Zsúri Elnök: dr. Füzessy Zoltán, Professor Emeritus
Fizikai Intézet, Fizika Tanszék

Tagok: dr. Molnár György, Osztályvezető
Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet, MTA
Vékony Rétegek Nanorendszerek Csoport

dr. Báder Attila, Tudományos Szakértő,
Ericsson Magyarország Kft., Kutatás-fejlesztési osztály

- 08³⁰** Agócs Emil (V.), Textura fejlődése Cr/CrN vékony rétegekben, Konzulens: dr. Lábár János, MTA MFA, Vékonyrétegfizikai osztály
- 08⁵⁵** Kéri Zoltán (V.), Objektum-orientált számítógépes szimuláció megvalósítása optikai elrendezésekre, Konzulensek: dr. Kornis János, BME Fizika Tanszék; dr. Bokor Nándor, BME Fizika Tanszék
- 09²⁰** Lestyán Gyula (VI.), $\text{Cr}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$ vékonyrétegek szerkezetének vizsgálata, Konzulensek: dr. Barna B. Péter, MFA; dr. Radnóczy György, MFA; dr. Kugler Sándor, Elméleti Fizika Tanszék
- 09⁴⁵** Molnár György (IV.), Hologramok csíkrendszereinek utólagos stabilizálása szoftveres úton a digitális holográfia céljára, Konzulens: dr. Gyimesi Ferenc, Fizika Tanszék
- 10¹⁰** Sarkadi Tamás (V.), Holografikus adattárolásban alkalmazott fázismodulált adatlapok kódolása kettőtörő kristály segítségével, Konzulensek: dr. Koppa Pál, dr. Lőrincz Emőke, Atomfizika Tanszék
- 10³⁵** Sétel Richárd (V.), Digitális hologramok felbontásának növelése, Konzulens: dr. Kornis János, Fizika Tanszék
- 11⁰⁰** Somogyi András (IV.), Nanokristályos gyémántrétegek szintézise és alkalmazása, Konzulens: dr. Hárs György, Csíkvári Péter; Atomfizika Tanszék
- 11²⁵** Szabó Áron (IV.), Optimális jelteljesítmény meghatározása CWDM optikai hálózatokban a fizikai hatások figyelembevételével, Konzulens: dr. Zsigmond Szilárd, Távközlési és Médiainformatikai Tanszék

Textura fejlődése Cr/CrN vékony rétegekben

Agócs Emil, V. évf.

Konzulens: Dr. Lábár János, MTA MFA, Vékonyrétegfizikai osztály

A vékonyréteg bevonatok, azon belül is a keményréteg bevonatok ipari szintű alkalmazásának kezdetét a 80-as évek elejére tehetjük. Elsősorban a nagy mechanikai igénybevételeknek kitett szerszámok előállításában volt a legnagyobb szükség erre a technológiára. Ezek a keményréteg bevonatok mind keménységben, mind kopásállóságban és korrózió elleni védelemben magasan felülmúlják még az edzett acél tulajdonságait is, így ezek alkalmazásával nagyban lehet javítani a szerszámok minőségén, élettartalmán. Összehasonlításképpen, a CrN vékonyréteg keménysége körülbelül 25-35 GPa, míg az edzett acél keménysége „mindössze” 4-6 GPa. Napjainkban egyre több iparág alkalmaz keményréteg bevonatokat, mint pl. az autóipar, ahol a motorban levő dugattyúgyűrűket igyekeznek olyan réteggel bevonni (többek közt CrN-nel), mely növeli annak megbízhatóságát [1]. Az alkalmazásokhoz fontos fizikai tulajdonságok (keménység, súrlódási együttható, kopásállóság, stb.) jelentősen változnak, amikor egy egyfázisú rendszerből, kisebbségi fázis hozzáadásával, nanokompozitot állítunk elő, és olyan szerkezeti sajátságoktól (is) függenek, mint a szemcseméret és a textúra. A réteg tulajdonságainak tervszerű alakításához tehát a nanokompozit, illetve a textúra kialakulásának alapfolyamatait kell megértenünk.

A TDK munkám során tiszta Cr és Cr/CrN kétfázisú nanokompozit vékonyrétegek texturáltságának fejlődését vizsgáltam transzmissziós elektronmikroszkópos (TEM), elektrondiffrakciós (SAED), illetve Röntgen diffrakciós mérésekkel, és a kapott eredményeket az irodalomban fellelhető rétegnövekedési modellel („structure zone model”, SZM) magyaráztam [2].

A vizsgálatokhoz a mintákat magam készítettem el egy erre alkalmas ultra nagy vákuumú (UHV) porlasztó segítségével. Hordozóként amorf szén réteget, illetve (a vastagabb és nagyobb felületű réteget igénylő Röntgenes textúra vizsgálathoz) oxidált tömbi Si szeletet alkalmaztam. Erre egy DC magnetron porlasztó segítségével vittem fel a Cr réteget. Nitrogént egy külön gázbeeresztő szelepen keresztül juttattam be a kamrába, ahol az, reakcióba lépve a Cr atomokkal, CrN fázisként épült be a rétegbe. Ugyanezt a mintát keresztvékonyítás, illetve (a különböző mélységben levő részletek elkülönült vizsgálatát lehetővé tevő) speciális lapvékonyítás után a TEM-ben is megvizsgáltam. A SAED mérések mennyiségi kiértékelését a ProcessDiffraction program segítségével végeztem [3].

A rétegnövesztésben megfigyelem, hogy a Cr, illetve Cr/CrN réteg már a kezdeti növekedési fázisban is erős texturáltságot mutat. Vagyis, mikor még nem összefüggő a réteg, de már zajlik a koaleszcencia folyamata, már kialakulnak kedvezőbb, preferáltabb orientációs irányok, és ezek dominálnak a réteg továbbnövekedése során. Amennyiben kis nitrogént vittem be a rendszerbe, láthatóan a texturáltság lecsökkent (a tiszta Cr réteghez képest). Ilyen viselkedés jól érthető amorf kisebbségi fázisok jelenlétében, amikor például a Cr szemcsék növekedésük közben szegregálják a szemcsehatárra a CrN fázist, mely idővel már teljesen befedi a szemcsét. Így az nem tud tovább nőni, és a felületen ismételt magképződés indul meg, melynek orientációja viszont már független az alatta levő szemcse orientációjától. Kristályos kisebbségi CrN fázis viszont lehetővé teszi a textúra továbbvitelét a fázisokon keresztül is.

Irodalom:

1. B. Narendra, S. Dahotre, Nayak., “Nanocoatings for engine application”, *Surface and Coatings Technology*, **194**, Issue 1, 20, Pages 58-67, 2005
2. P.B. Barna, “Crystal growth and recrystallization during structure evolution of thin films”, *International Summer School on Diagnostics and Applications of Thin Films 27th Chlum u Trebone Czechoslovakia*, 1991
3. LJ. Lábár, M. Ishimaru and Y. Hirotsu, “New possibilities in electron diffraction based phase analysis”, *TEM Proc. 6th Multinational Cong. on Electron Microscopy, Pula*, 79-80, 2003

Objektum-orientált számítógépes szimuláció megvalósítása optikai elrendezésekre

Kéri Zoltán, V. évf.

Konzulensek: dr. Kornis János, BME Fizika Tanszék,
dr. Bokor Nándor, BME Fizika Tanszék

A számítástechnika fejlődése lehetővé teszi, hogy a koherens optikai mérés technikában szimuláció segítségével kapjuk meg optikai mérések várható eredményeit, így egészítve ki, vagy gyorsítva fel a laborban folyó valóságos méréseket és kutatási munkákat.

A hagyományos optikai elrendezések, mint interferométerek, holografikus felvétel és rekonstrukciós-, valamint szemcseképen alapuló elrendezések, különösen alkalmasak arra, hogy objektumorientált környezetben valósítsunk meg szimulációt. Ennek előnyehez tartozik, hogy egységesen lehet kezelni hasonló tulajdonságokkal rendelkező optikai elemeket, majd optikai elrendezéseket definiálni az őket alkotó elemekből. A program felépítése így tükrözi a fizikai elrendezést, illetve a szimuláció kódjának megvalósítása is tükrözi a különböző optikai elemek alá- és fölérendeltségi viszonyait, amik származtatási fákkal ábrázolhatók.

Az objektum-orientált megvalósítás másik előnye, hogy egyes részrendszerek működése elkülöníthetően vizsgálható, illetve rugalmassága és bővíthetősége, ugyanis bármikor lehetőség van új optikai elemek és elrendezések hozzáadására és az őket vezérlő programkód programba való befűzésére.

A szoftver segítségével a fény skalár hullámelmélete, illetve a szög spektrumon alapuló hullámterjedés segítségével szimulálhatók optikai alapjelenségek, egy tárgy objektív és szubjektív szemcseképe, vagy pl. Michelson elrendezés esetén interferencia csíkrendszerek. Lehetőség van hologram felvételére és rekonstrukciójára. A számítógépes Fourier-transzformáció (FFT) gyorsasága lehetővé teszi, hogy közel valós időben lehessen interferenciaképeket számolni és mozgóképpé alakítva demonstrálni például egy tárgy deformálása eredményeként létrejövő csíkrendszert egy interferenciaképen.

Az általam megvalósított rendszer további lehetősége, hogy az optikai elemekből felépített elrendezés megjeleníthető egy 3 dimenziós rendering segítségével.

$\text{Cr}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$ vékonyrétegek szerkezetének vizsgálata

Lestyán Gyula, VI. évf.

Konzulensek: Barna B. Péter, MFA, Radnóczy György, MFA,
Kugler Sándor, Elméleti Fizika Tanszék

Munkánk során $\text{Cr}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$ ($0 < x < 1$) rétegeket tanulmányozunk, melyeket az adott vizsgálatnak megfelelően készítünk el. Ezt a rendszert a gyakorlatban többnyire kemény és kopásálló bevonatként használják. A vizsgálat kiterjed a kialakuló réteg vastagságára, összetételére és fázisaira, szemcseméretre, textúrára ill. néhány fontosabb mechanikai tulajdonságra. A szakirodalomból ismert, hogy $x=0,6-0,7$ értéke körül a rendszer egy fázisátmeneten megy keresztül, mely érték alatt köbös elrendeződés jellemző, felette pedig hexagonális. Mi többek közt ezt szeretnénk feltérképezni, az eddig ismert irodalomban ugyanis nem találtunk leírást e szűk tartományban lezajló átmenetre.

A rétegek előállítása DC magnetronos porlasztással történik egy erre használt UHV rendszerben. A Cr-t és az Al-t külön targetekből porlasztjuk Ar gázzal, míg a porlasztás ideje alatt N_2 háttérnyomást állítunk be. A rendszerben létrejövő vákuumot (néhányszor 10^{-7} mbar) egy rotációs és egy turboszivattyú biztosítja. Az egyes fémek mennyiségét a magnetronok teljesítményével szabályozzuk, ezenkívül a N_2 nyomása is változtatható. Hordozóként egy MO-rostélyra felvitt amorf szénréteget ill. egykristályon kialakított SiN_2 rétegeket használtunk. A kísérletekhez kombinatórikus módszert dolgoztunk ki. A mintatartó mindkét oldalára egy-egy ablak-árnyékoló lapkát rögzítettünk, melynek hatására mindkét anyagból gradiens keletkezik a lerakódó rétegben. Így egy-egy minta előállítása során egy szélesebb összetétel tartományt tudunk lefedni. A mintatartóhoz tartozik egy fűtőberendezés, mellyel szabályozhatjuk a réteglelakódás hőmérsékletét.

