



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Természettudományi Kar



2008. november 19.

NAPIREND

Az előadások hossza 20 perc + 5 perc diszkusszió!

A hallgatók előadásai

08³⁰ - 13⁰⁰ 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



SEMILAB Félvezető Fizikai Laboratórium Zrt.

Álláslehetőség fizikusoknak

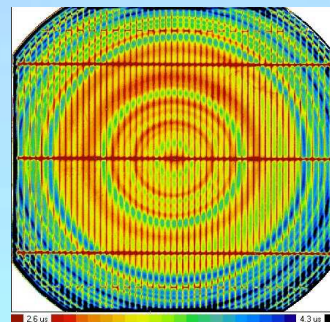
A cég fő profilja anyagvizsgáló mérőberendezések fejlesztése / gyártása a félvezető- és napelemipar számára.

Stand alone – WT-3000



A fizikusok feladata:

- kutatás-fejlesztés,
- készülék bemérés,
- installálás,
- szervizelés,
- applikáció.



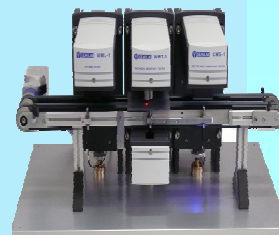
Érintett területek: anyagtudományok, félvezető-, szilárdtest-fizika, elektronika és optika.

Projekt partnereink és vásárlóink: IMEC, ST Microelectronics, Fraunhofer, BME, KFKI, IBM, SOITEC, Texas Instruments, Sanyo, LG, Toyota, Q-Cells, REC, Scanwafers és még sokan mások.

Semilab-os kirendeltségek és leányvállalatok megtalálhatóak a világ számos országában, például: Kína, Japán, Németország, USA, Franciaország, stb.

Amit nyújtani tudunk a jövődöbéli fizikus kollégáknak:

- versenyképes fizetés
- kellemes munkakörnyezet
- nemzetközi környezet és tapasztalatszerzés
- béren kívüli juttatások, jutalom
- diplomaírási lehetőség (témaválasztás)
- stabil, prosperáló vállalat



Ha cégünk felkeltette érdeklődésedet, a következő e-mail címen illetve telefonszámon keresztül szerezhettek bővebb információkat: hr@semilab.hu, 06(1) 382-4530



www.semilab.com

MATEMATIKA SZEKCIÓ

Helyszín: H ép. IV. em. 406.

- Zsúri Elnök:** dr. Simon Károly, Egyetemi Tanár
BME Matematika Intézet, Sztochasztika Tanszék
- Zsúri Tagok:** dr. Nagy Béla, Egyetemi Tanár
BME Matematika Intézet, Analízis Tanszék
- dr. Molnár-Sáska Gábor, Tudományos Főmunkatárs
Morgan Stanley Magyarország, Mathematical Modelling Centre
-
- 08³⁰** Kói Tamás (V.), Súlyozott gráfok paramétereinek becslése,
Konzulens: dr. Bolla Marianna, BME Sztochasztika Tanszék
- 08⁵⁵** Mánfay Máté (IV.), Poincaré egyenlőtlenség vizsgálata köcsönható Markov
folyamatokra, Konzulens: dr. Fritz József, BME Differenciálegyenletek Tanszék
- 09²⁰** Nagy Ákos (V.), Az $U(1)$ -Yang-Mills-egyenletek megoldásai a Riemann-Kerr
sokaságon, Konzulens: dr. Etesi Gábor, BME Geometria Tanszék
- 09⁴⁵** Nándori Péter (V.), Belső állapotú bolyongások által meglátogatott pontok száma,
Konzulens: dr. Szász Domokos, BME Sztochasztika Tanszék
- 10¹⁰** Pajor-Gyulai Zsolt (V.), A kétrészecskés síkbeli Lorentz folyamat modellezése,
Konzulens: dr. Szász Domokos, BME Sztochasztika tanszék
- 10³⁵** Rác Miklós Zoltán (IV.), Versengő árfolyamok: egy sztochasztikus kölcsönható
részecskerendszer vizsgálata, Konzulensek: dr. Balázs Márton és dr. Tóth Bálint,
BME Sztochasztika Tanszék
- 11⁰⁰** Szabolcs Barnabás (IV.), Az $SL(2, \mathbb{R})$ tér geodetikusai,
Konzulens: dr. Szilágyi Brigitta, BME Geometria Tanszék

Súlyozott gráfok paramétereinek becslése

Kói Tamás, V. évf.

Konzulens: dr. Bolla Marianna, BME Sztochasztika Tanszék

Manapság számos gyakorlati probléma vezet nagy és összetett gráfok tulajdonságainak vizsgálatához. Gráfparaméternek nevezzük az olyan gráfokon értelmezett függvényeket, melyek bármely két izomorf gráfon ugyanazt az értéket veszik fel. Azt mondjuk, hogy tesztelhető egy gráfparaméter, ha igaz az, hogy egy nagy gráf paraméterét jól tudjuk becsülni a gráfból véletlenül vett kis minták paraméterével. A gyakorlatban nagyon előnyös, ha egy paraméterről kiderül, hogy tesztelhető: ahelyett, hogy rengeteg számítási időt felhasználva megpróbálnánk meghatározni a paraméter értékét, megtehetjük, hogy kis mintákat veszünk, és a kis mintán gyorsan számolt értékekkel közelítjük a nagy gráf paraméterét.

Az 1990-es évek kezdeményeire támaszkodva Lovász László és munkatársai nagyon imponáló elméletet dolgoztak ki annak eldöntésére, hogy tesztelhető-e egy gráfparaméter. A gráfok terén bevezettek egy metrikát, és ezt a teret beágyazták egy kompakt metrikus térbe, az egységnyezeten értelmezett mérhető, szimmetrikus függvények terébe, az úgynevezett grafonok terébe, ezzel bizonyos értelemben általánosítva a gráf fogalmát. Ennek az elméletnek a felhasználásával több ekvivalens jellemzést adtak gráfok paramétereinek tesztelhetőségére. Különösen figyelemreméltó: akkor tesztelhető egy gráfparaméter, ha „ki lehet terjeszteni” a grafonok terére úgy, hogy a kiterjesztett paraméter folytonos egy bizonyos normában. Ezzel újabb szál került a kombinatorika és az analízis tudományá közé.

A TDK dolgozatom erről a témáról fog szólni. A témával úgy kerültem kapcsolatba, hogy a konzulensem érdeklődött egy mincutnak nevezett paraméter tesztelhetősége iránt. Gondot okozott az a tény, hogy bár a meglévő elmélet általános volt, a számunkra fontos tesztelési tételek csak egyszerű gráfokra lettek kimondva. A TDK dolgozat részben a súlyozott gráfokra vonatkozó tétel általam adott bizonyítását, részben a mincut tesztelhetőségére elért eredményeket tartalmazza. Utóbbiba konzulensemén kívül bekapcsolódott Friedl Katalin docens (BME-VIK) és Krámlí András professzor (Szegei Egyetem) is.

A fenti eredmény összességében nem más, mint a már meglévő fogalmak összeillesztése, és az egyszerű tesztelési tétel bizonyításának érvényben maradásáról való meggyőződés gráfelméleti segédeszközök és randomizálási technikák alkalmazásával. A TDK dolgozat ezen kívül tartalmazni fog számítógépes szimulációkat.

Irodalom:

1. Marianna Bolla, Gábor Tusnády, Spectra and optimal partitions of weighted graphs, Discrete Mathematics, 1994, Vol.128, 1-20
2. C. Borgs, J.T. Chayes, L. Lovász, V.T. Sós, K. Vesztergombi, Convergent Sequences of Dense Graphs I: Subgraph Frequencies, Metric Properties and Testing, arXiv:math/0702004v1, 2006
3. C. Borgs, J.T. Chayes, L. Lovász, V.T. Sós, K. Vesztergombi, Convergent Sequences of Dense Graphs II: Multiway Cuts and Statistical Physics, <http://www.cs.elte.hu/~lovasz/ConvRight.pdf>, 2007
4. László Lovász, Balázs Szegedy, Limits of dense graph sequences, J. Combin. Theory B96, 2006, 933-957
5. C. Borgs, J.T. Chayes, L. Lovász, V.T. Sós, B. Szegedy, K. Vesztergombi, Graph limits and parameter testing, Proc. of the 38th ACM Symp. Theory of Comp., 2006, 261-270

Poincaré egyenlőtlenség vizsgálata köcsönható Markov folyamatokra

Mánfay Máté, IV. évf.

Konzulens: dr. Fritz József, BME Differenciálegyenletek Tanszék

Folytonos idejű, véges állapotterű Markov folyamatok vizsgálatakor kulcsfontosságú az úgynevezett Poincaré egyenlőtlenség:

$$\sum_{\omega \in \Omega} \lambda(\omega) \varphi^2(\omega) \leq c \sum_{\omega \in \Omega} \lambda(\omega) \varphi(\omega) L \varphi(\omega) ,$$

ahol Ω az állapotteret, λ a stacionárius mértéket és L a folyamat generátorát jelöli. A fenti egyenlőtlenségből részecskerendszerek hidrodinamikai viselkedésével kapcsolatban vonhatunk le fontos következtetéseket, mint például a spektrális rés nagysága.

Dolgozatomban $\Omega = X^S$ szorzatteret vizsgálom, ahol $X = \{1, 2, \dots, n\}$ és $S = \{0, 1\}$ vagy $S = \{0, \pm 1\}$, gondolhatunk itt például egyenes mentén elhelyezkedő töltéssel rendelkező részecskékre. Ebben az esetben λ stacionárius mérték szorzatmérték lesz, itt jegyezzük meg, hogy a vizsgált modellekben L tipikusan nem ergodikus, mert bizonyos megmaradási szabályok érvényesek, ezért a kanonikus mértéket vizsgáljuk, ami nem más, mint a λ mérték megmaradási szabályok szerinti feltételes eloszlása.

Legegyszerűbb vizsgált modellünkben $S = \{0, 1\}$ és a folyamat során a konfiguráció elemein véletlen cseréket hajtunk végre, miközben a 1-esek és így természetesen a 0-ák száma is az egész folyamat során állandó marad. Ezt kizárásos folyamatnak nevezzük, melyet többek közt T. Funaki, K. Uchiyama, és H.T. Yau vizsgált és a Poincaré egyenlőtlenséget bizonyította is $c = 1/4n$ konstanssal.

Természetes továbbgondolása a problémának S halmaz bővítése. Dolgozatomban $S = \{0, \pm 1\}$ esetet vizsgálom, ahol mind az 1-esek, mind a 0-ák, mind a -1-esek száma állandó és újfent véletlen cserék jelentik a folyamatot, és bizonyítom a Poincaré egyenlőtlenséget erre a köcsönható folyamatra.

Végül kitérek az úgynevezett párkeltéses-irtásos folyamatra is, melyben $S = \{0, \pm 1\}$ halmaz változatlan viszont a véletlen cseréken kívül párkeltés és irtás is történhet: $(0, 0) \leftrightarrow (1, -1)$. Vagyis ha úgy tetszik két ellenkező töltéssel rendelkező részecske, úgymond semlegesítheti egymást, illetve keletkezhethet is egy pár ellentétes töltésű részecske. Ebben a folyamatban már csak egy megmaradó mennyiségünk van az össztöltés vagyis az 1-esek és -1-esek számának különbsége.

Irodalom:

1. T. Funaki, K. Uchiyama, H.T. Yau: Hydrodynamic limit for lattice gas reversible under Bernoulli measure
2. Laurent Saloff-Coste: Lectures on finite Markov chains

Az $U(1)$ -Yang-Mills-egyenletek megoldásai a Riemann-Kerr sokaságon

Nagy Ákos, V. évf.

Konzulens: dr. Etesi Gábor, BME Geometria Tanszék

Az $U(1)$ mércecsoporthú Yang-Mills egyenletek, az elektrodinamikai Maxwell egyenletek megfelelői Riemann 4-sokaságok esetén. (Itt a sokaság mindig egy irányítható, négy dimenziós sokaság, mely eleget tesz az euklideszi - pozitív definit metrikájú - Einstein egyenletnek.) A Riemann-Kerr sokaság az általános relativitáselméletből ismert Kerr-téridőnek (nem nulla perdületű feketelyuk téridejének) Wick-forgatottja, ami már Riemann sokaság.

A feladat több irányból is motivált. Először is tekintsük a Maxwell-egyenletek egy véges energiájú megoldását. Ez nem más, mint egy L^2 harmonikus 2-forma. A megoldás során kihasználjuk, hogy N. Hitchin egy tétele alapján, az ilyen megoldásokat mindig fixen hagyja a sokaság izometriacsoporthja, így vizsgálódásainkat az ilyen, invariáns 2-formák keresésével kezdjük. Továbbá belátható, hogy egy Ricci-lapos, végtelen térfogatú, geodetikusan teljes Riemann 4-sokaságon, mint amilyen a R-K is, az egyetlen nem eltűnő L^2 -kohomológia-csoport a második. Ezért megoldásaink a sokaság teljes L^2 -kohomológiáját generálják

Másrésztől fizikus szemmel ezen megoldások, mint egy véges energiájú elektromos és mágneses töltéssel is rendelkező mező-konfigurációk (dyon-ok) fontosak, így elméleti fizikai inspirációja is van a problémának.

Végül szerepe van az $SU(2)$ -Yang-Mills egyenletek speciális megoldásainak (az ún. instantonoknak) modulusterének meghatározásában. Mivel $U(1)$ felfogható, mint $SU(2)$ rész Lie-csoportja, ezért egy $U(1)$ -instanton egyben $SU(2)$ -instanton is. Továbbá ezen modulusterek szinguláris pontjait épp ezen megoldások adják, emiatt egyben ezekről a terekről is információt szerezhetünk.

Irodalom:

1. Kobayashi, S., Nomizu, K.: Foundations of Differential Geometry Volume I-II (Wiley Classic Library, 1996)
2. Dubrovin, B.A., Fomenko A.T., Novikov S.P.: Modern Geometry-Methods and Applications Part I. (Springer)

Belső állapotú bolyongások által meglátogatott pontok száma

Nándori Péter, V. évf.

Konzulens: dr. Szász Domokos, BME Sztochasztika Tanszék

A belső állapotú bolyongást, mint modellt, (továbbiakban RWwIS, a Random Walk with Internal States angol elnevezés rövidítéséből) Sinai definiálta 1981-ben. Eredeti célja az volt, hogy a matematikailag nehezen kezelhető Lorentz folyamatot közelíthetővé tegye RWwIS-ek segítségével (a belső állapotok a Markov felbontás elemei). Kiderült, hogy a RWwIS önmagában is érdekes, sőt más alkalmazásai is találhatóak, például sorbanállási rendszerek vizsgálatánál.

A modell az egyszerű szimmetrikus véletlen bolyongás általánosítása. A RWwIS esetén a d dimenziós kockarácson bolyongó részecske egyes lépései nem függetlenek egymástól, mint az egyszerű szimmetrikus véletlen bolyongásnál, hanem a belső állapotok Markov láncán keresztül összefüggenek. Ezáltal a jelenségek szélesebb köre vizsgálható, viszont természetesen a vizsgálati módszerek is nehezebbé válnak (például a komplex értékű Fourier transzformált helyett operátor értékű Fourier transzformált használata a célravezető).

Ennek a dolgozatnak a célja, hogy a Dvoretzky-Erdős klasszikus, a közönséges bolyongásokra vonatkozó cikkében található, a meglátogatott pontok számára vonatkozó tételeket általánosítsa RWwIS-re. Első eredményünk szerint magas dimenzió esetén ($d > 2$) az n ideig meglátogatott pontok számának várható értéke, ahogy azt a klasszikus esetre vonatkozó Pólya tétel is sugallja, sok, azaz n -nek konstansszorososa. Az érdekes eset a két dimenzió. Második eredményünk szerint ekkor ez az érték aszimptotikusan $c \cdot n / (\log n)$ - ahogy a Dvoretzky-Erdős cikkben is - azonban c függ a konkrét RWwIS paramétereitől. Ezekben az eredményekben kívül becslést adunk az n ideig meglátogatott pontok számának szórásnégyzetére is, ami által bizonyítani tudunk nagy számok gyenge, illetve erős törvényét.

A dolgozat döntő többségében analitikus és valószínűségszámítási érveléseket tartalmaz, de a fent említett két dimenziós esetben az eredmény megsejtéséhez szimulációkat is alkalmaztam.

Irodalom:

3. Dvoretzky-Erdős: Some Problems on Random Walk in Space, Proc. Berkeley Sympos. math. Statist. Probab., pp. 353-367 (1951)
4. Krámlí-Szász: Random Walks with Internal Degrees of Freedom, Zeitschrift für Wahrscheinlichkeitstheorie verw. Gebiete, 63, 85-95 (1983)

A kétrészecskes síkbeli Lorentz folyamat modellezése belső állapotú bolyongással

Pajor-Gyulai Zsolt, V. évf.

Konzulens: dr. Szász Domokos, BME Sztochasztika tanszék

A Lorentz folyamat egy régóta vizsgált problémája a dinamikai rendszerek témakörének. Ez egy egyszerű konstrukció, melynek viselkedését különböző technikákkal próbálták leírni, ezek közül egy a Markov felbontás. Ennek kapcsán vezette be Yakov Sinai a belső állapotú bolyongást (angol nevén Random Walk with Internal Degrees of Freedom-RWwIDS) 1981-ben, ötlete szerint a felbontás elemei a bolyongáshoz tartozó belső állapotok voltak.

A belső állapotú bolyongás a közönséges bolyongás általánosítása, a folyamat kiegészül egy belső szabadsági fokkal, amelytől a lépések eloszlása nagyban függ. A kezelhetőség szempontjából fontos kikötés a térbeli translációs invariancia, mivel ennek következményeként a belső állapotok Markov-láncot alkotnak. Erre a konstrukcióra ismeretes lokális határeloszlástétel.

Jelen dolgozat a következő rendszert fogja vizsgálni. Adott a síkban két Lorentz részecske, melyek a periódikus szórótestek által definiált cellákban vándorolnak különböző energiákkal (sebességekkel). Ha a két részecske egy cellába kerül, akkor ott ütközés, ezáltal energiacsere lehetséges a klasszikus mechanika törvényei szerint.

Ha azonosítjuk a bolyongó részecske sebességének valamilyen rögzített tengellyel bezárt szögét a belső állapotokkal, akkor adja magát az analógia. A feladat megkívánja, hogy folytonos idejű modellt használjunk, ehhez összetett Poisson folyamatot csinálunk a diszkrét bolyongásból. Az energiacsere leírására a klasszikus kemény golyó modellt használjuk. Mivel a két részecske találkozása rendkívül ritka esemény, ezért alkalmazzuk a szokásos molekuláris káoszfeltevést, azaz jelen esetben a belső állapotok stacionárius eloszlása egyenletes, az átmenetmagot elég ezen feltétel mellett megadni.

Fontos részét képezi a vizsgálatnak a szokásos felújítási elmélet általánosítása arra az esetre, amikor a folyamat csak egy paramétertől eltekintve tér vissza a kiindulási állapotába. Jelen esetben a visszatérési idők fognak függeni a részecskék energiáitól, mint paramétertől, továbbá ezek várható értéke végtelen. Ennek következménye, hogy a maximális kirándulás dominálja a folyamatot, amiből adódik, hogy a határeloszlás a különböző energiák esetén érvényes határeloszlások keveréke valamilyen súlyfüggvénnyel.

Irodalom:

1. Krámlí-Szász: Random Walks with integral degrees of freedom, Zeitschrift für Wahrscheinlichkeitstheorie verw. Gebiete, 63, 85-95 (1983)
2. Heusler-Mason: On the Asymptotic Behaviour of Sums of Order Statistics from a Distribution with a Slowly varying upper tail, 355-375

Versengő árfolyamok: egy sztochasztikus kölcsönható részecskerendszer vizsgálata

RÁCZ MIKLÓS ZOLTÁN IV. ÉVF. MATEMATIKUS HALLGATÓ

Konzulensek: dr. Balázs Márton és dr. Tóth Bálint, BME Sztochasztika Tanszék

Dolgozatomban egy sztochasztikus kölcsönható részecskerendszer modelt vizsgálok, melynek motivációja több területről is jön, ezek egyike a közgazdaságtan. Vegyünk egy piacot, ahol n ügynök próbálja ugyanazt a terméket eladni. A termék ára idővel megy felfelé, így az ügynökök is időről időre árat emelnek, de azok az ügynökök akik átlagáron felül adják a terméket lassabban fognak árat emelni mint azok, akik átlagáron alul árulják ugyanazt. Több érdekes kérdés merül fel, többek között hogy mi az átlagár növekedési sebessége, ill. hogy mi az árák eloszlása ekörül az átlagár körül.

Ennek a problémának a modellezésére témavezetőm Tóth Bálint a következő sztochasztikus folyamatot javasolta. A folytonos idejű modellben n részecske található egy dimenzióban, s időről időre egy részecske előreugrik, az ugrás nagysága egy véletlen pozitív szám egy adott eloszlásból. A modellben adott egy ω pozitív, monoton csökkenő ugrási ráta függvény, és az x helyen levő részecske $\omega(x-m(t))$ rátával ugrik előre, ahol $m(t)$ az n részecske tömegközéppontja a t időpillanatban. Ez azt jelenti, hogy azok a részecskék amelyek a tömegközéppontnál hátrább vannak átlagosan gyakrabban ugranak előre mint azok amelyek a tömegközéppontnál előrébb vannak. Célunk ennek az időben nem homogén Markov-folyamatnak [1,2] a stacionárius eloszlását és az akörüli fluktuációkat leírni. A javasolt sztochasztikus részecskerendszer állatfalkák vagy csordák (pl. kecskék) együttes mozgását is jól modellezheti.

Dolgozatomban először 2 részecske és fix nagyságú ugrások esetén határozom meg a stacionárius eloszlást, majd rámutatok arra hogy 3 ill. több részecske esetén hogyan bonyolódik el a probléma kombinatorikája. Ennek kiküszöbölésére rátérek a mean field modellre, ami sok részecske esetén közelíti az eloszlást. Feltételezzük, hogy ekkor a részecskéknek van egy ρ sűrűségük és a stacionárius sűrűséget egy utazó hullám (travelling wave) formájában kívánjuk meghatározni. Exponenciális eloszlású ugrások esetén általános ω ugrási ráta függvény mellett meghatározom ezt a stacionárius eloszlást, valamint a hullám sebességét. Speciálisan ha $\omega(x) = \exp(-x)$ akkor a stacionárius eloszlás Gumbel-típusú, az extrém értékek statisztikájában előforduló eloszlás [3].

Az elméleti eredményeket szimulációkkal támasztom alá, melyek során vizsgálom a sokrészecskés rendszer stacionárius eloszlását, az ekörüli fluktuációkat, valamint a sebesség fluktuációit is. Ezek alapján elmondható hogy a mean field modellből kiszámított stacionárius eloszlás jó közelítése a véges sok részecskés rendszer stacionárius eloszlásának.

A dolgozatot angol nyelven készítettem.

Irodalom:

1. W. Feller, An Introduction to Probability Theory and its Applications, Vol. 2 (Wiley, New York, 1968).
2. C.W. Gardiner, Handbook of Stochastic Methods for Physics, Chemistry and the Natural Sciences (Springer-Verlag, 1983).
3. E.J. Gumbel, Statistics of Extremes (Dover, New York, 1958).

Az $SL(2,R)$ tér geodetikusai

Szabolcs Barnabás, IV. évf.

Konzulens: dr. Szilágyi Brigitta, BME Geometria Tanszék

1982-ben W. P. Thurston azt állította, hogy minden kompakt, irányítható háromdimenziós sokaság felbontható úgy, hogy a komponensek 8 maximális egyszeresen összefüggő homogén 3 dimenziós Riemann geometria közül kerülnek ki: E^3 , H^3 , S^3 , $S^2 \times R$, $H^2 \times R$, $SL(2,R)$, Nil és Sol .

Miután 2006-ban G. I. Perelmannak sikerült bebizonyítania Thurston sejtését, a homogén terek a figyelem középpontjába kerültek. Elkezdtek felderíteni az eddig még kevésbé kutatott homogén terek szerkezetét. Sikerült rájuk projektív értelmezést, modellt adni.

A legtöbbjükben meghatározták zárt alakban a geodetikusokat, a translációs görbéket és az indukált metrikát is, az $SL(2,R)$ tér azonban ellenállt a próbálkozásoknak, így feladatomban a geodetikusok és origó középpontú, kis sugarú „gömbök” numerikus közelítéssel való kezelése, ábrázolása lett, ami TDK dolgozatom témáját adja.

A numerikus eljárások sikerére reményt az adott, hogy a homogén Riemann sokaságok lokálisan aszimptotikusan úgy viselkednek, mint R^3 , a 0-tól ellépve válnak egyre kuszábbá; akár az is előfordulhat, hogy egy „gömb” önátmetszővé válik. Ez az érdekesség inspirált arra, hogy a tér görbületi viszonyait is vizsgáljam.

A numerikus eljárásokat elsősorban funkcionális programozási eszközök felhasználásával írtam, melyek rövid, tömör kóddal igen hatékony programot eredményeztek.

Irodalom:

1. Bölskei A., Szilágyi B.: Frenet Formulas and Geodesics in Sol geometry (megjelent a *Beitrage zur Algebra und Geometrie*-ben)
2. Molnár E.: The projective interpretation of the eight 3-dimensional homogenous geometries (*Beitrage zur Algebra und Geometrie* 38 (1997), 261-288. o.)
3. Molnar E., Szilágyi B.: Translation curves and their spheres in homogenous geometries (kézirat)
4. Scott, P.: The geometries of 3-manifolds (*Bulletin of London Math Society* 15 (1982), 357-381. o)
5. Thurston W. P.: *Threedimensional Geometry and Topology*, Vol. 1 (Princeton University Press, Princeton, New Jersey (1997))

ELMÉLETI FIZIKA SZEKCIÓ

Helyszín: FA ép. 9.
(Atomfizika Tanszék, Szemináriumi szoba)

Zsúri Elnök: dr. Zaránd Gergely, Egyetemi Tanár
BME Fizikai Intézet, Elméleti Fizika Tanszék

Zsúri Tagok: dr. Varga Imre, Tudományos Főmunkatárs
BME Fizikai Intézet, Elméleti Fizika Tanszék
dr. Cserti József, Egyetemi Docens
ELTE, Természettudományi Kar, Fizikai Intézet,
Komplex Rendszerek Fizikája Tanszék

08³⁰ Cserkaszky Áron (III.), Transzport-modul áción alapuló nanopórusos érzékelők kimutatási határának értelmezése Monte-Carlo szimulációval,
Konzulensek: dr. Gyurcsányi E. Róbert és Höfler Lajos,
BME Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszék

08⁵⁵ Bácsi Ádám (V.), Lokális állapotsűrűség és Friedel-oszcilláció vizsgálata grafénben,
Konzulens: dr. Virosztek Attila, BME Fizika Tanszék

09²⁰ Pálmai Tamás (V.), Inverz kvantum szórás hosszú hatótávolságú potenciálok esetén,
Konzulens: dr. Apagyi Barnabás, BME Elméleti Fizika Tanszék

09⁴⁵ Szabó Áron (IV.), Szilíciumkarbid nanocsövek és az oxigén molekula kölcsönhatásának elméleti vizsgálata, Konzulens: dr. Gali Ádám,
BME Atomfizika Tanszék

10¹⁰ Szekeres Balázs (V.), Társadalmi hálózati modell vizsgálata a csoportképződés szemszögéből, Konzulens: dr. Kertész János, BME Elméleti Fizika Tanszék

Transzport-modul ációon alapuló nanopórusos érzékelők kimutatási határának értelmezése Monte-Carlo szimulációval

Cserkaszky Áron, III. évf. (BSc)

Konzulensek: dr. Gyurcsányi E. Róbert és Höfler Lajos,
BME Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszék

A különböző receptorokkal módosított nanopórusok[1] jelenleg a bioérzékelés és az élettudományok homlokterében állnak. Az érdeklődés fő hajtóereje azok az új kutatási eredmények, amelyek alapján elvileg lehetőség nyílt a nanopórusok alkalmazására gyors DNS szekvenálásra. Az analízis időben és költségben is több nagyságrendes csökkenést tesz lehetővé. Az egy nanopórusból álló érzékelők esetében a nanopórus egy elektrolit oldatot választ ketté egymástól (pl. KCl oldat) és egy külső transzmembrán feszültség hatására kialakuló ionáramot mérjük. Ezt az ionáramot modulálja a nanopórusba kerülő és ennek átmérőjével összemérhető nagyságú detektálandó molekula. Amennyiben a nanopórus belső fala egy olyan receptorral van módosítva, amely csak a minta egy adott komponensét képes megkötni akkor az érzékelés szelektívvé tehető.

Munkánk fő célja volt, hogy a nanopórusos szenzorok elméletileg elérhető kimutatási határát meghatározzuk. Mint kiderült a kimutatási határt a vizsgálandó komponens egy adott koncentrációja alatt annak valószínűsége határozza meg, hogy a vizsgálandó komponens egy relatív nagy oldattérben megtalálja-e a nanopórust. Ennek megfelelően egy modell rendszert állítottunk fel, amellyel szimulálni tudtuk a detektálandó molekulák által átlagosan bejárt utat és időt amíg az adott koncentrációjú oldatából bejut a nanopórusba, ahol az érzékelés történik.

Egy egyszerű esetben l^3 (kocka) térfogatban van egy mérendő molekulánk, a kocka oldalán pedig az r sugarú pórus. A molekula mozgását az adott oldatban mért diffúziós együtthatójának ismeretében random-walk[2] (bolyongás) modellt alkalmaztunk. Azaz a térfogatra kifeszített térháló metszéspontjain egy egységnyit mozdult el a 6, egyenlő valószínűségű irány valamelyikébe. A szimuláció során a molekula bejutási lépésszámát (N) kerestük, amely az Einstein-Smoluchowski képlet segítségével számolható át bejutási időre (T). Ehhez Monte-Carlo módszert használtunk, vagyis véletlenszerűen elhelyezve a molekulát a térfogatban, átlagoltuk a bejutási lépésszámot és eredményként megkaptuk az $N(l,r)$ függvényt.