A mintákat analitikai transzmissziós elektronmikroszkópban vizsgáljuk. Mintánként több helyen végzünk részletes szerkezetvizsgálatot: összetételelemzést EDS-sel, majd diffrakciós ill. DF, BF (sötét és világos látóterű) leképezéssel elemezzük a szerkezetet. A diffrakciós felvételeket a Process Diffraction programmal alakítjuk át az elemzéshez illetve megjelenítéshez. A rétegek összetételét Auger spektrometriai módszerrel is elemezzük.

A réteg felépülésének modellezésére a vékonyrétegek szerkezetkialakulásának folyamat-ábráját és a Szerkezeti Zóna Modelt (SZM) használjuk. E szerint a felépülés több egymásra épülő szakaszra bontható (magképződés, magnövekedés, szemcsék kialakulása kristálynövekedéssel és összenövésével, másodlagos magképződés, folytonos réteg vastagságnövekedése). Fontos szerepet játszik az ún. homológ hőmérséklet (a hodozó hőmérséklete osztva az anyag olvadáspontjával), melynek függvényében 3 zónára bonthatjuk a réteg felépülését. Ezen kívül meghatározó szerepet játszanak az akár kis mennyiségben jelen lévő szennyezők ill. adalékok is. Méréseink során több paraméter közötti összefüggést vizsgálunk. Például a szemcseméret és a textúráltság vastagságtól ill. szennyezéstől való függését.

Az eddigi eredmények alapján úgy látjuk, hogy a fázisváltást az elsődleges és másodlagos fázisok magképződési sorrendjének felcserélődésével lehet értelmezni s ez a fázisváltás egy szűk összetételi tartományra korlátozódik. Ennek megerősítésére új kísérletsorozatot terveztünk.

Irodalom:

1. G. Radnóczy, P.B. Barna, "Formation and Characterisation of the Structure of Thin Films and Coatings"
2. Y. Makino, K. Nogi, "Synthesis of pseudobinary Cr-Al-N films with B1 structure by rf-assisted magnetron sputtering method"

Hologramok csíkrendszereinek utólagos stabilizálása szoftveres úton a digitális holográfia céljára

Molnár György, IV. évf.

Konzulens: Gyimesi Ferenc, Fizika Tanszék

A hagyományos analóg holográfia mellett napjainkban egyre jelentősebb irányzat a digitális holográfia, melynek térnyerése megoldandó problémákat is hoz magával. Jelentős eltérés a két irányzat között főleg a rekonstruált képek felbontásában és a méretében mutatkozik. Az analóg technika nagyságrendekkel a digitális holográfia felett jár minőségileg. A CCD detektor kis méretű és kis felbontású. Előbbi következtében kisebb a rekonstruálható képek felbontása, utóbbi következményeként kisebb a látótér. Nyilván idővel az egyre fejlettebb CCD-k megjelenésével ez kevésbé lesz kritikus, de jelen pillanatban még foglalkozni kell azzal, hogy lehet mégis valahogy ezt a szakadékot már napjainkban leküzdeni.

Természetesen adódó módszer, hogy a CCD-t mozgassuk a térben, így nagyobb hologramot letapogatással rögzítsünk. A felbontás javítására pedig nagyítást lehet alkalmazni, ami viszont a hologram méretének növekedésével jár együtt, s így ismét csak oda lyukadunk ki, hogy a letapogatásos rögzítés még szükségesebb. A letapogatott hologramrészeket mindig nagyon nagy pontossággal kell összeilleszteni. A gyakorlatban a mozgatás több centiméteres tartományban csak nehezen és drágán oldható meg mechanikai úton mikrométer körüli, ill. alatti pontossággal. Az ilyen direkt, kontakt illesztéssel szemben egy másik lehetőség a képek számítós, korrelációs illesztése.

A Műszaki Egyetem Fizika Tanszékén a Holográfia csoport foglalkozik ezzel a technikával. A pontos illesztés problémája mellé társul még egy további nehézség, hogy a hologramcsíkok a letapogatás alatt elmozdulhatnak az optikai elrendezés rezgései, ill. a légmozgás miatt. Érdekes eredmény, hogy a korrelációs illesztés a csíkrendszerek mozgásának hatását is csökkenti.

Munkám során azt tűztem ki célul, hogy a korrelációs és a kontakt illesztés során keletkező eredményeket kvantitatíve és illusztratíván is összehasonlítsam. Az összehasonlítás egyéb járulékos zavaroktól való mentesség érdekében az illesztéshez nem felvett hologramokat használtam, hanem szoftveres úton generáltam azokat. Az ehhez a USAF resolution mintatárgyat használtam, mely ciklikusan növekvő finomságú csíkokból áll. A szimulációs eredmények így összehasonlíthatóvá váltak, hiszen a paraméterek egyértelműen és jól kézben tarthatóak, és ahol szükséges, egy etalon, nem összerakott hologram minőségével összehasonlítva illusztráltam a javulást.

Végeredményben a korrelációs illesztésről egyértelműen kiderült, hogy jól alkalmazható, segíti a rekonstrukciók helyes illesztését, a felbontás javul a kontakt illesztéshez képest. A kontakt illesztés eredményei is jók, hiszen már ez is egy kiterjesztése a CCD méretének, de korrelációs illesztéssel jelentősen tudunk javítani ezen, esetektől függően akár egész csíkcsoportokkal is jobb eredményt érhetünk el. A korrelációs illesztés a kontakt illesztéshez képest nem jár jelentős számítási többlettel, futási ideje jóval a rekonstrukciós idők alatt marad.

Irodalom:

1. U. Schnars, W. Jueptner, "Digital Holography", *Springer-Verlag Berlin Heidenberg*, 2005
2. W. Osten, P. Ferraro, "Digital Holography and Application", *MEMS/MOEMS Inspection in Optical Inspection of Microsystems*, W. Osten, ed., Rochester, New York, 2007

Holografikus adattárolásban alkalmazott fázismodulált adatlapok kódolása kettőstörő kristály segítségével

Sarkadi Tamás, V. évf.

Konzulensek: Dr Koppa Pál, Dr Lőrincz Emőke, Atomfizika Tanszék

Napjainkban megnövekedett az igény a nagy tárolókapacitású és kiemelkedő adatbiztonságot nyújtó adattárolók iránt. A holografikus úton történő optikai adatrögzítés lehetőséget biztosít a felmerült igények kielégítésére. A holografikus adattárolók közül egyik leghatékonyabbnak a Fourier-hologramok rögzítésével működő típus ígérkezik a szakirodalom szerint [1]. Itt a tárolni kívánt bináris adatokat mátrixba rendezzük, majd fénymodulátor segítségével koherens fény hullámfrontjába kódoljuk. A modulált hullámfrontot optikailag Fourier-transzformáljuk, majd a transzformált hullámfrontot referencia nyaláb segítségével rögzítjük hologram formájában, arra alkalmas fotorezisztív közegben.

Az adatok hullámfrontba kódolására több folyadékkristály cellákkal megvalósított megoldás létezik [2] melyek közül a fázismodulációs kódolás előnyösebb. Alkalmazása esetén kiküszöbölhetőek a Fourier síkban mért átlagos intenzitást nagyságrendekkel meghaladó térfrekvencia-csúcsok. A fázisban információt hordozó, de térben homogén intenzitású nyalábok adattartalmának kiolvasása nehézségekbe ütközik, hiszen kiolvasáskor az adathordozó hologram rekonstrukciójaként előálló nyalábot rendszerint CCD kamerával detektáljuk, amely csak a fény intenzitására érzékeny.

A fázismodulált hullámfront információtartalmának intenzitáskép formájában történő megjelenítésére kettőstörő kristályt alkalmaztam. [3] A hullámfrontot megfelelően orientált optikailag anizotróp kristályon átvezetve két hasonló fáziseloszlású hullámfront jön létre. Az extraordinárius sugármeneten végighaladt hullámfront geometriailag eltolt képe az ordinárius hullámfrontnak. Ezen két hullámfront interferenciáját hozzuk létre a CCD kamera detektorfelületén. Az egymáshoz képest eltolt hullámfrontok interferenciájának intenzitáseloszlásából megfelelő adatkódolás esetén helyre tudjuk állítani az eredeti, hologramban fázismoduláció útján rögzített adatokat. A módszer nagy előnye, hogy a hullámfrontot önmaga eltolt képével interferáltatjuk, így kiküszöböljük a hologram rögzítésekor valamint kiolvasáskor bekövetkezett leképezési- és fázishibákat. Munkám során összeállítottam a fent vázolt adattároló rendszer kísérleti modelljét, valamint numerikus szimulációját is létrehoztam számítógép segítségével. Megvizsgáltam, hogyan függ az adatok kiolvasáskor elkövetett hibák száma a hologram méretétől, melyből következtetni lehet az adattárolóval elérhető legnagyobb adatsűrűsége. Tanulmányoztam, miként romlik az adattárolás hatékonysága a fénymodulátor valamint az anizotróp kristály nem megfelelő beállítása esetén, vizsgáltam a rendszerben előforduló kritikus paraméterek kiolvasási hibára gyakorolt hatását. Több különböző adatkódolási módszert is kipróbáltam, majd megállapítottam, melyik kódolás alkalmazható nagyobb biztonsággal adattároló rendszerben. Bízom abban, hogy munkámmal hozzájárultam egy hatékony holografikus adattároló rendszer tervezéséhez.

Irodalom:

1. H.J. Coufal, D. Psaltis G.T. Sincebox, "Holographic data storage", 2000
2. J. Reményi, L. Domján, P. Koppa, G. Szarvas, "Amplitude, phase, and hybrid ternary modulation modes of a TN liquid crystal display at 400nm", Optik 382-390, 2002
3. P. Koppa, "Phase to amplitude image conversion technique for holographic storage and optical encryption", Applied Optics, **46**, Issue 17, pp. 3561-3571, 2007

Digitális hologramok felbontásának növelése

Séfel Richárd, V. évf.

Konzulens: dr. Kornis János, Fizika Tanszék

A digitális holográfiában alapvető fontosságú a képrögzítő eszközünk, vagyis a CCD kameránk felbontása. A kamerának meg kell tudni örökíteni a holografikus rácsot. Ez egy átlagos pixelméretű kamerával (6 μ m) 100cm távolságban lévő 5cm méretű tárgyra teljesül. Ennél közelebbi távolságban a felvett kép már többé-kevésbé alulmintavételezett. A nem elegendő felbontás megghiúsíthatja a hologramok rögzítését vagy az interferogramok kiértékelését.

A képek felbontásának javítására a számítógépes képfeldolgozás irodalmában fellelhető módszerek közül többet is adaptáltam. A megoldások egyik csoportja egy nagyobb felbontású „szuperkép” állít elő kissé elmozdított detektorral rögzített képekből. Az elmozdítás szabályos és szabálytalan is lehet, de nem haladhatja meg a pixelméretet. A „szuperkép” nemcsak a képrögzítő eszköz, hanem a rekonstruált kép síkjában is elkészíthetjük. Ekkor megváltozik a kamera mozgathatóságának lépésköze.