Természetesen az eredmények megfelelő skálázhatóságához ismernünk kell azt a minimális térháló egységet, mellyel legkisebb futási idővel kapunk helyes eredményt. Ezt az l/r arány állandónak tartásával kaptuk meg, hiszen így a bejutási idő konstans.

A következő kérdés amire választ próbáltunk kapni, hogy milyen mértékben csökkenthető a bejutási idő, azaz növelhető a nanopórusos érzékelők érzékenysége elektromos térerő és hidrosztatikus nyomás hatására. Mindkét eset által létrehozott sebesség teret a COMSOL multi-fizikai programmal számítottuk. A random-walk algoritmusból számolt sebesség és a kapott extra sebesség arányában számoltuk ki az új irány-valószínűségeket, mellyel a molekula továbbhaladt. Nem meglepő módon már nagyon kis feszültség illetve nyomás, hatására is elvesztette a bolyongás a dominanciáját, és a molekula mozgását csak a külső hatás határozta meg. Összefoglalva a nyomás csökkenő exponenciális, az elektromos tér pedig reciprok függvény szerint csökkenti a bejutási időt.

Irodalom:

1. Robert E. Gyurcsányi, „Chemically-modified nanopores for sensing”, Trends in Analytical Chemistry, vol. 27, No. 7, 49-66, 2008.
2. Shama Sharma, Prof. Vishwamittar, „Brownian Motion Problem: Random Walk and Beyond”, Resonance, vol. 10, No. 8, 627-639, 2005.

Lokális állapotsűrűség és Friedel-oszcilláció vizsgálata grafénben

Bácsi Ádám, V. évfolyam

Konzulens: dr. Virosztek Attila, BME Fizika Tanszék

A grafén az utóbbi években vált kiemelkedő kutatási témává. Ennek oka, hogy 2004-ben sikerült előállítani ezt az egy atom vastagságú szénréteget [1]. A kétdimenziós kristály létezése már önmagában megdöbbentő, de más fizikai tulajdonságai miatt is érdemes vizsgálatokat folytatni. A készített minták nagy tisztaságúak és kitűnő vezetők, emiatt a grafén rendkívül ígéretes alapanyaga a mikroelektronikai áramköröknek.

A dolgozat első része a grafénnel kapcsolatos alapfogalmakkal, alapvető mennyiségekkel, elméletének formalizmusával foglalkozik. Bemutatásra kerül az elsőszomszéd tight-binding modellben kiszámolt spektrum szokásosan használt közelített alakja. Ez a hullámszámban lineáris diszperzió több analógiát is megenged a relativisztikusan mozgó részecskével. A grafén kétatomos elemi cellája miatt definiálhatunk egy pszeudospint, amely két alrácst jellemez. Ezek szerint az elektronállapotokat kétkomponensű vektorokkal, az operátorokat pedig 2×2 -es mátrixokkal reprezentálhatjuk.

Dolgozatom második szakaszában a grafénben bekövetkező Friedel-oszcillációval foglalkozunk. Ehhez egy origóba helyezett kis kiterjedésű szennyezőt tekintünk. A szennyező körül kialakuló lokális állapotsűrűség moduláció Green-függvények segítségével adható meg. Összehasonlítjuk a moduláció és a grafén kristály szimmetriáit. Friedel-oszcilláció esetén mindig kérdés a hosszútávú viselkedés. Ezzel kapcsolatban az irodalomban fellelhető ellentmondásos eredmények kritikai vizsgálatát végezzük el [2, 3].

Irodalom:

1. K. S. Novoselov, A. K. Geim, S. V. Morozov, D. Jiang, Y. Zhang, S. V. Dubonos, I. V. Grigorieva, A. A. Firsov, *Science* 306 (2004) 666
2. C. Bena, *Phys. Rev. Lett.* 100, 076601 (2008)
3. V. V. Cheianov, V. I. Fal'ko, *Phys. Rev. Lett.* 97, 226801 (2006)

Inverz kvantum szórás hosszú hatótávolságú potenciálok esetén

Pálmai Tamás, V. évf.

Konzulens: dr. Apagyi Barnabás, BME Elméleti Fizika Tanszék

A kvantummechanikai inverz szórás elméletek segítségével kvantumrendszereket jellemző potenciálokat határozzunk meg mérhető (szórási) adatokból. Az inverz kvantum szórás elméletnek így számos alkalmazási területe van. Atom-, mag- és részecskefizikai potenciálok felderítésén kívül lehetőség nyílik adott tulajdonságú anyagok tervezésére is, amely folyamat az intelligens anyagok előállításának lényegi részét képezi.

A kvantummechanikában a szórási állapotokat energiákkal és impulzusmomentumokkal jellemezhetjük. Gömbszimmetrikus potenciálok esetén ez a leírás a potenciál meghatározásának szempontjából redundáns, és a két jellemzőből egy rögzíthető. Az energiát rögzítve jutunk az ún. fix-energiás módszerekhez, melyek közül kettőt vizsgálok: a módosított Newton-Sabatier (mNS) [1] és a Cox-Thompson (CT) [2-4] módszert.

Ezen módszereket rövid hatótávolságú kölcsönhatásokra dolgozták ki, azonban számos eset van, amikor egy fizikai rendszer alkotó részei között hosszú hatótávolságú (pl. Coulomb) erők is hatnak. Ezért van igény az inverz szórás elméletek hosszú hatótávolságú potenciálokra történő általánosítására. Annak érdekében, hogy megtaláljam a legjobban teljesítő módszert, az mNS és CT eljárások továbbfejlesztésének több lehetőségét is megvizsgáltam.

A dolgozatban elsősorban a saját módszereket mutatom be, azonban felhasználok egy korábbi munkát is [5] összehasonlítás céljából. Az elméleti fejlesztéseket modell esetekre és a magfizika területéről származó kísérleti szórási adatokra alkalmazom.

Irodalom:

1. M. Münchow and W. Scheid: Modification of the Newton Method for the Inverse-Scattering Problem at Fixed Energy, Phys. Rev. Lett. 44 (1980) 1299
2. 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 (1970) 805
3. T. Pálmai, M. Horváth and B. Apagyi: Simplified solutions of the Cox–Thompson inverse scattering method at fixed energy, J. Phys. A: Math. Theor. 41 (2008) 235305
4. T. Pálmai, M. Horváth and B. Apagyi: Semi-Analytic Equations to the Cox-Thompson Inverse Scattering Method at Fixed Energy for Special Cases, Mod. Phys. Lett. B 22 (2008) 2191
5. K-E. May, M. Münchow and W. Scheid: The modified Newton method for the solution of the inverse scattering problem with charged particles at fixed energy, Phys. Lett. B 141 (1984) 1

Szilíciumkarbid nanocsövek és az oxigén molekula kölcsönhatásának elméleti vizsgálata

Szabó Áron, IV. évf.

Konzulens: dr. Gali Ádám, BME Atomfizika Tanszék

Az eddigi elméleti számítások megmutatták, hogy a szilíciumkarbid nanocső számos olyan kedvező tulajdonsággal rendelkezik, melyeknek köszönhetően igen széles körben lehetne gyakorlati alkalmazásokban hasznát venni. Ezek közé tartozik a biokompatibilitása, univerzális félvezető- és nagy fajlagos hidrogén megkötő tulajdonsága is. Mindezek ellenére tudomásom szerint eddig egyetlen cikk bizonyítja az anyag létezését. Mivel ismert, hogy a tömbi szilíciumkarbid oxidálódik az oxigén jelenlétében, várható, hogy a nanocső sem marad mellette stabil, ami megmagyarázná az előállítás nehézségét, és a gyakorlat szempontjából egyébként is alapvető kérdés, hogy hogyan viselkedik az anyag a szabad levegőn, ahol az oxigén nagy koncentrációban van jelen.

Dolgozatomban ezt vizsgáltam ab initio kvantummechanikai számításokkal. Azt találtam egyrészt, hogy a szilíciumkarbid nanocső stabil az oxigén molekula jelenlétében, másrészt viszont az oxigén molekula már szobahőmérsékleten is disszociál a cső felületén, többnyire elektromosan aktív hibahelyeket hozva létre. Ez lehetővé tenné ugyan az oxigén-szenzorként való alkalmazását, ugyanakkor kérdésessé teszi a kémiai szenzorként való szélesebb körű használhatóságát.

Társadalmi hálózati modell vizsgálata a csoportképződés szemszögéből

Szekeres Balázs, V. évf.

Konzulens: dr. Kertész János, BME Elméleti Fizika Tanszék

Ezen TDK dolgozat egy, a társadalmi hálózatok modellezésére szolgáló modellt [1,2] vizsgál a számítógépes szimuláció módszerével. Társadalmi hálózat alatt most egy olyan súlyozott, irányítatlan gráfot értünk, melyben a csúcsokat az egyes emberek jelentik, az élek az ismeretségeknek, a súlyok pedig ezen kapcsolatok erősségének felelnek meg. A modell az ismeretségek létrejöttét, erősödését és megszűnését szabályozó mikrofolyamatokra épül, a dolgozatban részletesen ismertetett módon. Ezeket a mikrofolyamatokat, amelyek két ember közötti kapcsolatok kialakulásának, ill. erősödésének felelnek meg, valószínűségi paraméterek szabályozzák. A folyamatokhoz tartozó valószínűségek mellett a paraméterek közé tartozik egy δ -val jelölt pozitív szám is, ami a kapcsolatok erősödésének mértékére jellemző az egyes mikrofolyamatokban. Mivel bizonyos valószínűséggel éleket tüntetünk el, azt találjuk, hogy a gráf aszimptotikusan állandósult állapotba kerül, vagyis a rá jellemző adatok (mint például az átlagos fokszám, az összes kiosztott súly, a kiosztott maximális súly) már csak fluktuálnak egyensúlyi értékük körül. A pontok N számához úgy állítjuk be a paramétereket, hogy a kialakult átlagos fokszám egy előre definiált értékhez minél közelebb álljon.

Saját kutatásaink részben arra irányulnak, hogy N -től hogyan függ a stacionárius állapot elérésének karakterisztikus ideje. Ennek eredménye a következő vizsgálódásunkhoz elengedhetetlen.

Megvizsgáljuk a dolgozatban a leírt modellel előállított gráfokat a bennük kialakuló csoportok, közösségek struktúrájának szempontjából. Az irodalomban sokféleképpen definiálják a csoportokat; mi a klikk-perkolációs definícióval [3] fogunk élni, alkalmazva egy hatékony algoritmust [4]. A vizsgálatok eredményeképpen megállapítjuk, hogy a legnagyobb csoport relatív nagysága érdekes, a dolgozatban részletezendő függést mutat a δ paramétertől. Ez a függés vizsgálat tárgyát képezi különböző méretek esetén, és megkísérelünk következtetéseket levonni az $N \rightarrow \infty$ határesetre is.

A tapasztalatok szerint a modell jól leírja a mobiltelefon-hívások alapján feltárt társadalmi hálózatok szerkezetét [5]. A dolgozatban kitérünk arra, hogy hogyan lehet kalibrálni a modellt, és rámutatunk a továbbfejlesztési lehetőségekre is.

Irodalom:

1. J. M. Kumpula, J.-P. Onnela, J. Saramäki, K. Kaski, J. Kertész: „Emergence of communities in weighted networks”, *Phys. Rev. Lett.* **99**, 228701, 2007.
2. J. M. Kumpula, J.-P. Onnela, J. Saramäki, J. Kertész, K. Kaski: „Model of Community Emergence in Weighted Social Networks”, *Computer Physics Communications*, 2008 (in press).
3. G. Palla, I. Derényi, I. Farkas, and T. Vicsek: „Uncovering the overlapping community structure of complex networks in nature and society”, *Nature*, **435**, 814, 2005.
4. Jussi M. Kumpula, Mikko Kivelä, Kimmo Kaski, and Jari Saramäki: „A sequential algorithm for fast clique percolation”, *Phys. Rev. E* **79**, 026109, 2008.
5. J. P. Onnela, J. Saramäki, J. Hyvönen, G. Szabó, D. Lazer, K. Kaski, J. Kertész, and A.-L. Barabási: „Structure and tie strengths in mobile communication networks”, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **104**, 7332, 2007.

KÍSÉRLETI FIZIKA SEKCIÓ

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

Zsúri Elnök: dr. Jánossy András, Tanszékvezető, Egyetemi Tanár
BME Fizikai Intézet, Kísérleti Fizika Tanszék

Tagok: dr. Péczeli Imre, Egyetemi Docens
BME Fizikai Intézet, Atomfizika Tanszék
dr. Bíró László Péter, Főosztályvezető
MTA, Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet
Nanotechnológia Főosztály, Nanoszerkezetek Osztály

08³⁰ Beke Dávid (V.), SiC nukleációjának vizsgálata, Konzulensek:
Vargáné dr. Josepovits Katalin és Pongrácz Anita, BME Atomfizika Tanszék

08⁵⁵ Domján Dániel (IV.), Poliuretán koszorúérsztent-bevonatok vizsgálata,
Konzulensek: Molnár László Milán, BME Elektronikai Technológia Tanszék és
Bognár Eszter, BME Anyagtudomány és Technológia Tanszék

09²⁰ Galambos Máté (V.), Alkálival interkalált szén-nanocsövek vizsgálata szilárdtest
spektroszkópiával, Konzulens: dr. Simon Ferenc, BME Kísérleti Fizika Tanszék

09⁴⁵ Gyenis András (IV.), Spin nyomaték granuláris nanoszerkezetekben,
Konzulens: dr. Halbritter András, BME Fizika Tanszék

10¹⁰ Herein András (III.), Növény-fluoreszcencia mérő kiegészítése infravörös elvű
felületihőmérséklet-mérő szenzorral, Konzulens: dr. Barócsi Attila,
BME Atomfizika Tanszék

10³⁵ Mirk Katinka (III.) és Mirk Mihály (IV.), Budapest légszennyezettségének mérése
kutatórepülővel, Konzulens: dr. Alföldy Bálint, MTA Atomenergia Kutatóintézet

11⁰⁰ Varjas Dániel (IV.), Ferrimágneses spinelek fázisátalakulásainak vizsgálata infravörös
spektroszkópiával, Konzulens: dr. Kézsmárki István, BME Fizika Tanszék

SiC nukleációjának vizsgálata

Beke Dávid, V. évf.

Konzulensek: Vargáné dr. Josepovits Katalin és Pongrácz Anita, BME Atomfizika Tanszék

Napjainkban az elektronikai ipar jórészt szilícium alapú technológiára épül. Azonban a szilícium tulajdonságai korlátozzák a belőle készülő eszközök felhasználhatóságát. A szilícium-karbid egy olyan vegyület, amely betöltheti a szilícium szerepét korrozív ill. magas hőmérsékletű körülmények között, vagy radioaktív sugárzásnak kitett helyeken. A SiC 600 °C felett is használható és a legtöbb savnak, ill lúgnak ellenáll. Ugyanakkor a SiC esetében alkalmazható a szilíciumra már kidolgozott technológiák nagy része. Emiatt jelenleg a SiC a legígéretesebbnek tartott anyag a szilícium helyettesítésére.