A módszerek közös tulajdonsága, hogy $M \times M$ méretű képekből N^2 számú rögzítünk. Ekkor a szuperkép előállítás módszerrel egy $NM \times NM$ méretű képet állíthatunk elő, melyben egy pixel mérete $\Delta x/N$, ahol Δx az eredeti pixelméret.

Munkám során szimulációkat végeztem, mérési elrendezéseket állítottam össze és az elvégzett mérésekkel vizsgáltam a felbontás növelésére irányuló módszerek hatékonyságát és hasznosságát a digitális holográfiában. A felbontás növekedésének mérése céljából mérési sorozatokat végeztem speciális felbontóképesség vizsgáló ábrákkal.

Dolgozatomban bemutatom a tanulmányozott módszereket, előnyeiket, hátrányaikat, illetve alkalmazhatóságuk határait. Különböző esetekben demonstrálom a felbontás növekedését, illetve az interferogramok könnyebb kiértékelhetőségét.

Irodalom:

1. U. Schnars, W. Jueptner, “Digital Holography – Digital Hologram Recording, Numerical Reconstruction, and Related Techniques”, Springer, 2005
2. Bracewell, “The Fourier Transform and Its Applications”, McGraw-Hill, 1965
3. Tod R. Lauer, “Combining undersampled dithered images”, *Publications of the Astronomical Society of Pacific*, **111**, 227-237, 1999
4. A. S. Fruchter, R. N. Hook, I. C. Busko, M. Mutchler, “A package for the reduction of dithered undersampled images”, *HST Calibration Workshop Space Telescope Science Institute*, 518-528, 1997

Nanokristályos gyémántrétegek szintézise és alkalmazása

Somogyi András, III. évf.

Konzulens: Dr. Hárs György, Csíkvári Péter; Atomfizika Tanszék

A gyémánt értéke és szépsége mellett számos olyan jelentős fizikai és kémiai tulajdonsággal rendelkezik, melyek az ipari alkalmazások fontos alapanyagává tették, ill. a tudományos kutatások középpontjába helyezték [1]. A természetben előforduló tömbi gyémánt azonban sok esetben nem teszi lehetővé ezen hasznos tulajdonságok kihasználását, ezért vékonyrétegek (filmek vagy bevonatok) létrehozása szükséges a felhasználási módoktól függően különböző szubsztrátokon. Megfelelő rétegek előállítására a megoldást az alacsony nyomású kémiai gőzfázisú leválasztás (CVD: Chemical Vapour Deposition) technika kínálja, melyet az utóbbi néhány évtizedben fejlesztettek ki, s ma már a világ számos helyén használnak és fejlesztenek tovább [2]. A technológia lényege, hogy valamely szénhidrogén tartalmú gázt termikusan bontanak (disszociáltatnak), és az így keletkező reaktív gyökök, molekulák, ionok különböző mechanizmusok útján építik fel a létrehozni kívánt struktúrát (vékonyréteget). A technológia igen nagy előnye, hogy kompatibilis a hagyományos félvezető technológiai ill. mikromegmunkálási eljárásokkal [3].

A nanokristályos gyémánt - NCD: Nanocrystalline Diamond, vagy bizonyos esetekben UNCD: Ultrananocrystalline Diamond - (mint a szén egy újabb fázisa) sp^3 kötésű, <100 nm-es kristallitokból (a leválasztási paramétereiktől függően a szemcseméret akár~ 3-5 nm) felépülő réteg, mely kb. 5-20 nm-es felületi érdességet mutat [4]. Az anyagtudomány számára jelentősége abban áll, hogy a gyémánt kiváló fizikai és kémiai paramétereinek megtartása mellett, további, méretéből következő igen ígéretes tulajdonságokkal rendelkezik. Ilyenek például: a kiváló térkitöltés; a kialakuláshoz szükséges alacsonyabb aktivációs energia ami a növesztési hőmérséklet csökkentését teszi lehetővé; igen nagy nukleációsűrűséget mutat, amely egyszerre biztosít igen jó tapadást a hordozóhoz, ill. önhordó nanogyémánt membránok kialakítását is lehetővé teszi.

Az Atomfizika Tanszék Felületfizika Laboratóriumában végzendő kutató munka során feladatatom volt, hogy megoldjam a nanokristályos gyémánt vékonyrétegek mikrohullámú plazmával aktivált kémiai gőzfázisú leválasztással (MWPECVD) történő kialakítását, valamint ezen rétegek áramlásmérő szenzor-struktúrákon történő szelektív területi leválasztását. A nanokristályos gyémánt rétegek előállításához a leválasztás paramétereit jelentősen meg kellett változtatni. A különböző paramétercsaládok mellett a kialakuló réteg morfológiáját pásztázó elektron mikroszkóppal (SEM) illetve összetételét Raman-spektroszkópiával vizsgáltam. A munka során sikerült nanokristályos gyémánt rétegeket előállítani, valamint összefüggéseket felállítani a kialakult réteg minősége és a megfelelő leválasztási paraméterek között. Ezen eredményeket Si alapú, Si_3N_4 -el litografált áramlásmérő szenzorok passzív korrózió védelmének kialakítására használtam fel. Ezen szenzorok működésének lényege, hogy egy mikrofütestet négy oldalról hídkapcsolást alkotó hőmérséklet érzékeny ellenállással vesznek körbe (így az áramlási sebességet hővezetés alapján mérve), ahol a vezető szálakat poliszilícium, ill. platina segítségével alakítják ki, melyeket mindkét oldalról gyémánt védőbevonattal kellett korrózióállóvá tenni.

Irodalom:

1. Karl E. Spear, John P. Dismukes, "Synthetic Diamond: Emerging CVD Science and Technology", *Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons INC., New York*, 1994
2. Liu H., Dandy D. S., "Diamond Chemical Vapour Deposition", *William Andrew Publishing/Noyes*, 1995
3. Csorbai, A. Kováts, G. Hárs, C. Dücső, E. Kálmán, P. Deák, "Microwave-CVD Diamond layers on 3D structured Si for Protective Coating", *Diamond and Related Materials* **11**, p519-522, 2002
4. O.A. Williams, T. Zimmermann, M. Kubovic, A. Denisenko, E. Kohn, R.B. Jackman and D.M. Gruen In: D.M. Gruen, O.A. Shenderova and A.Y. Vul, Editors, "Synthesis, Properties and Applications of Ultrananocrystalline Diamond", *Springer*, 2005

Optimális jelteljesítmény meghatározása CWDM optikai hálózatokban a fizikai hatások figyelembevételével

Szabó Áron, IV. évf.

Konzulens: Zsigmond Szilárd, Távközlési és Médiainformatikai Tanszék

Napjaink növekvő sávszélesség-igénye maga után vonja az optikai távközlési hálózatok rohamos fejlődését. Az optikai adatátviteli rendszerek napjainkra elterjedt egyik szabványosított eljárása a DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing, sűrű hullámhosszosztásos multiplexálás), amely kiválóan alkalmas a nagy sebességű adatátvitel megvalósítására nagy távolságok között. A DWDM 16-320 csatorna továbbítását teszi lehetővé ugyanazon szálon belül, miközben a csatornák az ITU (International Telecommunication Union) szabvány szerint egymástól 50, 100 vagy 200 GHz-re vannak, ami az 1550nm körüli működési tartományban 1nm körüli csatornáközt jelent. A csatornák sebessége 2,5Gb/s, 10Gb/s és 40Gb/s lehet. A DWDM hálózatok hátránya a költségesség. A nagy távolságú, nagy átviteli kapacitást biztosító hálózatok kiépítési költsége jóval magasabb, mint a kis távolságú, alacsonyabb átviteli sebességgel működő hálózatok kiépítési költsége. A nagyon kis csatornáköz megkívánja többek között a passzív WDM elemek (multiplexerek, demultiplexerek) igen keskeny hullámhossz szerinti szűrését és hőmérsékletstabilizált adólézerek alkalmazását.

A kisebb méretű belvárosi hálózatokban (MAN, Metro Area Network) a cél az adatok eljuttatása a felhasználókhöz minél közelebb. Itt költségtakarékos, de megfelelő sebességű megoldásra van szükség.

Erre kínál lehetőséget a CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing) szabvány, ahol a csatornatávolság a DWDM-énél jóval nagyobb, 20nm, a csatornánkénti sebesség pedig 2,5Gb/s. Ez lehetővé teszi az olcsóbb, direkt modulációjú, hűtés nélküli és stabilizálatlan adólézerek alkalmazását és a DWDM-énél kevésbé precíz, így olcsóbb passzív komponensek használatát. A költséget tovább csökkenti, hogy a CWDM hálózat nem tartalmaz aktív erősítőket.

A nagyobb áthidalható távolság érdekében szükséges a szálba csatolt teljesítmény növelése, ezzel azonban felerősödnek a nemlineáris hatások, amelyek jelentősen rontják a jel minőségét.

A dolgozat célja, hogy analitikus számolás segítségével konkrét eredményt adjon a fizikai hatások miatti jelminőség-romlásra CWDM hálózatokban, és ezzel együtt megadja azt a teljesítménytartományt, amelyben a jelminőség a legoptimálisabb lesz. A figyelembe vett effektusok: az adólézerek zaja, a kromatikus (reziduális) diszperzió, valamint a CWDM hálózatok esetében jelentős nemlineáris effektusok: a stimulált Raman szórás és a stimulált Brillouin szórás.

Irodalom

1. Govind P. Agrawal, „Nonlinear Fiber Optics”, 3rd edition, Academic Press, 2001
2. „Adding/Splitting Nodes With Limited Glass Using CWDM Technologies”; *Central FL SCTE Chapter Presentation*, 2006
3. P.P. Iannone, K. C. Reichmann, L. H. Spiekman: „Amplified CWDM Systems”, *IEEE*, 2003

NUKLEÁRIS TECHNIKA SZEKCIÓ

Helyszín: R ép. IV. em. 438.

Zsúri Elnök: dr. Szatmáry Zoltán, Egyetemi Tanár
Nukleáris Technika Intézet

Zsúri Tagok: dr. Adorján Ferenc, Tanácsadó
Országos Atomenergia Hivatal
dr. Zoletnik Sándor, Főosztályvezető
KFKI RMKI Plazmafizikai Főosztály
dr. Zsolnay Éva, Egyetemi Docens
Nukleáris Technika Intézet

- 08³⁰** Jeszencsák Péter (II.), Negyedik generációs ólomhűtésű atomreaktorok irodalomkutatása, Konzulens: dr. Aszódi Attila és Kiss Attila, Nukleáris Technikai Intézet
- 08⁵⁵** Kleizer Gábor, Orosz Tamás (IV.), A paksi atomerőmű reaktor-berendezéseinek és sugárvédő betonszerkezeteinek felaktiválódására vonatkozó számítások pontosítása, Konzulensek: dr. Fehér Sándor és dr. Czifrus Szabolcs, Nukleáris Technika Intézet
- 09²⁰** Nagy Viktor (III.), A TriTel űrdozimetriai teleszkóp tesztelése LED-ekkel, Konzulens: Hirn Attila, KFKI AEKI ; dr. Zagyvai Péter, Nukleáris Technika Intézet
- 09⁴⁵** Oroszlány Endre (VIII.), Geofizikai célú nukleáris szondák vizsgálata, Konzulens: dr. Czifrus Szabolcs és Balázs László, Nukleáris Technika Intézet
- 10¹⁰** Papp Gergely (IV.), Koherens struktúrák láthatóvá tétele az AUG tokamak lágy Röntgen diagnosztika jeleiből wavelet alapú zajszűréssel, Konzulensek: Dr. Pór Gábor és Pokol Gergő, Nukleáris Technika Tanszék
- 10³⁵** Reiss Tibor (V.), Csatolt neutronfizikai-termohidraulikai programrendszer a HPLWR reaktortípus tanulmányozására, Konzulens: dr. Fehér Sándor és dr. Czifrus Szabolcs, Nukleáris Technika Tanszék
- 11⁰⁰** Sikó Lóránt és Kókai Zsófia (III.), Korróziós vizsgálatok szuperkritikus nyomáson, Konzulens: dr. Horváth Ákos, KFKI-AEKI; dr. Fehér Sándor, Nukleáris Technika Intézet
- 11²⁵** Szepesi Gábor (V.), Az MHD Rayleigh-Taylor-instabilitás toroidális plazmákban, Konzulens: Veres Gábor, KFKI-RMKI

Negyedik generációs ólomhűtésű atomreaktorok irodalomkutatása

Jeszencsák Péter, II. évf.