Gondot jelent azonban a SiC előállítása. Jelenleg 4 inch átmérővel rendelkező egykristály növesztésére képesek, azonban keletkező kristályban sok kristályhiba jön létre. Epitaxiális is növesztenek SiC-ot. Hordozónak legtöbbször szilícium szeletet használnak és CVD ill PVD (Chemical Vapor Deposition ill. Physical Vapor Deposition) eljárással hozzák létre a SiC réteget, de ezeknél az eljárásoknál is sok kristályhiba keletkezik ezért közvetlenül nem alkalmazhatóak elektronikai eszközök gyártására.

A BME-AFT és az MTA-MFA 2000-ben szabadalmaztatott egy eljárást, amellyel Si/SiO₂ határfelületen lehet növesztetni epitaxiális 3C-SiC nanokristályokat. Az eljárás során termikus oxidálással rendelkező szilíciumot 900 °C felett CO jelenlétében hőkezelik, aminek a következtében a Si/SiO₂ határfelület Si felőli oldalán 10-40 nm-es SiC kristályok keletkeznek. A nukleáció mechanizmusa máig nem tisztázott.

Az MTA-MFA MEMS laboratóriumában jelenleg is folynak kutatások ezen a területen. Én ebbe a munkába kapcsolódtam be. A feladatom SiC polikristályos szilíciumon történő előállítása és a keletkezett szilícium-karbid nanokristályok tanulmányozása volt.

Munkám során elvégeztem a polikristályos szilícium minták, valamint a kiértékeléshez szükséges referenciaminták oxidálását, a reaktív hőkezelést 100 % CO atmoszférában, majd a SEM-os (Scanning Electron Microscope) felvételek alapján a SiC nukleációsűrűségének és méreteloszlásának a vizsgálatát. Megállapítottam, hogy a vizsgált rendszerben a nukleációsűrűség a reakcióidő növelésével nem változik sem egykristályon sem polikristályon növesztett karbid esetében. A polikristályos szilícium felületén növekedett SiC szemcsék jellemző mérete és méreteloszlása azonban eltérést mutat. Valamint a polikristályos szemcsék közti határfelületen mind a nukleáció mind a SiC szemcsék morfológiája eltért a felületi szemcsékétől.

Irodalom:

1. C. Moulin, M. Pons, A. Pisch, P. Grosse, C. Faure, A. Basset, G. Basset, A. Passero, T. Billon, B. Pelissier, M. Anikin, E. Pernot, P. Pernot-Remjánková and R. Madar, Mat. Sci. Forum, **353-356** (2001) p.7
2. G. Wagner and K. Irmscher, Mat. Sci. Forum **353-356** (2001) p.95.
3. Reaktív hőkezelési eljárás köbös szilíciumkarbid (3C-SiC) epitaxiális előállítására szilícium felületi rétegében szolgálati találmány, bejelentők: BME (70%) MTA-MFA (30%), feltalálók: Deák Péter (33%), Homokiné Krafcsik Olga (25%) Vargáné Josepovits Katalin (20%) Pécz Béla (12%), Bársony István (10%) benyújtva 2000 nov. 8.

Poliuretán koszorúérszent-bevonatok vizsgálata

Domján Dániel, IV. évf.

Konzulensek: Molnár László Milán, BME Elektronikai Technológia Tanszék
Bognár Eszter, BME Anyagtudomány és Technológia Tanszék

Napjainkban – például az egészségtelen életmódra visszavezethető okok miatt – komoly egészségügyi kockázatot jelent a szív koszorúereinek betegsége, amely szívinfarktushoz vagy akár korai halálhoz is vezethet. Ide tartozik többek között az erek beszűkülése, amelyet a falukon kialakuló lerakódások okoznak. Szerencsére a modern orvostudomány jól kidolgozott módszereket kínál a fenti problémák diagnosztizálására és kezelésére egyaránt. Ezek során leggyakrabban a combartérián (arteria femoralis) át katétert vezetnek a szív ereibe, és a rajta lévő eszköz segítségével vizsgálatokat végeznek (koronarográfia) vagy kitágítják az érszűkületet (PTCA: perkután transluminális koronária angioplasztika).

Az angioplasztika fő eszközei a vezetődrótok, a ballonkatéterek és az előbbi kettő segítségével a beszűkült vagy elzáródott érbe juttatott, és ott elhelyezett úgynevezett sztentek – olyan hálós szerkezetű implantátumok, amelyek az érfal kitámasztásáról gondoskodnak, és meggátolják az ér visszaszűkülését. Jellemző rájuk a nagyon precíz megmunkálás, valamint az ezzel járó magas ár. A sztenteket legtöbb esetben vékony falú csőből lézersugárral vágják ki, anyagukat tekintve készülhetnek rozsdamentes acélból, nitinolból, tantáliból, Co-Cr ötvözetből, speciális polimerekből. A jobb biokompatibilitás eléréseért a mai sztenteket különböző anyagú bevonatokkal látják el, amelyek a gyógyulás gyorsításának érdekében többféle gyógyszert is hordozhatnak. A bevonat elkészítésére és a gyógyszer felhelyezésére számos módszer létezik [1].

Jelen dolgozat 316L rozsdamentes acélből készült koszorúérszentek poliuretán bevonatának tulajdonságait vizsgálja, különös tekintettel a vastagságra és a kialakuló pórusok méretére. A kész implantátumok magas ára végett többnyire rozsdamentes acéllemezből kivágott, kémiai maratáson, majd elektropolírozáson átesett sík és görbült lapkák szolgáltak hordozóként. A bevonat anyagául használt poliuretánra több előnyös tulajdonsága miatt esett a választás: nagyfokú biokompatibilitás, egyszerű kezelés, tartósság [2]. A vastagság és a kialakuló pórusok mérete a bevonat elkészítésekor alkalmazott paraméterekkel (poliuretán oldat töménysége, bemerítések száma) befolyásolható. A munkám során célul tűztem ki olyan értékek megtalálását, amelyek alkalmazásával a lehető legvékonyabb összefüggő és legnagyobb pórusméretű bevonat alakítható ki, ennek megfelelően készítettem el a mintákat. Az egyenletesen vékony bevonat az implantátumok biokompatibilitásának szempontjából fontos, a nagyméretű pórusokban pedig több gyógyszer köthető a felületre. Emellett vizsgáltam gyári, készre szerelt sztentek felületi gyógyszereloszlását és bevonatának egyenletességét is.

A méréseket atomi erő mikroszkóp (AFM) segítségével végeztem, amellyel kontakt képalkotó módban kiváló kontraszt érhető el, és a sztentbevonatokról nagy részletességű képet nyerhetünk. A kiértékeléshez a műszerhez tartozó kiértékelő programot és a MATLAB-ban található képfeldolgozó algoritmusokat használtam.

Irodalom:

1. Gyenes G.: Az angiographia és angioplastica kézikönyve, Melania Kiadó, Budapest, 2001
2. E. Bognár, Gy. Ring, H. Zs. Marton, J. Dobránszky, J. Ginsztler: „Polyurethane Coating on Coronary Stents”, *Key Engineering Materials* Vols. 345-346 (2007) pp. 1269-1272

Alkálival interkalált szén-nanocsövek vizsgálata szilárdtest spektroszkópiával

Galambos Máté, V. évf.

Konzulens: dr. Simon Ferenc, BME Kísérleti Fizika Tanszék

Az egyfalú szén-nanocsövek (továbbiakban nanocsövek) egyedülálló mechanikai és elektronikai tulajdonságaik miatt jövőbeli elektronikai eszközök ígéretes alapanyagai[1]. A nanocsövek a grafit egyetlen síkjából (az ún. grafénből) kivágott csík feltekerésével szemléltethetők. Az így kapott nanocsövek geometriai és elektronikus tulajdonságait egyértelműen meghatározza az ún. kiralitás-vektor, ami a nanocsövön egymás mellé kerülő, a kiinduló grafénen nem szomszédos szén atomokat köti-össze[2]. Egy tipikus minta 2:1 arányban tartalmaz szigetelő és fémes nanocsöveket, mindezt nanométer skálán rendezetlen keverék formájában.

Az ígéretes alkalmazási lehetőségek kihasználásához a nanocsövek további vizsgálatára van szükség, illetve olyan nyitott problémák várnak megoldásra, mint például adott kiralitású, azaz jól meghatározott vezetési tulajdonságú nanocsövek növesztése. Az alkáli atommal való dópolás elektronokat juttat a nanocsövekre, ami lehetővé teszi az elektronikus tulajdonságok megváltoztatását. Az így kapott minták vizsgálata hozzájárul az elektronikus viselkedés jobb megértéséhez, és ezzel az ipari alkalmazhatósághoz. Két kísérleti technikát alkalmaztam a nanocsövek vizsgálatára: mikrohullámú ellenállásmérést, és elektronspin-rezonanciát (ESR).

A mikrohullámú ellenállásmérés egy kontaktus nélküli módszer, mely során a mintát egy rezonátorüregbe helyezve, az üreg jóságai tényezőjének változásából meghatározható a vezetőképesség. Ennek a módszernek többféle előnye van a hagyományos, kontaktusos vizsgálattal szemben. Egyrészt a nanocsövek kis mérete miatt a kontaktusok használata rendkívül nehéz és körülményes művelet, másrészt magán a kontaktuson kialakuló fém-félvezető határfelületi jelenségek sok esetben lehetetlenné teszik, hogy egyértelmű eredményeket lehessen kapni. A kísérleteim során azt tapasztaltam, hogy szaturációig történő dópolás hatására a minta vezetőképessége megtízszereződik, és elveszti hőmérsékletfüggését, így félvezető helyett inkább szennyezett fémként viselkedik.

Az ESR spektroszkópia a párosítatlan elektronok szuszceptibilitásának mérésére alkalmas, mégpedig a módszer spektroszkópiái jellegéből adódóan egy adott mintában jelenlévő különböző mágneses fázisok megkülönböztetésre ad lehetőséget. Ez igen fontos a nanocső minták esetén, mivel a katalitikus szintézisük miatt aránylag sok, a nanocső fázis szempontjából parazita mágnesességet tartalmaznak. Kimutattam, hogy alkáli dópolás hatására megjelenik a Fermi szint közelében lévő vezetési elektronok úgynevezett CESR jele[3]. E jel intenzitása a vezetési elektronok Pauli szuszceptibilitásával arányos. Ez egyben lehetőséget ad a vezetési elektronok állapotsűrűségének mérésére. A dópolt elektronok igyekeznek a lehető legalacsonyabb energiaszintet betölteni, így a Fermi szintet lehet tolni az energiatengely mentén, elektronokkal a nagyobb energiás állapotok felé, míg elektron akceptor anyagokkal (pl. bróm) az alacsonyabb energiás állapotok irányába. Így a dópolás és ESR módszer kombinációjával az állapotsűrűség válik pásztázhatóvá. A mérési eredmény az elméleti eredményekkel összhangban volt.

Irodalom:

1. Sumio Iiima and Toshinari Ichihashi. Nature, **363**, 603–605, (1993).
2. N. Hamada, S. Sawada, and A. Oshiyama. Phys. Rev. Lett., **68**, 1579-1581, (1992).
3. F. Simon, M. Galambos et al. Phys. Stat. Sol. B. **245**, 1975-1978, (2008).

Spin nyomaték granuláris nanoszerkezetekben

Gyenis András, IV. évf.

Konzulens: dr. Halbritter András, BME Fizika Tanszék

Az utóbbi évtizedekben az elektronikai eszközök mérete jelentősen lecsökkent. Napjainkban a méretcsökkentés mellett viszont már talán fontosabb kutatási cél az eszközök gyorsaságának növelése. Ennek eléréséhez új technológiák kifejlesztésére van szükség, melyek újszerű kvantummechanikai jelenségeken alapulnak. Az egyik ilyen ígéretes effektus az úgynevezett spin nyomaték jelenség.

A mágneses memória (MRAM) fejlesztése néhány éve kezdődött, melynek központi eleme az úgynevezett spinszelep, mely két párhuzamos ferromágneses rétegből áll, melyek egyike rögzített mágnesezettségű, míg a másik mágnesezettségi iránya változtatható. A spinszelep ellenállása függ a rétegek relatív mágneses orientációjától, az antiparalel elrendeződés esetén az ellenállás lényegesen nagyobb, mint az azonos irányú beállítás esetén. Ezt nevezzük óriás mágneses ellenállás (GMR) effektusnak. A memóriákban eleinte a rétegek mágnesezettségi irányát külső mágneses térrel változtatták, de a legújabb technológia a spin nyomaték effektusra épül, mely során a mágnesezettséget a spinszelepen átfolyó áram saját maga változtatja meg: megfelelően nagy áramsűrűség ($\sim 10^9$ A/cm²) esetén egy vastagabb mágneses réteggel az áthaladó elektronok spinjét beforgathatjuk azonos irányba, majd az így kapott spinpolarizált áram nyomatékot fejt ki a második vékonyabb rétegre, s annak mágnesezettségi irányát megváltoztathatja.

Dolgozatomban megmutatom, hogy a spin nyomaték effektus nemcsak spinszelepekben figyelhető meg, hanem ferromágneses granuláris vékonyrétegekben is. Az ilyen rétegekben ugyanis különböző méretű ferromágneses nanorészecskék találhatók, melyek közül a nagyobb méretűek külső mágneses tér esetén a tér irányába fordulnak, míg a kisebb méretű részecskéknél ez nem következik be, s azoknak mágnesezettségi irányát a spinpolarizált áram befolyásolja. Ezáltal létrehozhatók stabil, de különböző ellenállású állapotok. A kísérleteink során különböző összetételű vas-ezüst granuláris multirétegeket vizsgáltunk. Az effektushoz szükséges nagy áramsűrűség eléréséhez atomi méretű kontaktusokat kellett létrehoznunk, mely nagyfokú stabilitást tesz szükségessé, és a kontaktust létrehozó hegyes tű és a granuláris réteg közötti távolság néhány atomi pontosságú szabályozását igényli. A stabilitás növelése céljából cseppfolyós hélium hőmérsékleten végeztük a méréseket, míg a kontaktus méretét piezomozgatókkal szabályoztuk. Dolgozatomban bemutatom az erre vonatkozó kísérleti eredményeinket, a nanokontaktusok létrehozásához szükséges fejlesztéseket, és kitérek a továbblépési lehetőségekre is.

Növény-fluoreszcencia mérő kiegészítése infravörös elvű felületihőmérséklet-mérő szenzorral

Herein András, III. évf. (BSc)

Konzulens: dr. Barócsi Attila, BME Atomfizika Tanszék

A BME Fizikai Intézet Atomfizika Tanszéke résztvevő a 2008. áprilisában indult új EU-FP7 projektben (Smart tools for Prediction and Improvement of Crop Yield, SPICY). A projekt célja eszközpark kifejlesztése terménynövények molekuláris nemesítéséhez a fenntartható és versenyképes mezőgazdaság érdekében. Az eszközök a nemesítőket segítik a genotípusok komplex jelleget mutató fenotípusos válaszában előrejelzésében különböző környezeti körülmények között. A modellnövény a paprika.