Konzulens: Dr. Aszódi Attila, Nukleáris Technikai Intézet,
Kiss Attila, Nukleáris Technikai Intézet

Az emberiség energiaigénye napjainkban is hatalmas, azonban a jövőben várhatóan nagymértékben növekedni fog. Fosszilis forrásaink fogytán vannak, alkalmazásuk környezetszennyező. Az energiaproblémák megoldását nagyban segíthetik az atomerőművek. Ezekkel szemben a társadalmi ellenállás nagyobb a radioaktív hulladékok miatt.

Az új típusú, negyedik generációs atomerőművek ez utóbbi problémát is megoldhatják. A negyedik generációs reaktorok kutatásának keretében hat koncepciót vizsgálnak. Ezek egyike az ólom- valamint ólom-bizmut hűtésű atomreaktorok koncepciója. Ezek a berendezések a villamosenergia előállítása mellett alkalmasak lesznek hidrogén ipari mennyiségű előállítására, moduláris kiépítésben elszigetelt területek energiaellátására, valamint a radioaktív hulladékokban lévő hosszú felezési idejű izotópok átalakítására, transzmutációjára.

Az ólomhűtésű reaktorok kutatása a világ számos országában folyik. Az Európai Unió például az EUROTRANS program keretében végez széles körű kutatás-fejlesztést a transzmutációs berendezések és a negyedik generációs reaktorok témakörében. Számos európai országban létesítettek termohidraulikai, anyagtechnológiai, reaktortechnikai kísérleti berendezéseket. A kísérleti eredményeket közvetlenül felhasználják egy európai kísérleti ADS, valamint az első ipari célú európai transzmutációs berendezés tervezése során. Egy ilyen termohidraulikai kísérleti berendezés létesült Svédországban, a Royal Institute of Technology (KTH) intézményben. A Nukleáris Technikai Intézet partner kapcsolata révén lehetőség adódhat ezen berendezésen kísérleti, kutatási munkát végezni.

Dolgozatom teljes mértékben irodalomkutatási mű, saját tudományos eredményt még nem tartalmaz, hiszen jelenleg kezdem csak el a 2. évfolyamot az egyetemen. Céloom a reaktor koncepció, a koncepció sajátosságai, az ólom kezelésének sajátosságai, az eddigi kutatások, a jövőbeli kutatási feladatok részletes megismerése a jövőbeli tudományos diákköri kutatásaim megalapozása céljából.

A feldolgozott témakörök a következők: az ólomhűtésű reaktorok kutatásának történeti áttekintése; az alkalmazott nehézfémek kiválasztásának szempontjai; reaktor koncepciók összehasonlítása, a nátriumhűtésű és az ólomhűtésű reaktorok összevetése; az ólom hatása az emberi szervezetre – az ólom kezelésének szabályai; eddigi kutatási eredmények, jövőbeli kutatási feladatok; létező kísérleti berendezések bemutatása; a svédországi TALL kísérleti berendezés bemutatása.

Irodalom:

1. OECD/NEA Nuclear Science Committee, Working Group on Lead-bismuth Eutectic, “Handbook on Lead-bismuth Eutectic Alloy and Lead Properties, Materials Compatibility, Thermal-hydraulics and Technologies”, *OECD/NEA*, 15-25., 25-88., 597-663., 663-679., 679-685, 2007
2. J. Carlsson, K. Tucek, H. Wider, “Comparison of Lead and Sodium-cooled Reactors – Safety, Fuel Cycle Performance and Some Economical Aspects”, 2005
3. W. Ma, E. Bubelis, A. Karbojian, B.R. Sehgal, P. Coddington, “Transient experiments from the thermal-hydraulic ADS lead bismuth loop (TALL) and comparative TRAC/AAA analysis”, *Nuclear Engineering and Design* **236**, 1422-1426, 2006

A paksi atomerőmű reaktor-berendezéseinek és sugárvédő betonszerkezeteinek felaktiválódására vonatkozó számítások pontosítása

Kleizer Gábor, Orosz Tamás, IV. évf.

Konzulensek: Dr. Fehér Sándor, Dr. Czifrus Szabolcs, Nukleáris Technika Intézet

Nemzetközi szakirodalmi adatok arra utalnak, hogy a paksi atomerőműhöz hasonló, nyomottvizes reaktorral üzemelő erőművek leszerelése során keletkező úgynevezett leszerelési radioaktív hulladékok döntő hányadát (aktivitásban mérve mintegy 99%-át) a neutronsugárzás következtében felaktiválódott reaktor-berendezések és a reaktorok körüli sugárvédelmi betonszerkezetek teszik ki. Az aktivitás fennmaradó 1%-a kontaminálódott technológiai rendszerek, illetve épületszerkezetek felületein található.

A paksi atomerőmű leszerelésének és a keletkező hulladékok tárolásának előkészítésére irányuló eddigi tervezési tevékenységek során a szakemberek hazai konkrét adatok hiányában nemzetközi szakirodalmi adatokat használtak. Az ebből adódó bizonytalanságok csökkentése érdekében a BME Nukleáris Technikai Intézete 2005-2006 folyamán a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Társaság (RHK Kht.) felkérésére számításokat végzett a fent említett összaktivitás 99%-át reprezentáló reaktorok, illetve az azokat körülvevő biológiai védelmek aktivitásának és pontos izotóp-összetételének meghatározása.

A számításokhoz jól ismert, nemzetközileg elfogadott, sokoldalúan tesztelt számítógépi programokat használtak. A reaktorban és a körülötte lévő betonban kialakuló neutronteret a diszkrét ordinátás módszerrel működő TORT és a Monte Carlo módszeren alapuló MCNP programokkal határozták meg. Az aktiválódás és bomlás számítását a SCALE programcsomag ORIGEN moduljával végezték.

Az ORIGEN program használata azonban kisebb bizonytalanságot vitt be a számításokba. Ez a program ugyanis mindössze három neutronenergia-csoporttal számol, az egyes csoportokra vonatkozó hatáskeresztmetszeteket előre meghatározott – LWR-spektrumra súlyozott – értékekkel veszi figyelembe. Ennek megfelelően az ORIGEN program a neutronspektrum leírására mindössze három spektrális paramétert (THERM, RES és FAST) használ, amelyet a felhasználónak kell az inputban megadnia.

Mivel az MCNP program folytonos neutronenergia-skálán számol, a paksi aktiválódási számítások során a neutronspektrumok a fenti leírásnál jóval pontosabban kerültek meghatározásra. Ezért felvetődött az a lehetőség, hogy ha az aktiválódási reakciósűrűségeket közvetlenül az MCNP programmal határozzuk meg, akkor a Bateman-egyenletek megoldásával a spektrális torzítások nélkül, pontosan kiszámíthatjuk a különféle izotópok mennyiségének időbeli alakulását.

TDK-munkánk a fenti számítási sémát megvalósító program létrehozására irányult. A program a Bateman-egyenletek analitikus megoldásán alapul, és képes felhasználni az MCNP által generált, nagy felbontású neutronspektrumból számított reakciósebességeket. Ezt a következő modulok alkalmazásával értük el:

- Az MCNP adattárából hiányzó, a számításokhoz nélkülözhetetlen befogási hatáskereszt-metszetek betöltését végző modul.
- Maga az MCNP program, ami a geometriai és anyagi adatok alapján meghatározza a neutronfluxus-eloszlást, illetve a reakciósűrűségeket.
- A Bateman-egyenleteket az adott esetre megoldó modul.

A dolgozatban a Bateman-egyenletek megoldását, ezek felhasználását a felaktiválódott anyag összetételének kiszámítását ismertetjük, összehasonlítva a korábbi értékekkel.

Irodalom:

1. Jerzy Cetnar, “General solution of Bateman equations for nuclear transmutations”, <http://www.sciencedirect.com>

A TriTel űrdozimetriai teleszkóp tesztelése LED-ekkel

Nagy Viktor, III. évf.

Konzulens: Hirn Attila, Zagyvai Péter

A 2000-ben indult SSETI (Student Space Exploration and Technology Initiative) programba 2005-ben kapcsolódott be az MTA KFKI AEKI űrdozimetriai csapata a TriTel fejlesztésével. A TriTel egy három pár átmenő típusú félvezető szilícium detektorból álló sugárzásmérő detektor [1].

A mérések során a kapuzott és a kapuzatlan spektrum egyaránt meghatározható. Előbbi esetben csak a mindkét detektoron áthaladó, ezáltal mindkettőben jelet adó részecskéket detektáljuk, míg az utóbbi esetben csak az egyik mérődetektor jelét vizsgáljuk.

A háromtengelyű teleszkóp alkalmazását a tér minden irányából való közel egyenletes érzékenység mellett az is indokolja, hogy míg a galaktikus sugárzás közelítőleg homogén és izotróp, addig a sugárzási övezetekben kialakult tér és a szoláris eredetű sugárzás kis kúpszögben irányított. Ez utóbbi esetben a sugárzás irányának mérése is szükséges.

A szilíciumdetektorok tulajdonságai lehetővé teszik számunkra az egész analóg és digitális jelfeldolgozó lánc LED-ekkel való tesztelést. A LED megvilágítja a detektorlapkákat, a geometriából adódóan egy kis része közvetlenül világítja meg, nagyobb része viszont a teleszkóp faláról történő visszaverődés során jut el a detektorba. A detektor érzékeny térfogatában ezek a fotonok, mivel energiájuk meghaladja a tiltott sáv szélességét szilíciumban, ionizálhatnak (elektron-lyuk párt hozhatnak létre a félvezetőben), vagy energiájukat másra (pl. gerjesztésre) fordíthatják.

Az ionizációkor a keletkező töltéspárok jelennek meg a detektor kimenetén. A detektor elektronikájának időfelbontásának idején belül beérkező fotonok által keltett töltéshordozó párok a kimeneten ugyanahhoz az egy jelhez adnak járulékot. Mivel a LED-ekkel való ellenőrzés lehetséges, a TriTel-be tesztelési célból impulzusüzemű LED fényforrások lesznek beépítve.