A növényi fluoreszcencia időbeli változása fontos információkat hordozhat a fenotípusok közötti fajtaszelekcióhoz. A növény által elnyelt fényenergia részben a fotoszintézist táplálja, részben hő és fluoreszcencia formában visszasugárzódik. Különböző növényfajok – ezen belül fajták – fluoreszcens válasza szintén különböző lehet, ami lehetőséget ad azok minősítésére adott – a fotoszintetikus rendszer hatásfokára is ható jellemzők (pl. terméshozam, produktivitás) szerint. Mivel azonban egy fajon belüli fajták fluoreszcens válaszai között az eltérés esetenként igen csekély, szükség lehet a vizsgált egyedekről a lehető legtöbb információt rögzíteni. Az egyik ilyen lehetőség a fluoreszcencia mérés mellett – azzal egyidejűleg – ugyanazon levélmintán a levél felületi hőmérsékletének rögzítése.

A TDK munka keretében fő célom volt, hogy egy olyan szenzorral egészítsem ki a rendelkezésre álló moduláris fluoreszcencia-mérő rendszert, amely alkalmas mind a felületi mind a környezeti hőmérséklet mérésére. A termoszenzor infravörös elven működik, a mért adatok digitális interfészen keresztül elérhetők. A cél megvalósítása a következő feladatok elvégzését tette szükségessé:

- A termoszenzor installálása és tesztelése mint önálló egység. Mivel a várt hőmérsékleti változások igen kicsik, fontos a szenzor érzékenységének, stabilitásának és egyéb paramétereinek vizsgálata.
- A termoszenzor illesztése a fluoreszcens mérőfejhez, illetve a mérőfej megfelelő kialakítása a szenzorparaméterek figyelembe vételével. Fő tervezési szempont, hogy mind a fluoreszcencia mind a termikus mérés ugyanazon a gerjesztett mintafelületen történjen.
- A rendszerbe illesztett termoszenzor tesztelése és mérési adatainak a fluoreszcencia mérési adatokkal egyidejű kiértékelése – különböző minták és mérési protokollok mellett. A mérési protokollokban a mért adatok nagyságát és időbeli változását egyaránt rögzítettük.

Irodalom:

1. Barócsi, Lenk, Kocsányi, „Lézerindukált fluoreszcencia mérése”, Fizika laboratórium 5 hallgatói mérésleírás
2. SPICY Grant Agreement KBBE-2008-211347, Annex I - “Description of Work”
3. Charlie *et al*, “Monitoring and screening plant population with combined thermal and chlorophyll fluorescence imaging”, *Journal of Experimental Botany*, **58**, 773–784 (2007)
4. Buydens *et al*, “Intelligent infrared Comfort Sensors for the Automotive Environment”, in *Advanced Microsystems for Automotive Applications 2006*, pp. 261-280, Springer Berlin Heidelberg

Budapest légszennyezettségének mérése kutatórepülővel

Mirk Katinka III. évf. (BSc) és Mirk Mihály, IV. évf.

Konzulens: dr. Alföldy Bálint, MTA Atomenergia Kutatóintézet

Korunk egyik igen fontos problémája a környezetszennyezés, melynek szerves része az egyre jelentősebb mértékű levegőszennyezés. Éppen ezért ennek mérése, modellezése és persze a szennyezés és szennyezettség mértékének csökkentése a jelen tudomány fő feladata.

A légszennyezés elég korán gondot okozott. Londonban már a 13-ik században számos törvényt hoztak a kémények magasságára és a széntüzelés mértékére. Az ipari forradalom után a szennyezettség egyre komolyabb méreteket öltött. Az 1950-es években több ezer halálos áldozattal is járó szmogos események alakultak ki, melyek közül talán leghírhedtebb az 1952-es évi „nagy londoni füstköd”.

Magyarországon az első társadalmi mozgalmak a 18. század végén jelentek meg, de ezek még főleg a politikai, gazdasági és kulturális önállóságért harcoltak. A környezeti problémák a 20. század 60-as éveiben kerültek különösen a figyelem előterébe. A magyarországi környezetvédelmi mozgalom fokozatosan fejlődött ki. Kezdeti szakasza az 1970-es évekre tehető, azóta számos szervezet alakult.

A szmognak két típusát különböztetjük meg: a Londoni (fosszilis tüzelőanyag során létrejött) és a Los Angelesi (fotokémiai reakciókból fakadó, főleg a kipufogógáz miatt létrejött) szmogot. Az utóbbi szmog enyhébb tünetei közé tartozik a szem- és nyálkahártya-irritáció, de a levegőben felgyülemelő erős oxidálószeres károsíthatják az emberi légzőszervek szöveteit, és fokozzák az asztma kialakulásának kockázatát. A fotokémiai szmog a növények életműködését is befolyásolja. Az ózon lebontja a levelekben lévő, fotoszintézist végző klorofilt, a PAN a szöveteket károsítja, ezáltal csökken a növekedésük és érzékenyebbé válnak más káros hatásokkal szemben is. A keletkezett oxidálószeres korrodálják és károsítják a különböző környezeti és szerkezeti anyagokat, műanyagokat, gumit, textíliát, festékeket, nyílont stb.

Egy város levegőjének aktuális kémiai minőségét több alapvető tényező együttesen befolyásolja: a kibocsátott szennyező anyagok mennyisége és minősége; a kibocsátás (emisszió) intenzitása és helyszíne; a város földrajzi elhelyezkedése és topológiája; és a meteorológiai viszonyok. Az említett tényezők gyakran összefüggenek egymással. A városon belül több meteorológiai tényező is eltérő lehet a környezethez (városi háttérhez) képest. A légszennyezettség csökkentheti a városba jutó napsugárzást, megváltoztathatja a levegő hőmérsékletének függőleges eloszlását és visszatárolhatja a város által kisugárzott energia egy részét, amelyek ún. hősziget kialakulásához vezethetnek.

A légszennyező anyagok között megkülönböztetünk elsődleges és másodlagos légszennyezőket. Az elsődleges légszennyezők (pl. SO₂, CO, NO, korom) közvetlenül kerülnek a levegőkörnyezetbe, és forrásuk lehet természetes vagy antropogén (emberi tevékenységhez kapcsolódó). A légkörben keletkező, különböző kémiai reakciók termékeként létrejövő anyagokat (pl. O₃, szulfát-aeroszol) másodlagos légszennyezőknek nevezzük, és az elővegyületeik forrása szintén lehet természetes vagy antropogén.

Dolgozatunkban ezen első és másodlagos városi légszennyezők mérésének eredményeit mutatjuk meg.

Ferrimágneses spinelek fázisátalakulásainak vizsgálata infravörös spektroszkópiával

Varjas Dániel, IV. évf.

Konzulens: dr. Kézsmárki István, BME Fizika Tanszék

Az AB_2X_4 spinel szerkezetű anyagok fázisdiagramja igen változatos mind az elektronok vezetési és mágneses tulajdonságait, mind a kristályszimmetriát tekintve. Találunk köztük fémes és szigetelő, ferromágneses és antiferromágneses rendszereket, köbös és tetragonális szimmetriájú kristályokat egyaránt.

A dolgozatomban vizsgált ACr_2O_4 ($A=Cu, Co, Fe$) spinelekben a gyémánt rácsot alkotó A^{2+} és a piroklór rácsot alkotó Cr^{3+} ionok egyaránt mágnesesek. A piroklór rácson a szomszédos Cr^{3+} ionok közötti mágneses kölcsönhatás frusztrált, ami összetett (több alrácossal rendelkező, gyakran nem kollineáris) spin rendeződések kialakulásához vezet. A nem-kollineáris mágneses rend esetenként ferroelektromosság megjelenését okozza. Másrészt a gyémánt rácsot alkotó A^{2+} ionok cseréjével a kristályrács szimmetriája effektíven változtatható. Az alacsonyabb szimmetriájú lokális kristályteret kedvelő Cu^{2+} , Fe^{2+} (ún. Jahn-Teller) ionok esetén a rács már magas hőmérsékleten tetragonális, míg Co^{2+} esetén a kristályrács szimmetriája a mágneses és ferroelektromos átalakulás híján köbös maradhatna.

Optikai reflektivitás méréseket végeztem a távoli infravöröstől (20 meV) a látható fényig (3 eV) terjedő foton energia tartományban szobahőmérséklettől alacsony ($T=10K$) hőmérsékletekig. A három anyag infravörös spektrumának összevetésén túl nyomon követtem a hőmérséklet indukált fázisátalakulások hatásait. Azt találtam, hogy az egyes mágneses és strukturális átalakulásokkal járó szimmetriaváltozások tükröződnek az optikai vezetőképességben. Egyrészt megfigyelhető az infravörös aktív optikai fononmódusok eltolódása és felhasadása, másrészt az A^{2+} és Cr^{3+} ionok közép és közeli infravörös tartományban látható kristálytér átmenetei is mutatják az ionok lokális környezetében bekövetkező szimmetria csökkenést.

Ezen spinel kristályokban a "diszkrét" infravörös optikai gerjesztések (fononmódusok, egy-ion kristálytér átmenetek) jó indikátorai a mágneses és strukturális átalakulásoknak. A sztatikus rendeződéseken túl, tükrözik a lokális szerkezeti változásokat is, például a dinamikus Jahn-Teller effektust, ami jelen van a $FeCr_2O_4$ köbös fázisában már jóval a tetragonális torzulás hőmérséklete fölött.

OPTIKA SZEKCIÓ

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

- Zsúri Elnök:** dr. Füzessy Zoltán, Professor Emeritus
BME Fizikai Intézet, Fizika Tanszék
- Zsúri Tagok:** dr. Varga Péter, Tudományos Főmunkatárs
MTA, Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet
Elméleti Fizika Csoport
dr. Szarvas Gábor, Műszaki Igazgató
Optimal Optik Kft.
- 08³⁰** Játékos Balázs (V.), Automatikus mérőrendszer fejlesztése okulárral rendelkező rendszerek képminőségének vizsgálatára, Konzulensek: dr. Erdei Gábor, BME Atomfizika Tanszék és Kautny Szabolcs, Optimal Optik Kft.
- 08⁵⁵** Molnár György (V.), Digitális hologramok konvolúciós rekonstrukciójakor fellépő erős látótér-beszűkülés teljes feloldása, Konzulensek: dr. Gyimesi Ferenc, BME Fizika Tanszék és dr. Lotfi Abdelhakim, Széchenyi István Egyetem Matematika Tanszék
- 09²⁰** Piszter Gábor (III.), Lepkeszárnyak strukturális színének spektroszkópiás vizsgálata, Konzulensek: dr. Biró László Péter, MTA MFA Nanoszerkezetek Osztály és dr. Richter Péter, BME Atomfizika Tanszék
- 09⁴⁵** Sepsi Örs (V.), Holografikus adattároló rendszerek modellezése, Konzulens: dr. Koppa Pál, BME Atomfizika Tanszék
- 10¹⁰** Somogyi András (V.), Fotomodulált reflexiós méréstechnika alkalmazása a félvezető technológiában, Konzulensek: dr. Kocsányi László és Dobos Gábor, BME Atomfizika Tanszék, Pap Áron, Semilab Zrt.
- 10³⁵** Steinbach Cecília (V.), Szcintillátor kristálytűk optikai modellezése PET detektormodulhoz, Konzulens: dr. Lőrincz Emőke, BME Atomfizika Tanszék
- 11⁰⁰** Szabó Áron (V.), Ultrarövid impulzusú szállérezek számítógépes modellezése, Konzulens: dr. Várallyay Zoltán, Furukawa Electric Technológiai Intézet Kft.

Automatikus mérőrendszer fejlesztése okulárral rendelkező rendszerek képminőségének vizsgálatára

Játékos Balázs, V. évf.

Konzulensek: dr. Erdei Gábor, BME Atomfizika Tanszék,
Kautny Szabolcs, Optimal Optik Kft.

Az utóbbi időben gyakran lehet találkozni olyan okulárral rendelkező optikai berendezésekkel (mikroszkópok, csillagászati távcsövek, viselhető szemüveg terminálok), amik a kényelmes betekintés és jobb használhatóság érdekében nagy látómezővel rendelkeznek. Ez a látómező már akkora, hogy az emberi szem pásztázás közben jelentősen elfordulhat a berendezés optikai tengelyéhez képest. Másképpen fogalmazva, az okulár kilépő pupillájának közelében a szem belépő pupillája többféle, nagyon eltérő irányban is állhat. Az elvárás ilyen eszközökkel szemben is az, hogy torzítás és aberráció mentesen alkossanak képet a rajtuk keresztül megfigyelt tárgyról. Azonban ezek képminősítési eljárása közel sem ilyen egyértelmű feladat. Még a legkézenfekvőbb ellenőrzési eljárás, a tesztábra emberi szemmel történő megfigyelése is csődöt mondhat, hiszen nem lehet tudni, hogy az észlelt hiba a berendezés optikai rendszerétől, vagy a megfigyelő szemének eltéréseiből ered.

A céloom tehát egy olyan mérőrendszer kifejlesztése, amely képes objektív módon vizsgálni a fent említett berendezések optikai rendszerét, miközben utánozza az emberi szem viselkedését. Ennek érdekében részletesen megvizsgáltam az emberi szem működését, beleértve a pupilla fényviszonyokhoz való alkalmazkodását és szerepét a képalkotásban, a törőfelületek jellemzőit, a retina receptorainak működését és a velük elérhető felbontóképességet. Az irodalomkutatás folyamán nyilvánvalóvá vált, hogy a vizsgált jellemzők egyedről-egyedre, sőt a kor előrehaladtával is jelentősen változhatnak. A mérőrendszer megtervezéséhez természetesen szükséges egy olyan valósághoz közel álló szem modell felállítása, ami alapján specifikáció elkészíthető. Következő lépésként a számos eddig kidolgozott szem modell közül kiválasztottam a célnak legmegfelelőbb Liou és Bannan-féle összeállítást, amit Atchinson és Smith ajánlásával és Le Grand Abbe-számra vonatkozó eredménye alapján egészítettem ki [1]. A továbbiakban ennek a modellnek az eredményeit tekintettem az „átlagos szem” jellemzőinek. Ezeknek, illetve a korábban megvizsgált további paraméterek jelenlegi technikai színvonallal való összevetésének eredménye képpen elkészítettem a műszer specifikációját.

Az optikai rendszer tervezése során három elképzelhető konfigurációt vizsgáltam meg, melyek közül, a költségvonzatot is figyelembe véve, egy Petzvál-elrendezésű, katalógus lencséből fölépíthető objektívra esett a választásom. Ezt követően elkészítettem a lencse foglalás tervét, illetve a szükséges tűrésszámításokat, majd a Pro/E CAD program használatával megalkottam a mozgató mechanika koncepcionális összeállítását. Ebből kiszámítottam a várható tömegeket, forgatónyomatékokat, illetve a specifikáció segítségével meghatároztam a szükséges motoros hajtás paramétereit. A tervek pontosítását, a mérőrendszer megépítését, a vezérlőszoftver elkészítését és az egész rendszer beüzemelését a diplomatémám keretében fogom végezni.

Irodalom:

1. D. A. Atchinson and G. Smith, „Optics of the human eye”, *Elsevier*, (2000).

Digitális hologramok konvolúciós rekonstrukciójakor fellépő erős látótér-beszűkülés teljes feloldása

Molnár György, V. évf.

Konzulensek: dr. Gyimesi Ferenc, BME Fizika Tanszék
dr. Lotfi Abdelhakim, Széchenyi István Egyetem Matematika Tanszék

A digitális hologramok nagy előnye a szokásos analóg hologramokkal szemben a hologramok számítási rekonstrukciójában rejlő nagyfokú rugalmasság. A számítások során könnyen megvalósíthatók olyan megoldások (szimulálhatók), elrendezési változások, optikai trükkök, amelyek a valós anyagi optikában csak sokkal körülményesebben kezelhetők.

A számítási rekonstrukció nehézsége viszont a diffrakciós számítás nagy idő- és memóriaigénye. Ennél fogva kiemelt jelentősége van a diffrakciós formula minden lehetséges egyszerűsítésének, közelítésének. A szokásos számítások a Rayleigh-Sommerfeld diffrakciós formula Fresnel-féle közelítését alkalmazzák – amelynél a számítás mindösszesen egy Fourier-transzformálásra egyszerűsödik. Ez diszkrét alakjában az FFT-s számítási módszer és programjai segítségével már elfogadható idő alatt elvégezhető.

Nagy méretű hologramok esetében viszont csak a közelítés nélküli diffrakciós formula fogadható el. Szerencsére ez felfogható úgy, mint egy konvolúciós integrál – s így visszavezethető függvényeinek Fourier-transzformáltjai közötti szorzásra és egy végső inverz Fourier-transzformációra. Ekkor az FFT-s számítási módszer ismét elfogadható bár már sokkal lassúbb megoldást kínál.

A váratlan gond azonban az, hogy mindez a szokásos lépésekkel csupán egy a CCD-vel egyező pixelszámú és pixelméretű képet eredményez [1] – amely többnyire jóval kisebb, mint a CCD-mátrix felbontása szerint analóg-optikailag elvárható látótér. (Az így rekonstruált kép nem tartalmazza teljes tárgy képét, amely a közelítéses számításokkor még egészében megjeleníthető.)

A látóteret egy CCD-vel rögzített hologram esetén a CCD pixelének fizikai mérete határozza meg. Ebből következik, hogy a konvolúciós eljárás esetén elvileg semmi akadályja annak, hogy az előhívás után a teljes tárgy látható legyen. A korlát tehát nem optikai, hanem számítási korlát, melynek feloldását meg kell próbálni.

A Budapesti Műszaki Egyetem Fizika Tanszékén a Holográfia Csoport egy tavaly befejezett GVOP projekt [2] keretében digitális hologramok látóterének és felbontásának kiterjesztésével foglalkozott. Kifejezetten nagy méretű hologramok közelítés nélküli rekonstrukciójához megpróbálkoztak a konvolúciós módszerrel is. Ennek számításakor, a Fresnel-diffrakciónál követett számítástechnikai megoldást általánosítva, a rekonstrukció előtt megfelelő "nullás kitöltéssel" ("zero padding") egészítették ki a CCD által rögzített hologramot, így a konvolúciós számítási módszerrel is láthatóvá vált a teljes tárgy. Ezeket a számításokat azonban néhány próbálkozás után idő hiányában felfüggesztették, mivel a konvolúciós módszer, akkor úgy tűnt, valami miatt nem váltja be automatikusan a pontosság növeléséhez fűzött elvárásokat.

Munkám során azt tűztem ki célul, hogy e "torzóban maradt" javított konvolúciós rekonstrukciós eljárás minden részletét tisztázzam, továbbá működését jól átláthatóan illusztráljam is. Mindehhez előbb általam kiszámolt szimulált hologramokat, majd utóbb valódi, rögzített CCD-s hologramokat is használtam. A végeredmény mindkét esetben egyértelműen igazolta a szűkítő látótér-korlát teljes feloldását. Ez azért fontos és hasznos, mert a látótér-korlát feloldása az első és megkerülhetetlen lépés a konvolúciós módszer további vizsgálataihoz. A konvolúciós módszer pedig elméletileg elvárható nagyobb pontossága miatt továbbra is a legígéretesebb megoldási lehetősége a nagy digitális hologramok rekonstrukciójának.

Irodalom:

1. U. Schnars, W. Jueptner, "Digital Holography", *Springer-Verlag Berlin Heidenberg*, 2005
2. GVOP-3.1.1.-2004_05-0403/3.0. projekt: "Megnövelt látószögű és felbontású digitális holografikus interferometria kiterjesztése és alkalmazása alak- és deformációmérésben: DIADEM⁺", II. munkaszakasz részjelentése, 2007.

Lepkeszárnyak strukturális színének spektroszkópiás vizsgálata

Piszter Gábor, III. évf. (BSc)

Konzulensek: dr. Biró László Péter, MTA MFA Nanoszerkezetek Osztály,
dr. Richter Péter, BME Atomfizika Tanszék

A fotonikus kristályok [1], [2] térben periodikus törésmutatóval rendelkező szerkezetek. Az utóbbi évtizedben kutatásuk a tudomány több területén is a figyelem középpontjába került. A fizikusok és anyagtudománnyal foglalkozókon kívül az információtechnológia is az optikai számítógépek aktív elemeinek potenciális alkotóanyagát látja benne, ezzel párhuzamosan egyre több élőlényről derül ki, hogy valamilyen evolúciós hatás következtében fotonikus kristály jellegű szerkezeteket fejlesztett ki. Az evolúció során, évmilliókon keresztül tökéletesedett biológiai eredetű fotonikus kristályok szerkezeti felépítésének megismerése értékes információkkal szolgálhat, melyeket a mesterséges fotonikus szerkezetek előállításánál hasznosíthatunk.

Vizsgálatom tárgya a lepkék szárnyait borító pikkelyekben előforduló nanoarchitektúrák. Ezen pikkelyek anyaga a kitin, olyan szerkezetet alakít ki, amelyik fotonikus kristályként viselkedik. A szárny színét ez a változatos formájú nanoszerkezet és a pikkelyekben található festékanyagok együttes hatása adja [3]. Ennek kvantitatív meghatározására alkalmas a látható tartományú fényben mért visszavert spektrum.

Megvizsgáltam több *Polyommatus* (boglárka) lepkefaj szárnyának színét integráló gömbös és merőleges spektroszkópiával. A mért, több mint 50 példány spektrális adatain statisztikai elemzést végeztem. Bemutatom a fajon belüli, egymást követő generációk közötti hasonlóságot és a különböző fajok megkülönböztethetőségét a spektrumok alapján. Összehasonlítottam azonos élőhelyen de különböző időben repülő fajokat, és az egy fajhoz tartozó, de különböző földrajzi helyen élő példányokat.

Irodalom:

1. E. Yablonovitch, *Phys. Rev. Lett.* 58, 2059 (1987).
2. Joannopoulos J.D., Meade R.D., Winn, J.N., /Molding the Flow of Light/, Princeton University Press, Princeton, (1995)
3. A. L. Ingram & A. R. Parker Review. Diversity of butterfly photonic structures, *Phil. Trans. R. Soc. B* (2008) 363, 2465–2480

Holografikus adattároló rendszerek modellezése

Sepsi Örs, V. évf.

Konzulens: dr. Koppa Pál, BME Atomfizika Tanszék

Napjaink elterjedt optikai adattárolási technológiái (CD, DVD, Blue-Ray, HD-DVD) kezdik elérni tárolókapacitásuk határait. Közös vonásuk, hogy nem, vagy csak nagy nehézségek árán tudják leküzdeni 2 dimenziós korlátaikat. Az adatsűrűség további eredményes növelésére csak a 2 dimenzió tényleges átlépése jelent igazi megoldást. Erre a törekvésre biztató eredmények születtek a holografikus adattárolás területén.

Az általános adattárolással szemben, ahol kölcsönösen egyértelmű megfeleltetés van az információ bit és az anyag egy mikroszkopikus része között, a holografikus adattárolásban egyetlen bitről egy nagyobb térfogat tartalmazza az információt. Kihhasználva a Bragg-effektust ebbe a térfogatba több független információ bit tárolására van lehetőség. Ezt nevezik multiplexelésnek, ami tulajdonképpen az alapja a térfogati adattárolásnak. A technológia további pozitív tulajdonságai közé tartozik a gyors kiolvasási sebesség, valamint új funkciók megjelenése, mint pl. gyors keresés megvalósítása optikai korreláció felhasználásával.

Munkám során mikroholografikus adattároló rendszer tulajdonságait hűen reprodukáló elméleti modellt fejlesztettem tovább, majd ennek segítségével a rendszer, valamint a holografikus tárolóanyag tulajdonságait vizsgáltam.

Az elméleti modell elektromágneses hullámok törésmutató-inhomogenitásokon történő szóródásán alapul, amelyet perturbatív szórás számítással írtam le. Az eddig meglévő, Born-közelítést használó modellt kiterjesztettem magasabb diffrakciós határfokok és nagyobb hologram méretek kezelésére. Az elméleti modell alapján számítógépes programot készítettem Mathematica programnyelven, és numerikus számolásokat végeztem az adott problémára. A modell továbbfejlesztésében jelentős szerepet kapott a holografikus anyag eddig nem vizsgált tulajdonságainak figyelembe vétele (abszorpció, nemlinearitás, telítődés).

Az elkészített modellt összevetettük a berlini műszaki egyetemen végzett kísérletekkel, melyben reflexiós holografikus rácsok hullámhossz szerinti szelektivitását vizsgáltuk. Az elméleti és kísérleti eredmények összehasonlításával információt kapunk a tárolóanyag jellemző tulajdonságairól, úgymint törésmutató-moduláció, abszorpció, nemlinearitás.

Irodalom:

1. H. J. Coufal, D. Psaltis, G. T. Sincerbox eds., „Holographic Data Storage”, *Springer-Verlag*, (2000).
2. O. J. F. Martin, N. B. Piller, „Electromagnetic scattering in polarizable backgrounds”, *Phys. Rev. E* **3** (1998) 3909-3915.
3. B. Gombkötő, P. Koppa, P. Maák, E. Lőrincz, „Application of the fast-Fourier-transform-based volume integral equation method to model volume diffraction in shift-multiplexed holographic data storage”, *J. Opt. Soc. Am. A* **11** (2006) 2954-2960.

Fotomodulált reflexiós mérés technika alkalmazása a félvezető technológiában

Somogyi András, V. évf.

Konzulensek: dr. Kocsányi László és Dobos Gábor, BME Atomfizika Tanszék
Pap Áron, Semilab Zrt.

Az elmúlt évtizedben a szilíciumszeleteken kialakított rétegek minősítésére, monitorozására megjelent egy érintésmentes, optikai elven működő módszer, mely a felület optikai reflexiójának mérésén alapul [1]. Lényege az, hogy egy modulált intenzitású, pumpáló lézer segítségével periodikus töltéshordozó sűrűség- és hőmérsékletváltozást indukálnak a felületen, aminek következtében a rétegben törésmutató-profil változás lép fel, ami a reflexiót módosítja. Ezt a változást egy mérőlézer segítségével érzékelik, ez a fotomodulált reflexió (PMR) jelensége.

Elsőként ultra-vékony ion implantált vékonyrétegek mérésére használták, ugyanis a törésmutató rendkívül érzékeny a kristályhibákra, amiket implantáció során keltünk. Közvetlenül az implantáció után a PMR jel és a dózis között korreláció állapítottak meg [2]. A PMR mérés technika optimalizációjával érték el hogy a vizsgálhatóvá váltak a hőkezelés (Rapid Thermal Process) után keletkező ultra-vékony átmenetek (ultra-shallow junction USJ) [3]. A módszer rendkívül érzékeny és stabil a modulációs technikájának köszönhetően, valamint jó felbontásának (1-3 μm) köszönhetően alkalmas térképek készítésére.

Áttekintettem a mérés technika irodalmát a különböző mérési technikák, és az elért félvezető technológiai alkalmazások szempontjából. Bekapcsolódtam a Semilab Zrt. és a BME közös fejlesztésében épülő, a PMR mérés technikát alkalmazó implantált rétegeket minősítő berendezés bemérési és beállítási munkáiba, továbbá a berendezés alkalmazástechnikai méréseibe. Bemutatom a mérőberendezés felépítését, üzembe helyezésének menetét, beállításának módszerét, a felhasznált segédeszközök elvét és szerepét. Implantált rétegeken végzett tesztméréseim eredményeit összevettem az irodalomban fellelhető adatokkal és egyéb referenciákkal. Kitekintésképpen ismertetem a berendezés alkalmazhatóságának kulcsproblémáit, és fejlesztési javaslatokat mutatok be fémmezések minősítésére. Utóbbi arra alapozom, hogy fémrétegeken kialakuló PMR jelek keletkezését a hővezetési egyenlet és a vezetőképesség hőmérséklet-függése alapján végesem módszerrel szimuláltam. Eddig összefüggő fémrétegeket vizsgáltam, de dolgozom azon, hogy a modell felületi struktúrák analízisére is alkalmas legyen. Eredményképpen a fémzésről kapott PMR jel változását kaphatjuk meg a fémréteg különböző paramétereinek függvényében.

Irodalom:

1. P. Borden, Apparatus and method for determining the active dopant profile in a semiconductor wafer, Tech. Rep., U.S. Patent 6323951 B1 (2001)
2. A. Salnick, J. Opsal, Quantitative photothermal characterization of ion-implanted layers in Si, J. Appl. Phys. Vol. 91, No. 5., (2002) 2874-2882.
3. F. Dortu, T. Clarysse, R. Loo, W. Vanderworst, Extracting active dopant profile information from carrier illumination power curves, J. Vac. Sci Technol. B, Vol 24, No. 1, (2006) 1131-1138.

Szcintillátor kristálytűk optikai modellezése PET detektormodulhoz

Steinbach Cecília, V. évf.

Konzulens: dr. Lőrincz Emőke, BME Atomfizika Tanszék

A pozitron-emissziós tomográfia (PET) olyan orvosi képalkotási eljárás, melynek során a páciens szervezetébe pozitronbomló izotópot juttatnak, s a pozitron annihilációjakor keletkezett γ -fotonokat térben detektálják. A detektáláshoz kisméretű (jellemzően 3–6mm×3–6mm×20mm-es) szcintillátor kristálytűkből készített, kb. 20×30 db tűből álló mátrixokat használnak, melyeket egy hengerpalást mentén helyeznek el (típustól függően 20–120 db mátrix is lehet egy berendezésben). A szcintillátor kristályok az elnyelt γ -foton hatására UV-látható fotonokat bocsátanak ki, melyeket fényvezető rétegen keresztül vezetnek a fotodetektorokhoz. Detektorként legtöbbször 100–500 db fotoelektron-sokszorozót (PMT-t) alkalmaznak, melyek átmérője 3–5 cm, vagyis a kristálytűk számánál lényegesen kevesebb detektorral kell az egyes tűket megkülönböztetni egymástól. Megfelelő fényvezető réteg segítségével megvalósítható, hogy a PMT-k jeléből a γ -fotont elnyelő kristálytű azonosítható legyen, így nagy térbeli felbontás érhető el.