A világűrbe felküldött műszereknél mindig gondot jelentett, hogy az erőforrások nem végtelenek, gazdálkodni kell az árammal valamint figyelni kell a nagymértékű hőmérsékletingadozásra is, így munkám során a LED-ek optimális üzemi paramétereit határoztam meg. A detektorkimenet egy PCA4kN típusú PC-s sokcsatornás analízátorkártyával volt összekötve, így a kártyához tartozó PC-s szoftverrel elemeztem a detektor-kimenetet.

Először kalibrációs mérésekkel kezdtem, mely során felvettem egy 5,3 MeV-es Po-210-es alfaspektrumot, vizsgáltam a zajt végül pedig az erősítőfokozatokat. Ezt követően már LED-ekkel teszteltem hullámhossz, LED-impulzushossz, LED-áram, végül hőmérséklet szerint. A mérési eredményeket a dolgozatom tartalmazza, valamint az előadás során ismertetni fogom őket.

A mérések kezdetekor a TriTel geometriájához hasonló detektor-geometriát használtam, majd pedig a végleges geometriával. A dolgozat tartalmaz egy összehasonlítást is a különböző geometriájú esetek között, amit szintén ismertetni fogok az előadás során.

Irodalom:

1. T. Pazmandi, S. Deme, E. Lang, „Space dosimetry with the application of a 3D silsicon detector telescope: response function and inverse algorithm”, *Radiation Protection Dosimetry* **120**, 401-404, 2006

Geofizikai célú nukleáris szondák vizsgálata

Oroszlány Endre, VIII . évf.

Konzulens: dr. Czifrus Szabolcs, Nukleáris Technika Intézet,
Balázs László, Nukleáris Technika Intézet

A mélyfúrású geofizikai mérések célja a kőzet típusának és egyéb fizikai tulajdonságainak meghatározása. Ehhez a különböző fizikai jellemzőket (például a kőzet elektromos ellenállását) mérik a mélység függvényében. A geofizikában használt nukleáris módszerek közül a természetes gamma-háttér megmérése a többi nukleáris módszerrel szemben az az előnye, hogy nem kell hozzá semmilyen különleges sugárforrás, hiszen, mint a neve is mutatja, a talajban mindig meglévő, kőzetminőséggel összefüggő mennyiségben jelenlevő, nagy energiájú természetes gammasugárzó izotópokat használja fel a mérések során. A ^{40}K (1,46 MeV), ^{214}Bi (1,76 MeV) urán-sor, ^{208}Tl (2,62 MeV) tórium-sor által emittált gamma fotonokat használják spektrális méréseknél, ezen kívül a kevésbé pontos és más kiegészítő mérések nélkül nem feltétlenül kiértékelhető integrális mérési módszert is alkalmaznak, mert sokkal gyorsabban elvégezhető és emiatt kevesebb költséggel jár. A méréseket általában NaI(Tl) vagy CsI(Na) szcintillációs detektorokkal végzik, de a régi Geiger-Müller-számláló módszert is mindmáig alkalmazzák. Az előnyei miatt az integrális mérést minden 50 méteres mélységet meghaladó fúrás esetén el szokták végezni. A módszer nagy előnye a hagyományos módszerekkel szemben, hogy a mérést meg lehet ismételni azt követően is, hogy az úgynevezett bélésű (a lyuk beomlását megakadályozó, általában acél vagy műanyagcső) behelyezésre került.

A természetes gamma méréseket Monte-Carlo módszerrel modelleztem. A szimulációk során két, természetes gamma-sugárzás mérésére szolgáló szonda (egy integrális és egy spektrális) viselkedését vizsgáltam gyakorlatban is előforduló körülmények közt. Az általam vizsgált szondák NaI(Tl) szcintillációs kristállyal működnek. A feladataim közé tartozott a jelenleg használatos korrekciógörbék felülvizsgálata (szükség esetén új korrekciófaktorok meghatározása), melyekkel a mérést terhelő különböző zavaró hatások kiküszöbölése a cél. Az eddigi, elsősorban elméleti számításokra használt, meglehetősen egyszerű és sok közelítést tartalmazó mérési modelleket a Monte-Carlo módszer használatával sokkal inkább a valós mérési körülményekhez igazítottam, és elvégezhetővé vált eddig még nem vizsgált paraméterek hatásának számítása is.

Modelleztem termálvizes fúrásokban végzett méréseket is, azzal a céllal, hogy hatékonyabbá válhasson a kiértékelés. A termálvíz kinyerése szempontjából fontos, hogy mekkora az átlagos szemcseméret és mekkora a porozitása az adott kőzetnek. A szimulációk során homokot és agyagtípusokat vizsgáltam, illetve ezek különböző arányú keverékét, a szintén fontos tömörödöttség három kategóriája szerint (tömör, közepesen tömör, laza). A szimulációk másik körében, a későbbiek során validáló mérés céljára is használható, hitelesítésre használt (homok és kálium-nitrát keverékből álló) etalonokat modelleztem. A szokásos kalibrációs mérést is elvégeztem laboratóriumi körülmények között.

Koherens struktúrák láthatóvá tétele az AUG tokamak lágy Röntgen diagnosztika jeleiből wavelet alapú zajszűréssel

Papp Gergely, IV. évf.

Konzulensek: Dr. Pór Gábor, Nukleáris Technika Tanszék,
Pokol Gergő, Nukleáris Technika Tanszék

A jövő egyik ígéretes energiaforrása a magfúzió. Egy stabilan működő, energiatermelő fúziós erőmű építése napjainkban még nem lehetséges, ugyanis vannak még fel nem térképezett jelenségek a fúziós plazmában: ilyen például a különböző instabilitások [1], vagy az üzemanyaglövedékek (pellet) kérdésköre is. Jelenleg a kutatásban legelőrehaladottabb fúziós berendezések a tokamakok. Ez a munka a Max Planck Institut für Plasmaphysik tokamakján, az ASDEX Upgrade-en (AUG) készül.

A plazma a karakterisztikus- és a fékezési sugárzásból eredően erőteljes elektromágneses sugárzást bocsájt ki a spektrum lágy-röntgen (SXR) tartományában. Az SXR kibocsájtás erősségéből különböző plazmaparaméterekre lehet következtetni. Az SXR detektálását csak vonalintegrált módon lehet megtenni a plazma szélén elhelyezett detektorokkal. Amennyiben instabilitásokat, fluktuációkat, vagy egyéb struktúrákat szeretnénk vizsgálni, szükséges a háttér és a zaj elkülönítése.

Az általunk alkalmazott zajszűrő módszer a wavelet-analízis. [2] Ennek során a jelet ortogonális jelösszetevőkre bontjuk. A zajszűréshez gyors wavelet transzformációt alkalmazunk. Ez egy dikszkrét transzformáció, melynek folyamán a különböző waveleteknek megfelelően alul- és felüláteresztő szűrők sorozatát alkalmazzuk a jelen. Az így kapott komponensek súlyát módosítjuk, majd a transzformáció inverzével visszaállítjuk az immáron szűrt jelet.

A dolgozatban azt vizsgáljuk, hogy milyen sikerrel lehet a wavelet alapú zajszűrést alkalmazni arra a célra, hogy az általunk vizsgált struktúrák sugárzási többletét a plazma háttérsugárzásától elkülönítsük.

Irodalom:

1. V. Igochine, S. Günter, M. Maraschek and ASDEX Upgrade Team, "Investigation of complex MHD activity by a combined use of various diagnostics", *Nuclear Fusion* **43**, 1801-1812, 2003
2. S. Mallat, "A wavelet tour of signal processing", *Academic Press*, second edition, 2001

Csatolt neutronfizikai-termohidraulikai programrendszer a HPLWR reaktortípus tanulmányozására

Reiss Tibor , V. évf.

Konzulens: Dr. Fehér Sándor és Dr. Czifrus Szabolcs, Nukleáris Technika Tanszék

A 4. generációs reaktorok egyik típusa a Szuperkritikus Nyomású Vízhűtésű Reaktor (SCWR), amelynek európai változata a High-Performance Light Water Reactor (rövidítve: HPLWR) elnevezésű reaktor. A reaktor aktív zónájában jelenlévő szuperkritikus nyomású víz két funkciót lát el: hűti az üzemanyag kazettákat és lassítja a neutronokat (moderál). Eközben sűrűsége nagyon jelentősen változik: a 230 °C-os melegeedés során (280°C-ról 510°C-ra) közelítőleg a tizedére ($0,77 \text{ g/cm}^3$ -ről $0,08 \text{ g/cm}^3$ -re) csökken. Így egy lokális hőmérséklet- és sűrűség-ingadozásra hajlamos rendszer alakul ki. Tovább növeli ezt az ingadozási hajlamot az a körülmény, hogy a szuperkritikus víz sűrűsége 372 és 392°C között drasztikusan változik.

E reaktortípus tanulmányozására 2006-ban elkészült egy programrendszer, amely képes volt a stabil egyensúlyi pont megtalálására, továbbá a reaktor stacionárius teljesítmény-eloszlásának vizsgálatára az üzemanyag függőleges profilírozásának függvényében. Ezt a programrendszert fejlesztettük tovább, és így a reaktor aktív zónájának realisztikusabb modelljéhez jutottunk. A programrendszer 3 modulból épül fel:

A neutronfizikai modul az MCNP kódot használja a térbeli fluxus- és teljesítmény-eloszlás meghatározására.

A termohidraulikai modul a tömeg-, impulzus- és energiaegyenleteket oldja meg. A legtöbb változtatás ebben a programrészben történt az előző (2006. évi) verzióhoz képest. Ezek közül az egyik legfontosabb az, hogy az új verzió az aktív zóna alsó régiójában a zónatartó kosár és a reaktortartály között lefelé áramló víz miatt a moderátor és a hűtőközeg között fellépő fordított hőátvitelt is figyelembe tudja venni.

A csatolási modul fő feladatai változatlanok maradtak: paraméterek inicializálása, kommunikáció szabályozása az előbbi két modul között, eredmények kiértékelése.

A továbbfejlesztett programrendszerrel végzett számítások eredményeit a 2006-os számításokkal összehasonlítva egyértelművé vált, hogy az új modell a HPLWR realisztikusabb leírását adja.

A programrendszerrel kiterjedt paramétervizsgálatot végeztünk: vizsgáltuk a tömegáram-hányadosok változtatásának, különböző hőátadási tényezőt számító formulák használatának és a dúsítás változtatásának hatását.

Az új programrendszerhez illesztettük az ORIGEN kiégésszámító kódot, így az aktív zóna időbeli változásairól (üzemanyag kiégés, Xe- és Sm-mérgezettség stb.) is szereztünk információkat. Többek között beigazolódott, hogy a kiégés előrehaladása ennél a reaktortípusnál is egyenletesebbé teszi a térbeli teljesítmény-eloszlást.

Irodalom:

1. Horváth D., Reiss T., Fehér S., Czifrus Sz., „Csatolt neutronfizikai és termohidraulikai számítások a HPLWR típusú reaktor axiális dúsítási profiljának meghatározására”; *BME-TTK TDK*, 2006
2. T. Reiss, Sz. Czifrus, S. Fehér, “Coupled neutronics and thermohydraulics calculations with burn-up for HPLWRs”, *to be published in Progress in Nuclear Energy*

Korróziós vizsgálatok szuperkritikus nyomáson

Sikó Lóránt, Kókai Zsófia, III. évf.

Konzulens: dr. Horváth Ákos, KFKI-AEKI és Dr. Fehér Sándor, BME-NTI

Mindennapi életünk és tevékenységünk szorosan függ a rendelkezésünkre álló és felhasznált energiától. Az elmúlt években a villamosenergia termelése folyamatosan növekszik, és nincs okunk feltételezni, hogy ez a jövőben másként lesz. Környezetbarát változások csak a fosszilis energiatermelés ma még jelentős (70% feletti) részarányának csökkenésekor következhetnek be. A megújuló energiaforrások részarányának számottevő növekedésére nem lehet számítani, a fúziós energiatermelés ma még nem megoldott, javulás rövidtávon tehát csak az atomerőművek részarányának növekedésétől várható.

A nemrég 50 éves születésnapját ünneplő nukleáris energetikai technológia még fiatal, nagy növekedési potenciállal rendelkezik. A világon jelenleg üzemelő reaktorok gyakorlatilag a második generációs reaktorok közül kerülnek ki, amelyek 85%-ban vízű reaktorok. A negyedik generációs atomerőművek a jövő erőművei. Jelenleg még csak tervezés szintjén léteznek, de létrehozásuk érdekében komoly nemzetközi projekt indult, melyet az Egyesült Államok Energiaügyi Minisztériuma (*Department of Energy, DOE*) kezdeményezett. A projekt egyik célja az atomenergia elfogadtatása. A DOE megítélése szerint erre a harmadik generációs erőművek nem alkalmasak, mert bár műszaki kifogás nem merül fel ellenük, nem fejleszthetők tovább azokon a területeken (pl. üzemanyagciklus), ahol ez szükséges lenne. Az új típusú atomerőművekkel szemben alapvető követelmény a természeti erőforrások takarékos felhasználásán keresztül a fenntartható fejlődéshez való hozzájárulás.

A negyedik generációs atomerőművek közül a szuperkritikus nyomású vízű reaktor (SCWR) a mostanság használatos nyomottvízes reaktor (PWR) továbbfejlesztése. Előnye a szuperkritikus vízzel hűtött reaktornak az, hogy a víz kritikus nyomása felett a szuperkritikus víz nem megy át fázisátalakuláson, és itt a hőenergia hatékonyan kinyerhető. Fosszilis erőművek már régóta működnek szuperkritikus nyomáson és 500°C feletti hőmérsékleten, alig ismert viszont, hogyan viselkednek a szerkezeti anyagok szuperkritikus nyomáson sugárzás jelenlétében. Komoly kihívást jelent olyan fűtőelem-burkolat kiválasztása, amely elegendően vékony és átlátszó a neutronokra nézve, ugyanakkor elegendően vastag és korrózióálló.

Több cikk és tanulmány elolvasása után vált világossá számunkra, hogy a korrózió tanulmányozása szuperkritikus nyomáson viszonylag új kutatási terület, amellyel érdemes foglalkozni. Ennek megismerése új utat nyithat a reaktorfejlesztésben, egyúttal fontos a fenntartható fejlődés szempontjából is. Úgy gondoljuk, hogy korlátozott erőforrásaink jobb kihasználásában lényeges szerepe lesz a negyedik generációs reaktoroknak, amelyek fejlesztésébe mi is szeretnénk bekapcsolódni dolgozatunkkal.

A szerkezeti anyagok korróziós vizsgálatait során rendszerint a fémes anyag felületén lejátszódó oxidációs folyamatokat követik nyomon különböző paraméterek – közeg összetétel, hőmérséklet, nyomás, idő – függvényében. Munkánkban áttekintést adunk a KFKI AEKI-ben fejlesztett szuperkritikus nyomású autoklávról, és első korróziós kísérleteink eredményéről. Célul tűztük ki, hogy különböző ideig, magas hőmérsékleten és nyomáson (500°C, 25MPa) korrodált minták korróziós kinetikáját fogjuk tanulmányozni a tömegváltozás és optikai mikroszkópos felvételek alapján. A saját eredményeink mellett röviden ismertetjük mások eredményeit is a szakirodalom áttekintésével.

Irodalom:

1. Vidovszky István, „A jövő atomerőművei”, *Fizikai Szemle*, 118.p, 2005/4
2. Jeong-Yong Park, Hyun-Gil Kim and Yong Hwan Jeong, “Corrosion Behavior of Zr-Nb Alloys in 360 °C Water and 500 °C Supercritical Water”, *Metals and Materials International* **12**, No.6, 493-507 pp., 2006

Az MHD Rayleigh-Taylor-instabilitás toroidális plazmákban

Szepesi Gábor, V. évf.

Konzulens: Veres Gábor, KFKI-RMKI

A magneto-hidrodinamikai (MHD) instabilitások két fő csoportra oszthatók annak megfelelően, hogy mi az a fizikai paraméter, aminek a térbeli gradiense hajtja az instabilitást. Ha a fizikai paraméter az áramsűrűség, akkor *kink* instabilitásról, ha a kinetikus nyomás, akkor kicserélődési (*interchange*) instabilitásról beszélünk. Ez utóbbiak közé tartozik, és egyben azok legtipikusabb képviselője, a Rayleigh-Taylor instabilitás.

A hidrodinamikai Rayleigh-Taylor instabilitás akkor fejlődik ki, ha egy fajsúlyosabb folyadékot kevésbé fajsúlyos tart egyensúlyban a nehézségi erő ellenében. Az instabilitás következtében a két folyadék helyet cserél, és így jut stabil egyensúlyi helyzetbe. Az MHD Rayleigh-Taylor instabilitás esetében a fajsúlyt a plazma kinetikus nyomása, a nehézségi erőt pedig egy hidrodinamikai erő helyettesíti. Az instabilitás kifejlődésének következtében a nagyobb kinetikus nyomású (nagyobb sűrűségű) tartományok helyet cserélnek a kisebb kinetikus nyomású tartományokkal.

A szabályozott termonukleáris fúziós kutatásokban elsőrendű fontosságú a plazma minél jobb összetartása. Nyilvánvaló, hogy az MHD Rayleigh-Taylor instabilitás megjelenése a plazmában nagymértékben befolyásolja annak összetartását.

Dolgozatomban levezetem az MHD Rayleigh-Taylor instabilitás növekedési ráta együtthatóját a kezdeti paraméterek függvényében. Az így kapott integro-differenciális kifejezést kiértékelem toroidális geometriájú plazmákra és bemutatom a mágneses nyírás stabilizáló, illetve a mágneses görbület destabilizáló szerepét. Végezetül az eredményeket alkalmazom a toroidális fúziós berendezések szél plazmájában fellépő *Edge Localised Mode* (ELM) instabilitás magyarázatánál.

Irodalom:

1. P. M. Bellan, "Introduction to Plasma Physics", *Cambridge University Press*, 2006
2. G. Bateman, "MHD Instabilities", *MIT Press, London*, 1982

FÉNYFORRÁSOK SZEKCIÓ

Helyszín: F ép. III. lph. mfszt. 1.
(Fizikai Intézeti Szemináriumi szoba)

- Zsúri Elnök:** dr. Balázs László, Innovációs Igazgató
Lighting Innovation, GE Consumer & Industrial
- Társelnök:** dr. Lőrincz Emőke, Egyetemi Docens
Fizikai Intézet, Atomfizika Tanszék
- Zsúri Tagok:** dr. Nyulászi László, Tanszékvezető, Egyetemi Tanár
Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszék
- dr. Gyimóthy Szabolcs, Egyetemi Docens
Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék
- dr. Kocsányi László, Egyetemi Docens
Fizikai Intézet, Atomfizika Tanszék

- 08³⁰** Hernádi Zoltán (IV.), Lineáris fénycsövekben lejátszódó anyagtranszport vizsgálata, Konzulensek: dr. Hárs György, Atomfizika Tanszék; Bakk István, GE C&I Lighting
- 08⁵⁵** Luczi Melinda (IV.), Nagynyomású nátriumlámpák kerámiája és fénytartása közötti kapcsolat vizsgálata, Konzulensek: dr. Madarász János, Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszék; Tóth Zoltán, GE HID Technológia
- 09²⁰** Molnár Balázs (III.), Magas hőmérsékletű anyagtudományi kutatások kisülőlámpákban, Konzulensek: Dobos Gábor és dr. Giber János, Atomfizika Tanszék; dr. Böröczki Ágoston, GE Hungary
- 09⁴⁵** Straszner András István (IV.), Nagyteljesítményű kerámia kisülősövek termikus viszonyainak tanulmányozása termokamerával, Konzulensek: dr. Bakonyi Zoltán, GE Lighting; dr. Maák Pál, Atomfizika Tanszék
- 10¹⁰** Szabó Sándor Viktor (IV.), Fénycsőballaszt vezérlése hálózaton átvitt jelek segítségével, Konzulensek: dr. Berta István és dr. Kiss István, Villamos Energetika Tanszék; Maros István, GE Hungary
- 10³⁵** Szanda István (IV.), LED chip fénykicsatolásának hatásfoknövelése, Konzulensek: dr. Koppa Pál, Atomfizika Tanszék; Bakk István, GE Innov.

Lineáris fénycsövekben lejátszódó anyagtranszport vizsgálata

Hernádi Zoltán, IV. évf.

Konzulensek: Dr. Hárs György (BME), Bakk István (GE)

Modern világítástechnikai eszközeink között a lineáris fénycsöveknek kitüntetett szerepe van. Népszerűségüket többek között annak köszönhetik, hogy 80%-kal kevesebb energiát fogyasztanak, és várható élettartamukban egy nagyságrenddel jobbak a hagyományos izzólámpáknál. Napjaink energiagazdálkodási és környezetvédelmi irányelveit figyelembe véve egyértelmű, hogy a kutatások folytatására és a technológia továbbfejlesztésére nagy szükség van.

A kisülési csövekben alkalmazott elektródák anyaga párolgás és porlasztás révén a kisülő lámpa gázterébe kerül, majd az üzemelés során a cső belső falára lerakódik, és a cső feketedését okozza. Mivel a fénycsövek előregedését elsősorban az elektródák fogyása okozza, ez a folyamat alapvetően meghatározza a fényforrás élettartamát. A párolgási és porlasztási folyamatok csökkentésével jelentős élettartam-növelést lehetne elérni, ezért fontos feltérképezni a cső belsejében lejátszódó anyagtranszportot, megismerni a lerakódott feketedést okozó réteg összetételét és a lerakódás kinetikáját.

A téma címének megfelelően a lineáris fénycsövek működésének tanulmányozásával kezdtem a munkámat. Megismerkedtem a fényforrás működésének elvi alapjaival, a gyártási technológia lépéseivel, és a GE kísérleti laborjában gyakorlati ismeretekre is szert tettem: tanulmányoztam a kisülési folyamatot, és az elektródák működésével szorosan összefüggő fizikai jellemzőket.

Első célom az volt, hogy a lerakódó feketedést okozó réteget szekunderion tömegspektroszkópiai (SIMS) módszerrel vizsgálhassam. Ennek megvalósíthatóságát azzal tettem lehetővé, hogy olyan kísérleti fénycsöveket készítettem, amelyekben az elektróda körül egy vékony tantál-fólia van, így a fényforrásban lejátszódó anyagtranszport során a lerakódás nem az üveg belső falán jelenik meg, hanem ezen a fólián. Az elkészült kísérleti fénycsöveket a GE laborjában égették, majd a fénycsövek feltörése után el tudtam végezni a tantál-fólián lévő lerakódás felületanalitikai vizsgálatát SIMS módszerrel (ez az üveg görbült szigetelő felületén nem lett volna lehetséges).