A jó jel-zaj viszony eléréséhez fontos a megfelelő típusú kristály kiválasztása. Az anyag fényhozama (kibocsátott foton / γ -foton), belső abszorpciója, törésmutatója, utánvilágítása, esetleges saját sugárzása mind befolyásolják a kristálytűből kinyerhető fotonok mennyiségét, valamint a jel-zaj viszonyt [1]. A kristálytűket reflektor fóliával körülvéve a keletkezett fotonokat a PMT irányába lehet „terelni”, ezáltal a kristály fényhasznosítása – és így a jel-zaj viszony – javítható.

A berendezés bonyolultsága miatt a tervezéshez kulcsfontosságú megfelelő szimulációs modell megalkotása, mellyel a különféle kristály-reflektor konfigurációk, fényvezető típusok, elrendezések modellezhetők. A Mediso Kft-nél készített, Detect2000 [2] alapú PetDetSim programcsomag a nukleáris folyamatok leírására jól használható, azonban az optikai folyamatok modellezésére csak korlátozottan alkalmas. Az Atomfizika Tanszéken fejlesztett Zemax alapú modellel az optikai rendszer szimulálható jól, azonban a detektálási folyamat többi elemét (így például a γ -foton elnyelődését) a modell nem tudja kezelni.

A modellek pontosságának ellenőrzésére méréseket végeztem egyszerűbb, jól reprodukálható, egyetlen kristálytűt tartalmazó konfigurációkkal. Különböző kristálytípusok, felületek és reflektor fóliák kombinációja esetén az egyedi kristálytűk fényhasznosítását hasonlítottam össze, ilyen módon az optikai folyamatok paramétereiről kaptam információt, és a kísérletek alapján a Zemax alapú modell helyességét tudtam ellenőrizni. A mérések és a Zemax-os modell eredményeit összevettem a PetDetSim-ben lefuttatott szimulációk eredményével, felderítettem az eltérések valószínűsíthető okait, majd ezek alapján javaslatokat tettem a PetDetSim továbbfejlesztésére.

Irodalom:

1. A. Nassalski, M. Kapusta, T. Batsch, D. Wolski, D. Möckel, W. Enghardt, and M. Moszyński, „Comparative Study of Scintillators for PET/CT Detectors”, *IEEE Transactions on Nuclear Science*, **vol. 54**, no. 1, 3-10, February 2007.
2. A. Levin, C. Moisan, „A more physical approach to model the surface treatment of scintillation counters and its implementation into DETECT”, *IEEE Nucl. Sci. Symposium*, Anaheim, Oct. 1996, TRI-PP-96-64.

Ultrarövid impulzusú szállézeres számítógépes modellezése

Szabó Áron, V. évf.

Konzulens: dr. Várallyay Zoltán, Furukawa Electric Technológiai Intézet Kft.

Az impulzus üzemű lézerek és azon belül az ultrarövid impulzusú lézerek egyre gyakrabban fordulnak elő ipari és orvosbiológiai alkalmazásokban. Olyan területeken, mint a spektroszkópia, a nemlineáris mikroszkópia, a frekvencia konverzió, a nagy pontosságú szemműtétek, vagy az anyagmegmunkálás (vágás, fúrás, abláció), ezen lézerek egyre elterjedtebbek [1].

A lézerekkel szemben támasztott követelmények viszont egyre szigorúbbak a stabilitás terén (lásd szemműtétek). Ugyanakkor a környezeti zavarok (pl. termikus, mechanikus) gyakran instabilitási problémákhoz vezetnek vagy nyaláb paraméterek megváltozásához. A modern szállézeres és szálérősítőket általában a környezeti hatásokra kevésbé érzékenyeknek véljük a szilárdtest lézerekhez képest, ezért alkalmazásuk egyre gyakoribb. Említésre méltó előnyük az is, hogy olyan hullámhosszakon képesek jó minőségű nyalábok előállítására, ahol a hagyományos szilárdtest lézerek nem [2].

A TDK dolgozatban egy olyan lehetséges, gyűrű oszcillátorral rendelkező szállézer konstrukciót mutatunk be és modellezünk, amely mind a stabilitás, mind az impulzushossz és energia szempontjából kedvező tulajdonságokat mutat, és így akár a gyakorlati megvalósítására is sor kerülhet. A számítási eredményeink alapján az elrendezéssel 80MHz ismétlési frekvencia mellett, 1nJ-nál nagyobb energiájú és 100fs körüli, illetve az alatti impulzusokat lehet előállítani, ami legjobb tudomásunk szerint rekordnak számít. Ennek elérésében fontos szerepe van az elrendezésbe implementált üreges magvú fotonikus kristály szálaknak, amely igen kedvező diszperziós és nemlineáris tulajdonságokkal rendelkezik.

A modellezést egyrészt Matlab környezetben, másrészt egy kereskedelmi forgalomban kapható, optikai hálózatok szimulációjára alkalmas szoftverrel, a VPI-jal végezzük. A modellben figyelembe vett effektusok: diszperzió, önfázis moduláció, polarizáció módusdiszperzió, és természetesen az adalékolt szál lézerezősítésének leírása [3]-[4].

Irodalom:

1. A. Polynkin *et al.*, "Single-frequency fiber ring laser with 1W output power at 1.5 μ m", *Opt. Express* 13 (8), 3179, 2005.
2. Encyclopedia of Laser Physics and Technology, RP Photonics Consulting GMBH; http://www.rp-photonics.com/fiber_lasers_versus_bulk_lasers.html
3. Govind P. Agrawal, „Nonlinear Fiber Optics”, 3rd edition, Academic Press, 2001.
4. C. Randy Giles, Emmanuel Desurvire, "Modeling Erbium-Doped Fiber Amplifiers", *Journal of Lightwave Technology*, VOL 9., NO 2., February, 1991

NUKLEÁRIS TECHNIKA SZEKCIÓ

Helyszín: R ép. IV. em. 438.

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

Zsúri Tagok: dr. Légrády Dávid, Adjunktus
BME Nukleáris Technika Intézet

dr. Nemes Imre, Osztályvezető
Paksi Atomerőmű Zrt., Reaktorfizika Osztály

dr. Kardon Béla, Fizika Tudományok Doktora, Tanácsadó
MTA Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet

08³⁰ Csajbók Viktória (II.), Anyagutánpótlás fúziós plazmákban – pelletek behatolási mélységének vizsgálata, Konzulensek: dr. Gál Kinga, Tudományos főmunkatárs és Belonohy Éva, Tudományos segédmunkatárs, MTA RMKI Plazmafizikai Főosztály

08⁵⁵ Gábor Attila (III.), A paksi nyomottvizes atomerőmű modellezése szabályozástechnikai célokra, Konzulensek: Fazekas Csaba, MTA SZTAKI, dr. Fehér Sándor és Reiss Tibor, BME Nukleáris Technika Tanszék

09²⁰ Jeszencsák Péter (III.), Az alacsony Prandtl-számú folyékony ólom termohidraulikai és mérés technikai sajátosságai, Konzulensek: dr. Aszódi Attila és Kiss Attila, BME Nukleáris Technikai Intézet

09⁴⁵ Lantos Judit (IV.), Pozitron-emissziós tomográf detektor rendszerének Monte-Carlo szimulációja, Konzulens: dr. Czifrus Szabolcs, BME Nukleáris Technika Tanszék

10¹⁰ Papp Dániel (III.), Kis dózisos hatások; a bystander-effektus, Konzulensek: dr. Zagyvai Péter, BME Nukleáris Technika Intézet és dr. Hegyesi Hargita, OSSKI

10³⁵ Papp Gergely (V.), Az ASDEX Upgrade tokamak fűrészfog oszcillációihoz kötődő MHD módusainak vizsgálata, Konzulensek: dr. Pór Gábor és Pokol Gergő, BME Nukleáris Technika Tanszék

11⁰⁰ Perkó Zoltán (V.), Gázhűtéses gyorsreaktor üzemanyagciklusának vizsgálata, Konzulens: dr. Fehér Sándor, BME Nukleáris Technikai Intézet

11²⁵ Réfy Dániel Imre (V.), A TEXTOR tokamak atomnyaláb diagnosztika jeleinek korrekciója a RENATE szimulációs programmal, Konzulensek: dr. Pór Gábor és Pokol Gergő, BME Nukleáris Technika Tanszék

Anyagutánpótlás fúziós plazmákban – pelletek behatolási mélységének vizsgálata

Csajbók Viktória, II. évf (BSc)

Konzulensek: dr. Gál Kinga, Tudományos főmunkatárs és Belonohy Éva,
Tudományos segédmunkatárs, MTA RMKI Plazmafizikai Főosztály

Az anyagutánpótlás fontos kérdés a fúziós berendezésekben, melynek egy módja a pelletbelövés. A pellet általában egy néhány mm^3 -es nagyságú hidrogén-izotópból készült jégdarabka (néhány K), amit több száz m/s -os sebességgel lönek be a plazmába. A forró plazma (hőmérséklete: 100 millió K; sűrűsége: 10^{18} - 10^{20} m^{-3}) és a pellet kölcsönhatásba lépnek egymással, azaz nagysebességű elektronok ütköznek bele a pelletbe, és részecskéket szakítanak le róla. Így a pellet körül kialakul egy semleges felhő, amely a további energiabevitel hatására ionizálódik. A pelletet körülvevő felhő árnyékoló hatása ellenére hővezetés útján eljut az energia a pellet felületére, további részecskéket választva le a pelletről. Ezt a folyamatot nevezzük ablációnak.

Az abláció megértése céljából több elméleti modellt is kidolgoztak, többek között az NGS, és a Hibrid modellt. Az NGS (Semleges Gáz Árnyékolás, Neutral Gas Shielding) modell a pellet körül kialakuló semleges felhő árnyékolását veszi figyelembe, a Hibrid modell pedig az ionizált felhő hatását is. A modellek alapján az ablációs ráta hatványfüggvény alakban adható meg, melyben a pellet sugara, a lokális elektron hőmérséklet és sűrűség, valamint a Hibrid modellben a pellet belövési sebessége is szerepel. Az ASDEX Upgrade német fúziós berendezésen végzett kísérletek eredményeinek statisztikus vizsgálata a behatolási mélységet a pellet tömege, sebessége, a plazma átlaghőmérséklete, mágneses tere, valamint a plazma alakjának (geometriájának) függvényében határozzák meg. A kísérlet és az elmélet összehasonlításának céljából az ablációs rátát egy adott hőmérséklet- és sűrűségprofilra számolják ki, melyből meghatározható a behatolási mélység. Az abláció folyamatát legerősebben befolyásoló paraméter a hőmérséklet, ezért a behatolási mélység erősen függ a hőmérsékletprofil alakjától. A kísérletek esetében nem mindig áll rendelkezésünkre teljes hőmérsékletprofil, csak a plazma átlaghőmérséklete. A TDK dolgozat célja meghatározni a hőmérsékletprofil hatását a behatolási mélységre, lehetővé téve a kísérletek és az elméletek pontosabb összehasonlítását.

A fúziós kutatások korai szakaszában a plazma hőmérsékletprofilja egy egyenessel volt közelíthető. Egy spontán állapotátmenet során a plazma egy alacsonyabb energiaösszetartású állapotból egy jó energiaösszetartású állapotba kerülhet. Az ún. H-módban (High confinement mode) a plazma szélén kialakuló transzportgát hatására megnövekszik a részecskeösszetartás. A transzportgátat a plazma szélén meredek hőmérséklet- és sűrűség-gradiens jellemzi, amit pedesztálnak neveznek. A H-mód hőmérsékletprofil nem közelíthető lineáris függvényvel, leírására általában egy tangens hiperbolikus, és egy exponenciális lecsengésű függvényt használnak.

A hőmérsékletprofil leíró paraméterek függetlenségének érdekében a profilt két lineáris szakasszal közelítettem. Az ASDEX Upgrade berendezés paramétertartományán változtattam a hőmérsékletprofil és a pellet paramétereit, melyekre numerikus szimulációval meghatároztam a hozzá tartozó behatolási mélységet. A kapott behatolási mélység értékekből felépített adatbázison statisztikus módszerekkel vizsgáltam a különböző plazma- és pelletparaméterek fontosságát. Multilineáris regresszió segítségével felállítottam egy skálatörvényt, mely a behatolási mélység fenti paraméterektől való függését határozza meg. Az így kapott skálatörvény a pedesztál figyelembevételével pontosabban leírja a behatolási mélység hőmérsékletfüggését, mint az eddig létező behatolási mélység skálák.

A paksi nyomottvizes atomerőmű modellezése szabályozástechnikai célokra

Gábor Attila, III. évf. (BSc)

Konzulensek: Fazekas Csaba, MTA SZTAKI,
dr. Fehér Sándor és Reiss Tibor, BME Nukleáris Technika Tanszék

A Paksi Atomerőmű utolsó, 4-es blokkjának építése 1987-ben fejeződött be. Az akkori tervek alapján az üzemidőt 30 évben határozták meg, így a reaktor blokkjaink működési engedélye 2012 és 2017 között jár le. Aktuális a kérdés, hogy a lejárat után mi történjen az atomerőművel, mivel az ország energiatermelésének mintegy 40%-át biztosítja. A kérdést technikai, gazdasági, környezetvédelmi, politikai és társadalmi oldalról is meg kellett vizsgálni. Végül az atomerőmű élettartamának hosszabbítása mellett döntöttek [1].

Mi határozza meg az atomerőmű élettartamát? Azon berendezések és tárolóeszközök minősége, biztonságossága, melyek cseréje nem kivitelezhető vagy ennek költsége nem vállalható. Ezek megóvásának érdekében, illetve teljesítménynövelési célból szükséges az erőmű szabályozórendszerének felújítása és korszerűsítése, amelyre az MTA–SZTAKI végez előtanulmányokat.

A szabályozórendszer tervezéséhez egy olyan blokk-modell elkészítése szükséges, mely a lehető legegyszerűbben írja le a reaktorban lejátszódó folyamatokat és azok dinamikáját a normál üzemi tartományban. Az egyszerűség számunkra alapvető követelmény, mivel a szabályozástechnikai módszerek bonyolult modellekre nehezen vagy egyáltalán nem alkalmazhatók. A dolgozat a teljes atomerőművi blokk modellezésén belül egy reaktormodell kifejlesztését mutatja be, amely teljesíti a fenti kritériumokat.

Már korábban is jelentek meg reaktormodellezéssel foglalkozó cikkek, ezek viszont vagy túl egyszerűek — pl. [2]-ben elhanyagolták a későneutron-csoportokat és a hőmérséklet változásból adódó visszacsatolásokat — vagy túl bonyolultak — pl. APROS, RELAP5 — a szabályozástechnikához. A dolgozatban ismertetett modell megpróbálja megtalálni azt a bonyolultsági szintet, mely figyelembe veszi a lényegesebb fizikai folyamatokat ([3]), és ezzel a mérésekhez közelebb álló eredményeket szolgáltat, de ugyanakkor a szabályozástechnikai követelményeknek is eleget tesz. Ehhez a modellben közönséges lineáris differenciálegyenlet-rendszerrel írjuk le a folyamatokat, és a lehető legkisebb fokú polinomiális közelítéseket alkalmazunk. Az egyenletekben szereplő paramétereket paraméterbecslő algoritmusokkal határozzuk meg.