Kísérleti munkám során megismerkedtem a SIMS berendezésen történő mérések kivitelezéséhez szükséges elméleti és gyakorlati ismeretekkel, végrehajtottam az első kísérlet-sorozatot, és elvégeztem azokat a számításokat, amelyek a mért eredmények kiértékelését lehetővé teszik. A méréseimet számítógéppel vezéltem az Atomfizika Tanszéken rendelkezésre álló program segítségével, az adatok feldolgozására és a grafikus megjelenítésére pedig saját programot készítettem.

A TDK dolgozatban, illetve az előadáson összefoglalom az anyagtranszport vizsgálatában elért eredményeket, a lerakódás rétegstruktúrájával kapcsolatban megismert részleteket, és kísérletet teszek a látottak elméleti indoklására is a vonatkozó irodalmak ismeretében.

Irodalom:

1. Giber J., „Szilárd testek felületfizikája”, *Műszaki Könyvkiadó, Budapest*, 437-470, 1987
2. W. Elenbaas, “Fluorescent Lamps”, *Crane, Russak & Company, New York*, 1971
3. Vágó Gy., „Plazma technológiák – SIMS rétegvizsgálatok”
4. <http://www.kfki.hu/~elftvakuum/pub/wplazma/plaz623.htm>

Nagynyomású nátriumlámpák kerámiája és fénytartása közötti kapcsolat vizsgálata

Luczi Melinda, IV. évf.

Konzulensek: Tóth Zoltán, GE Hungary Rt., HID Technology;,
Dr. Madarász János, BME Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék

A nagynyomású nátriumlámpák (High Pressure Sodium, HPS) kiválóan alkalmasak olyan nagy felületek gazdaságos megvilágítására, ahol mérsékelt színvisszaadás is elegendő. Fényhasznosításuk nagyon magas (akár 150 lumen/W), élettartamuk igen hosszú (a névleges élettartam elérheti a 32000 órát is). E kedvező tulajdonságoknak köszönhetően nélkülözhetetlenné vált a kültéri világításban: hidak, alagutak, közutak, épületek megvilágítására alkalmazzák. [1] Természetesen az élettartam további növelésével, a korai meghibásodások kiküszöbölésével még vonzóbbá tehető a vásárlók körében.

A lámpa fő alkotóeleme az áttetsző, polikristályos alumínium-oxidból készült égőtest. Ennek belsejében történik a fényt adó kisülés, így működés közben az égőtest fala magas hőmérsékleten (akár 1200 °C) ki van téve a plazmát alkotó agresszív nátrium gáznak. A lámpa tartósége tése során elváltozások, elszíneződések figyelhetők meg az égőtestet alkotó kerámiában, amelyek befolyással lehetnek a lámpa fénytartására is. A kerámiacsövet extrém kísérleti körülményeknek alávetve ezen elváltozások felgyorsíthatóak, illetve új, a tartósége tése során nem, vagy csak kisebb mértékben tapasztalt elváltozások is felléphetnek. Céлом, a kerámiacső bizonyos elváltozásainak feltérképezése, a jelenség pontosabb megismerése, a lámpa fényáramtartására és élettartamára való esetleges hatásának kimutatása, a kiváltó ok(ok) behatárolása..

Munkám során néhány különböző extrém kísérleti és gyártási körülmények között készített, elszíneződött lámpák kisülőcsövéből származó keresztcsiszolatot, illetve töreket vizsgáltam. Optikai mikroszkópos vizsgálattal a keresztcsiszolaton érdekes, meghatározott alakú mintázatot tapasztaltam, az elváltozások leginkább a szemcsehatárok közelében koncentráálódtak. Ezt követően a minták felületét, energiadisziperzív analizátorral felszerelt pásztázó elektron mikroszkóppal (SEM) elemeztem. Az elemanalízis az égőtest belső oldalán nátriumot, báriumot, kalciumot és wolframot mutatott. A Ba, Ca, W, elektronemissziós anyagból (Ba_2CaWO_6) származik, a W forrása lehet maga az elektróda is. A nátrium pedig a kisülésből kerül a kerámiacső felületére. A kerámiacső más részén nem található ilyen koncentráltan nátrium, csak az elszíneződések helyén. A nátrium eloszlása jellegzetes képet mutat, az emissziós anyag köré koncentrálik.

A lezajló jelenségek megértéséhez tisztázandó, hogy pusztán fizikai folyamatokról van-e szó, vagy történik valamilyen – például kémiai reakcióval járó– folyamat. A kerámiák különböző részeit XRD és XPS technikával vizsgáltam. Az XRD elemzés csak a minta főfázisát: alfa- Al_2O_3 -t tudott kimutatni. XPS technikával vizsgálva a mintákat Na-t detektálni az elváltozást mutató részen nem sikerült. Tapasztalataink arra mutatnak, hogy egyszerű diffúziós folyamattal állunk szemben. Meg kell azonban jegyezni, hogy ha van is kémiai elváltozás, az a szemcsehatárok mentén történik, ami a minta tömbi részének kis százaléka, így a teljes vizsgált térfogatban a műszerek detektálási határa alatt maradhat. Ezért további, más módon készített csiszolatok elemzését tervezzük.

Magas hőmérsékletű anyagtudományi kutatások kisülőlámpákban

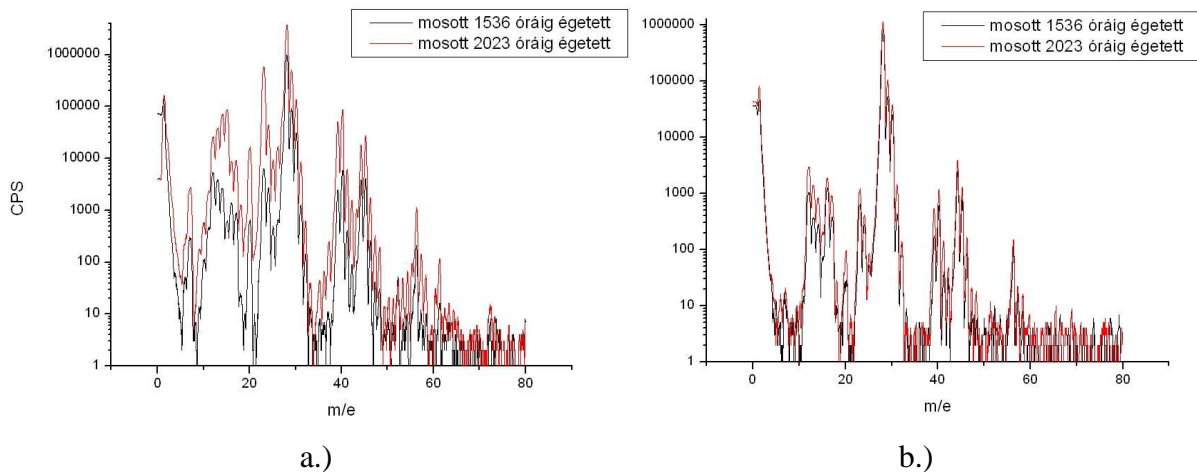
Molnár Balázs, III. évf.

Konzulensek: Dobos Gábor tudományos segédmunkatárs, BME AFT,
Dr. Giber János professzor emeritus, BME AFT,
Böröczky Ágoston, GE Hungary Rt. Tungsram Lighting

A TDK munka a G. E. Aschner Lipót ösztöndíj-pályázat azonos című témájaként íródott, melyben a d2-es autólámpa falának korrózióját vizsgáltam. A d2-es lámpák fala kvarcüveg, mely kellően magas transzmissziójú, azaz szinte gyengítés nélkül engedi át a fényt. Szerkezetét tekintve amorf. A lámpa működése során nagyon magas hőmérsékletű ív keletkezik, fényt a benne lévő adalékanyagok gerjesztésével kapunk. Ezen kis lámpák közelítőleg pontforrásként üzemelnek, mely fényét reflektorok segítségével jól le lehet képezni. Főbb előnyei közé tartozik, jó hatásfokuk, kiváló színvisszaadásuk. [1] A kisülő kamrában működés közben uralkodó magas hőmérséklet, nagy nyomás és az agresszív adalékanyagok megváltoztatják a kisülőkamra falát, melynek sugárzási paraméterei ennek következtében degradálódnak, romlanak mechanikai tulajdonságai. A kvarcüveg amorf jellege folytán hosszantartó magas hőmérsékleten átkristályosodási, devitrifikációs folyamatok indulnak meg benne. Ez a kezdetben sima kisülőkamra falat érdekessé teszi, így rajta szóródni fog a fény, ezáltal romlik a fény nyalábtulajdonsága. Ugyanakkor a lámpa működése során az ívben keletkező ionok a falat porlaszthatják, vagy akár bele is implantálódhatnak. Az adalékanyagok - elsősorban a magasabb hőmérsékletű részeken – reakcióba lépnek a kisülőcső falával, majd a reakciótermékek a hidegebb, ív alatti részek felé diffundálnak, ahol lerakódások keletkeznek. Egyes összetevők akár át is diffundálhatnak a falon, ez adalékfogyáshoz, idővel a lámpa tönkremeneteléhez vezet. Ma a fémhalogénlámpák élettartalmára vonatkozó kutatások egyik sarkalatos pontja a kamrafal degradációjának vizsgálata, lásd például: [2], [3]. Munkám során a fent említett folyamatok kutatását és megértését tűztem ki célul. A fémhalogénid lámpa falának tanulmányozásával észrevettem a szerkezetében, valamint összetételében bekövetkező változásokat. Vizsgálataimat különböző ideig égetett, eltérő gyártási technológiával készített valódi lámpákon és eltérő adalékoltaságú modellmintákon végeztem.

A valódi lámpákon SIMS (Secunder Ion Mass Spektroszkópia) berendezéssel, valamint optikai és elektronmikroszkóppal végeztem méréseket. SIMS-el a kisülőkamra falának felületi összetételét derítettem fel. A mélyebb rétegek összetételének meghatározását előzetesen nagy energiás Ar⁺ ionok bombázása után tudtam vizsgálni. Számos eltérést tapasztaltam a különböző ideig égetett lámpákban.

Például: Az 1536-ig, valamint a 2023-ig óráig égetett lámpák összehasonlító grafikonja lentebb található, mely porlasztás nélkül (a) és 55 perce porlasztás utáni (b) spektrumokat veti össze:



Látható, hogy a két lámpa felületén jelentős eltérések tapasztalhatók, de a mélyebb - közel 100nm-es - rétegekben, hasonló összetétel figyelhető meg.

A d2-es lámpákban jelentős több száz fokok hőmérsékletkülönbség alakul ki a fémhalogenid adalékkal érintkező hidegpont és az ív fölötti melegpont között. Ennek modellezésére olyan hosszú 12cm-es mintákat készítettem, mely hőkezelése során közel ugyanilyen hőmérsékletkülönbség lép fel. A tanszéken nem állt rendelkezésünkre kellően magas hőmérsékleten és ideig működni tudó kemence, ezért megterveztem és építettem egyet. Ez képes az általunk kívánt 1000°C-os hőmérsékletet és 12cm-en 210°C hőmérsékletkülönbséget elérni. Kemencémben most is folynak a hőkezelési munkálatok. Segítségével a különböző adalékok hatását kutathatjuk, hiszen a meglévő hőmérsékletkülönbség hatására beindulnak a várt transzportfolyamatok, mely hatására a kisülőcső fala, a meleg oldalon vékonyodik a hidegen vastagodik. Ezen folyamatok mértékét próbáljuk modellezni az 4,8mm vastagságú és 12cm hosszú mintákkal. Ezeket egyenletesen főszeletem és az egyes szeletek tömegét megmértem, így tudjuk megkülönböztetni a különböző adalékok agresszivitását. A transzportfolyamatok vizsgálata a felületi összetétel meghatározására valamint a falban lévő anyagok kémiai állapotára is kiterjed. Ehhez XPS-t használok. Ezen berendezésben a sikeres mérés elvégzéséhez már nagyobb 1cm-es átmérőjű 12cm hosszú modellmintákra lesz szükségem, hosszantartó hőkezelésének a kezdete a napokban lesz esedékes.

Irodalom:

1. J.R. Coaton, A.M. Marsden, "Lamps and Lighting", Wiley, New York, 1997
2. Böröczky Á., "Plazma és elektróda folyamatok, degradációs jelenségek nagynyomású kisülőlámpákban", Ph.D. értekezés, BME, 2006
3. W. van Erk, T. Rietveld, "Transport of Silicon and Silica in Rare Earth Metal Halide Discharge Lamps", 1985

Nagyteljesítményű kerámia kisülőcsövek termikus viszonyainak tanulmányozása termokamerával

Straszner András, IV. évf.

Konzulensek: Dr. Bakonyi Zoltán (GE), Dr. Maák Pál (BME)

A korszerű mezőgazdasági termelésben fontos szerepe van a növényeket érő fény mennyiség pontos szabályozásának az előállított termék minőségének egyenletesebbé tétele, valamint mennyiségének növelése érdekében. A kívánt fény sűrűség elérésére nagyteljesítményű kisülőlámpákat alkalmaznak, melyek kisülőcsövei többnyire polikristályos alumínium-oxid kerámiából készülnek. A kerámia kisülőcső hőmérséklete befolyásolja a lámpa gázterében található részecskék abszorpciójának és a kisülőcső falában történő diffúziójának sebességét, ezáltal hatással van a gázterben található anyagok parciális nyomására, koncentrációjára, így meghatározza a lámpa teljesítményét, hatásfokát és élettartamát. Ezért fontos a kerámiacső hőmérséklet-eloszlásának, a gradiensek nagyságának, valamint ezek időbeli változásának ismerete a kisülőlámpák élettartamának meghosszabbítása érdekében.

A lámpatestet élettartamának növelése végett vákuumot vagy alacsony nyomású védőgázt tartalmazó kvarc-, vagy üvegburában helyezik el. A hőmérséklet meghatározása ezért a kisülőcső által kibocsátott termikus (infravörös) sugárzás detektálásának útján lehetséges. Dolgozatomban ezért először a világítástechnika alapfogalmait és a sugárzásmérésen alapuló hőmérséklet-meghatározási módszerek elméleti alapjait mutatom be, ismertetem a kisülőcsövek működési elvét, valamint betekintést nyújtok a nagyteljesítményű kisülőlámpák gyártási folyamatába.

A dolgozat fő részében az elvégzett termikus méréseket és azok kiértékelésének menetét ismertetem. A kisülőcsövek hőmérsékletének meghatározására rövid és közepes hullámhosszú infravörös tartományban működő termokamerát, valamint pirométert használtam. A mérést különböző elektrodaelrendezésű és eltérő mennyiségű védőgázt tartalmazó kísérleti lámpákon végeztem el, amelyek lámpatestein a gyártás során ismert fajlagos sugárzó-képességű festékpontokat helyeztünk el. A lámpákat változtatható nagyteljesítményű áramforrásról működtetve mértem a pontok hőmérsékletét különböző teljesítményeken, valamint a lámpák be- és kikapcsolásakor. Ezenkívül a várt üzemi teljesítményen pirométerrel is mértem a pontok hőmérsékletét, a kamera kalibrálása céljából. Megállapítottam, hogy a kerámia és a bura között töltőgáz alkalmazásával a kerámia kevésbé melegszik fel, ezért az égési feszültség és a lámpa teljesítménye kisebb, mintha ugyanitt vákuumot alkalmazunk.

Tárgyalom a rendelkezésre álló mintákon végrehajtott méréseket, valamint a termokamera saját szoftverének használatával feldolgozott adatokat. A tárgyalás kiterjed az adatok kiértékelésével megvalósítható optimális lámpaválasztásra; a termikus profilok és az időbeli változások ismeretében lehetségessé váló, a hőmérsékleti terhelés okozta meghibásodások kiküszöbölésére, a kisülőlámpák élettartamának további növelésére.

Összefoglalásképpen dolgozatomban új mérési módszereket mutatok be a kisülőlámpák hőmérséklet-eloszlásának az eddigieknél pontosabb és reprodukálhatóbb meghatározására, valamint a mérési eredmények felhasználhatóságát a termék optimalizálására.

Irodalom:

1. J. de Groot, J. van Vliet, „The high pressure sodium lamp”, *Kluwer Technische Boeken B.V., Deventer*, 1986

Fénycsőballaszt vezérlése X10 jelek segítségével

Szabó Sándor, IV. évf.

Konzulensek: dr. Berta István, dr. Kiss István, Villamos Energetika Tanszék;
Maros István, GE Hungary

Napjaink modern világítótestei, fénycsőballasztjai olyan új szolgáltatásokat nyújtanak, mint a fényerő széles tartományok közötti változtatása, illetve a távvezérelhetőség. Azonban sem a fénycsőveknél, sem a kompakt fénycsőveknél nem alkalmazható a hagyományos izzóknál elterjedt fázishasításos szabályzás.

Kaphatók olyan termékek, amelyek az új világítótesteket úgy próbálják a már meglévő rendszerekbe integrálni, hogy a fázishasítással nyert kapcsolt fázisból méréssel kivonják a kívánt fényerősségre vonatkozó információt, majd eszerint szabályoznak. Sajnos ezek a termékek bonyolultságuk ellenére sem mindig működnek megfelelően.

Egy lehetséges megoldás a szabályozójeleknek az energetikai hálózaton való átvitele (elterjedt rövidítéssel: PLC – power line communication.) Használata esetén nincs szükség új vezeték húzására, ezért kézenfekvő megoldás olyankor, ha a világítótesteket a vezetékezés teljes cseréje nélkül végzik. A dolgozat röviden áttekinti a PLC elterjedt protokolljait és szabványait; ezek közül a széles körben nemzetközileg alkalmazott X10 protokollt részletesen is tárgyalja.

A szerző összeállított egy olyan elrendezést, amellyel a hálózaton terjedő X10 jelek megbízhatóan mérhetők és demodulálhatók (a jelek tranziens jellege és kis amplitúdója miatt a triggerelés külön problémát jelent,) és méréseket végzett egy a kereskedelemben kapható X10-es egység adására vonatkozóan.

A szerző [1] alapján megtervezett és elkészített egy az X10 protokollt megvalósító vevőáramkört, amely egy Atmel AVR mikrokontrollerhez van illesztve. A mikrokontrollerre írt alkalmas program segítségével az egység képes az X10-es eszközök jeleit fogadni – majd a programba beépített DSI adó segítségével egy digitálisan szabályozható fénycsőballasztnak továbbküldeni a kiválasztott fényerősség-értékeket.

Fontos, hogy az egység képes a kereskedelemben kapható X10-es eszközök jeleinek vételére, ezekkel teljesen kompatibilis, illetve a ballaszt oldalán is egy elfogadott és általánosan használt protokollt (DSI) alkalmaz.

A megvalósított egység önállóan és helyesen működik; a szerző megítélése szerint további fejlesztésre jó alapot szolgáltat. Egyrészt viszonylagos egyszerűsége miatt könnyen miniaturizálható illetve integrálható, másrészt a beágyazott processzor sok kihasználatlan erőforrással rendelkezik így egyéb bonyolultabb feladatokat is elláthat.

Irodalom:

1. J. Burroughs, “X-10 Home Automation Using the PIC16F877A”, *Microchip Application Note AN246*

LED chip fénykicsatolásának hatásfoknövelése

Szanda István, IV. évf.

Konzulens: Koppa Pál dr. , Atomfizika Tanszék,
Balázs László, Bakk István, GE Innováció

A nagy fényerejű LED-ek a fényforrásipar újdonságai közé tartoznak. A LED-ek gyakorlati hasznosításának legfőbb problémája, hogy a fénykicsatolási hatásfokok igen alacsony. Míg a chip belsejében az ún. belső kvantum hatásfok igen magas- a bemenő elektromos teljesítmény 50%-100%-a fényteliessé alakul, addig az ún. külső kvantum hatásfok – a lámpából kilépő fényteliessé és a bevitt elektromos teljesítmény aránya- igen alacsony, közvetlen félvezető-levegő határfelületen csak 1,5 % ¹.

Munkámban ennek lehetséges okait vizsgáltam. A modellezés eszköze a Zemax nevű programmal történt nullahullámhosszú-közelítés volt. A program nem sorrendi üzemmódjában felépítettem egy tipikus rétegstruktúrát. A rétegstruktúrában elhelyezett forrásból a program Monte-Carlo szimuláció segítségével sugarakat generál, a terjedés és a törések mellett a Fresnel-veszteségeket és az abszorpciót is figyelembe veszi.

Arra jutottam, hogy az alacsony hatásfok fő oka a LED chip gyártásánál alkalmazott félvezetők magas törésmutatója, amely alacsony teljes visszaverődési határszöveget és rendkívül magas Fresnel-veszteségeket okoz. E probléma legegyszerűbb megoldásának azt találtam, hogy ha a chipet beágyaztam egy magasabb törésmutatójú közegbe ($n=1,5$ törésmutatójú gél), hatásfok 5,3 %-ra növekedett. Egy másik ígéretes lehetőségként azt vizsgáltam, hogy a chip köré megfelelően felépített alumínium tükrökből álló másodlagos optikát építettem. Ezzel 8,3 %-os hatásfokot értem el.

Az így elkészített modell érvényességét több Cree LED-en végzett kísérlet segítségével ellenőriztem.

GOFI típusú goniométerrel felvettem a LED sugárzási iránykarakterisztikáját, a felépített modellével összehasonlítottam.

A Radiant Imaging cég SIG típusú goniométerével feltérképeztem a LED közeltéri sugárzási karakterisztikáját. Zemaxban modelleztük a mérőeszközt, majd a mérési adatokból Zemax bemeneti fájtt készítettem. Így a felépített és a mérési adatokból generált LED modellt ezen a virtuális mérőeszközön össze tudtam hasonlítani, belőlük detektorképeket készítettem.

A LED-ről eltávolítottam a lencsét, majd különböző átmérőjű, 200 mm hosszú üvegrudakba történő fénybeesés hatásfokát vizsgáltam, a szimuláció eredményét mérésekkel ellenőriztem.

A modellt az elvégzett mérések összeségében alátámasztották.

A továbbiakban különféle, chip felületére helyezett hullámhossz alatti struktúrákat szeretnék tervezni, azok fénykicsatolásra gyakorolt hatását szimulálni.

Irodalom:

1. "Handbook of Optics Volume I", *McGraw-Hill, Inc*, page 12.7, 1995