A modell futásához szükséges paramétereket a Paksi Atomerőmű 1-es blokkjának mérési adatai — neutronfluxus, rúdpozíció, üzemanyag- és hűtőközeg-hőmérséklet — alapján határozzuk meg.

A dolgozatban a modell ismertetésén túl szó esik a paraméterbecslési és egyenletmegoldó eljárásokról és ezek megválasztásának okairól is. Végül pedig összehasonlítjuk a modell eredményeit a valós mérésekkel.

Irodalom:

1. <http://www.npp.hu/jovo>, 2008. szeptember
2. Cs. Fazekas, G. Szederkényi, K. M. Hangos, „*Parameter estimation of a simple primary circuit model of a VVER plant*”, IEEE Transactions on Nuclear Science, In print, 2008.
3. Csom Gy., „*Atomerőművek üzemtana I.*”, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1997.

Az alacsony Prandtl-számú folyékony ólom termohidraulikai és mérés technikai sajátosságai

Jeszencsák Péter, III. évf. (BSc)

Konzulensek: dr. Aszódi Attila és Kiss Attila, BME Nukleáris Technikai Intézet

A folyékony fémek, így az ólom és az ólom-bizmut eutektikum nukleáris technikai felhasználása a negyedik generációs atomreaktor koncepciók megalkotásával újra előtérbe került. Ennek elsődleges oka az, hogy a negyedik generációs koncepciók fő céljai a radioaktív hulladékok transzmutációja, valamint hidrogéntermelés és tengervíz-sótalanítás. Előbbihez gyorsneutron-spektrum, míg utóbbiakhoz magas hőmérsékletű folyamathő szükséges. Ezek víz hűtőközeggel nem valósíthatóak meg, gázhűtés vagy folyékony fém hűtőközeg alkalmazásával viszont igen.

Az ólom sok tekintetben eltérő viselkedést mutat a konvencionális hűtőközegektől, mint a víz vagy a levegő. Másként reagál besugárzás esetén, korróziós, eróziós viselkedése szintén eltérő az eddig alkalmazott közegekhez képest. A mérnöki gyakorlatban megszokottaktól eltérőek hőfizikai és termohidraulikai tulajdonságai is. Dolgozatomban ezeket az eltéréseket, sajátosságokat mutatom be.

A folyékony ólom Prandtl-száma (amely a közegen belüli impulzus- és hőtranszport intenzitásának arányára utal) 10^{-2} - 10^{-3} nagyságrendű, szemben a víz 1 körüli értékével. Ebből kifolyólag számos esetben nem alkalmazhatóak a víz esetén használható Nu-szám és egyéb összefüggések, de még az igen széles körben alkalmazott k - ϵ turbulencia modell sem. Mivel az ólom hővezetési tényezője igen nagy, ezért a hővezetés még turbulens áramlás esetén is számottevő súlyt képvisel a hőterjedésben.

Mérés technikai szempontból szintén különleges megoldásokat igényel az ólom. Problémát okoz, hogy nem áttetsző, sűrűsége nagyobb, mint a legtöbb mérőeszközé, ezért jelentős felhajtóerő lép fel. Mágneses tulajdonsága azonban kihasználható mérés- és áramlástechnikai problémák megoldásában is.

A dolgozat áttekinti az ólom – mérnöki szempontból fontos – hőfizikai és termohidraulikai tulajdonságait, összefoglalást ad a folyékony ólommal kapcsolatban hozzáférhető kísérletekről, valamint javaslatot tesz a modern CFD kódok ólomhűtésű reaktorokkal kapcsolatos alkalmazhatóságának ellenőrzésére.

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, 2007.

Pozitron-emissziós tomográf detektor rendszerének Monte-Carlo szimulációja

Lantos Judit, IV. évf.

Konzulens: dr. Czifrus Szabolcs, BME Nukleáris Technika Tanszék

A hagyományos orvosi diagnosztikai képalkotó eljárások (UH, CT, MRI) elsősorban a szervek, szervrendszerek morfológiáját, az anatómiai viszonyokat ábrázolják. Hátrányuk, hogy a kóros folyamat rossz- vagy jóindulatú voltát csak akkor lehet velük meghatározni, ha az már az érintett szerv szerkezetében, méretében, formájában elváltozást okozott. Az úgynevezett funkcionális képalkotó eljárások sajátossága, hogy a szervek, szövetek különböző működési jellemzőjét (pl. véráramlás, anyagcsere) jelenítik meg egy adott pillanatban. Egy betegség kialakulása először a szervek, szövetek működésében okoz elváltozást. Ezért a funkcionális képalkotó eljárások jóval hamarabb, még az anatómiai elváltozások kialakulása előtt képesek jelezni a betegséget.

A PET (pozitron-emissziós tomográfia) az egyik legmodernebb, orvosi funkcionális képalkotó eljárás, amely pozitron sugárzó izotópokkal jelölt molekulák segítségével képes a szervezet biokémiai folyamatait ábrázolni. A PET berendezések egyik alkalmazási területe a szervezetbe juttatott gyógyszerek biológiai hatásainak kvantitatív vizsgálata. Ezeket a vizsgálatokat általában kis állatokon végzik el, melyekhez természetesen speciális, kis látómezővel rendelkező PET berendezések szükségesek.

A szakirodalom alapján megállapítható, hogy a PET berendezések modellezését általában a GEANT Monte-Carlo kódra alapuló GATE nevű program segítségével végzik el. A dolgozatban ismertetett kutatás egyik célja, hogy egy kisállat-PET berendezés detektorrendszerének modelljét a nemzetközileg referenciaként szolgáló MCNP kódra alapozva elkészítsük. Mivel az MCNP program alapértelmezett funkciói nem alkalmasak a PET berendezésben lejátszódó fizikai folyamatok követésére, a lezajlott folyamatok, események adatainak utólagos elemzésére van szükség. Az egyes eseményeket, azok minden jellemző paraméterével az MCNP egy ptrac elnevezésű szövegfileba írja, melynek feldolgozására C nyelvű programot fejlesztettünk ki.

Az MCNP modell és a kidolgozott program segítségével kiszámítjuk egy detektorelem hatásfokát centrálisan és a látómező szélén elhelyezkedő forrás esetén, meghatározzuk a valódi koincidencia-események rátáját, a detektorrendszer terhelhetőségét és a koincidencia események holtidő-korrekcióját.

A számított fizikai jellemzőket összehasonlítjuk a GATE program segítségével készített szimulációs eredményekkel.

Irodalom:

1. Dawson, P., „Recent developments of significance in medical imaging”, International conference on quality assurance and new techniques in radiation medicine Vienna (Austria) 13-15 Nov 2006.
2. Elliott, Alex, „Medical imaging”, 6. international workshop on radiation imaging detectors Glasgow (United Kingdom) 25-29 Jul 2004. Nuclear-Instruments-and-Methods-in-Physics-Research v. 546(1-2) p. 1-13 (2005)
3. M Ljungberg, S.E Strand, M.A King., „Monte Carlo Calculations in Nuclear Medicine: APPLICATIONS IN DIAGNOSTIC IMAGING. IOP Publishing Ltd. 1998.

Kis dózisok hatásai; a bystander-effektus

Papp Dániel, III. évf. (BSc)

Konzulensek: dr. Zagyvai Péter, BME Nukleáris Technika Intézet,
dr. Hegyesi Hargita, OSSKI

A kis dózisok (100mGy alatt) emberi szervezetre gyakorolt hatása és ezen hatás mechanizmusa a sugárvédelem és a sugárbiológia igen fontos és régóta vitatott fejezete. A kis dózisú tartomány vizsgálatának fontosságát mutatja az a tény is, hogy egyes orvosi radiodiagnosztikai eljárásokban a beteget érő dózis meghaladhatja a jelenlegi hatósági szabályozásban „elhanyagolható”-nak tekintett (10 μ Sv) dózist.

A sugárbiológia másik, fellendülőben lévő kutatási területe a bystander-effektus (szomszédhatás), mely során olyan sejtek is sugárválaszt mutatnak, melyek nem is szenvedtek direkt sugárterhelést, tehát az emberi szervezetben a sugárzásra adott biológiai válasz tovaterjed.

A dolgozat célja ezen két terület együttes vizsgálata, tehát a kis dózisú direkt besugárzás hatásának mérése humán fibroblaszt sejteken, valamint bystander-effektus fenomenológiai vizsgálata, leírása. Mivel a fenomenológiai leírás a bekövetkezett változás felől közelíti meg az adott problémát, ezért a vizsgálat jelentős része biológiai módszerekkel kellett, hogy történjék.

Ezen célból először a sugárzás fizikai és biológia hatásait összekötő fizikai – kémiai - biológiai hatásláncolatot kellett megismernem, majd egy olyan biológiai módszert kellett találnom, mely a sugárválasz mérésére alkalmas.

A mérési módszer az ún. génexpresszió változás kimutatása a nem célzott (non-targeted) sugárzás hatására. A génexpresszió változása egy adott gén működésének relatív növekedése, vagy csökkenése a sugárzást nem szenvedett kontrollokhoz képest. A besugárzást Co^{60} „gammaágyúval” végeztük. A módszer során kvantitatív reverz transzkripciót követő polimeráz láncreakciót (QRT-PCR-rel), állítottuk be, az eredmények kiértékelését relatív fluoreszcencia-mérés alapján végeztük. A méréssorozat elején megfelelő, sugárválasz-géneket kerestünk, és ezen gének expresszióváltozását kellett a már meglévő irodalmi adatokkal összehasonlítani, ezáltal validálva a mérési eljárást.

Vizsgáltuk a génexpresszió-változást direkt besugárzott és bystander sejtek esetében, különböző dózisokkal és különböző expozíciós időkkel, megkapva így a bystander-effektus dózis-, illetve időfüggését.

A vizsgálat további, lehetséges pontjai lehetnek az eltérő donorból származó primer fibroblasztok összehasonlítása, ezáltal annak vizsgálata, hogy a sugárválasz egyedspecifikus-e, továbbá a bystander-hatás mechanizmusának matematikai, és fizikai leírásának pontosítása.

Az ASDEX Upgrade tokamak fűrészfog oszcillációihoz kötődő MHD módusainak vizsgálata

Papp Gergely, V. évf.

Konzulensek: dr. Pór Gábor és Pokol Gergő, BME Nukleáris Technika Tanszék

A jövő egyik ígéretes energiaforrása a magfúzió. Egy stabilan működő, energiatermelő fúziós erőmű építése napjainkban még nem lehetséges, de a témában intenzív kutatások folynak. Jelenleg a kutatásban legelőrehaladottabb fúziós berendezés típusa a tokamak.

A tokamakok egyik régóta ismert, de máig meg nem értett jelensége a fűrészfog instabilitás [1], mely során a plazma belső részén mérhető hőmérséklet kváziperiodikusan letörlik, miközben a hőmérsékletprofil lelapul. A plazma közepéből történő energiátranzsport ugyan nemkívánatos a fúziós reakciók szempontjából, de a jelenséggel együtt járó anyagáramot a fúzió égéstermékeinek plazma közepéből való eltávolítására is fel lehet a jövőben használni. Egy új hipotézis szerint [2] a fűrészfog instabilitásban a plazmában létrehozott, héjszerűen egymásba ágyazott mágneses felületekből álló erővonal-struktúra felbomlása játszhat szerepet. Az átmenet mechanizmusa az így definiált sztochaszticitásba még nem tökéletesen tisztázott.

A munka során a Max Planck Institut für Plasmaphysik tokamakján, az ASDEX Upgrade-en (AUG) végeztünk feldolgozásokat a lokálisan mért elektron ciklotron sugárzás (ECE), ami egy radiálisan lokalizált hőmérsékletmérés; a vonalintegrált módon mért lágy Röntgen sugárzás (SXR), amelynek intenzitása a sűrűség négyzetének és a hőmérséklet (közel elsőfokú) szorzatával arányos; valamint a radiális- illetve poloidális mágnes tér-fluktuációk (Mirnov illetve Ballooning szondák) jeleit vizsgálva. A vizsgálat alapját a jelekből számolt korrelációk, koherencia- és fázisfüggvények, spektrumok, wavelet skálagramok és sávteljesítmény-korrelációk képezik.

Megmutatjuk, hogy az SXR és Ballooning jelek között jelentős korreláció van a fűrészfogszerű hőmérséklet letörések előtt, melyeket megelőzően szinte szinuszosan periodikus rezonanciaszerű oszcilláció (prekurzor) jelentkezik. Ez a jelenség a lokalizált ECE jelekben is látható. A prekursor leírásához egy magnetohidrodinamikai (MHD) modellt állítunk fel, amelyben két, -általunk legalább 60%-ban korrelálnak mért- sávteljesítmény oszcillációhoz köthető a fent említett sztochaszticitás megjelenése [3], amely megmagyarázhatná a letörés gyorsaságát, amellyel az eddig elméletek adósak maradtak. Figyelmünket a prekursor- sőt, a letörés után a plazmában a középponttól távolodó oszcillációkra összpontosítjuk, mert ettől várjuk, hogy érthetővé váljon az energiátranzsport, ugyanakkor ezzel magyarázzuk a különböző jelekben észlelt jelentős korrelációkat.

Irodalom:

1. S. von Goeler, W. Stodiek, and N. Sauthoff, „*Studies of Internal Disruptions and $m=1$ Oscillations in Tokamak Discharges with Soft-X-Ray Techniques*”, Phys. Rev. Lett. **33**, 1201 - 1203 (1974)
2. V. Igochine, et. al. „Transition from quasiperiodicity to chaos just before sawtooth crash in the ASDEX Upgrade tokamak”, Nucl. Fusion **48**, 062001 (2008)
3. V. Igochine, O. Dumbrajs, H. Zohm, G. Papp, G. Por, G. Pokol and ASDEX Upgrade team. „*The role of stochastization in fast MHD phenomena on ASDEX Upgrade*”. IAEA-FEC, **EX/P9-10** (2008) - submitted

Gázhűtéses gyorsreaktor üzemanyagciklusának vizsgálata

Perkó Zoltán, V. évf.

Konzulens: dr. Fehér Sándor, BME Nukleáris Technikai Intézet

A nukleáris energiatermelés a világ számos országában van jelen, és mint CO₂ kibocsátásmentes energiaforrás, várható, hogy a jövőben is meghatározó szerepet fog játszani. Ehhez azonban többek között két, az üzemanyaggal kapcsolatos problémát is meg kell oldani.

Az egyik probléma a hasadóanyag mennyiségének véges volta, és annak igen kis hatékonyságú hasznosítása a mai reaktorokban, a másik pedig a radioaktív hulladékok kezelésének kérdése.

Többek között ezen két probléma megoldásának szándéka vezetett az úgynevezett IV. generációs atomerőművek tervezéséhez. Jelenleg hat reaktorkonceptión dolgoznak, melyek egyike a gázhűtéses gyorsreaktor (GCFR). Ez a reaktor gyors neutron-spektruma miatt hatékonyan el tudja hasítani a különböző aktinidákat, és alkalmas lehet arra, hogy zárt üzemanyagciklussal működjön, illetve hogy más reaktorok kiegészített üzemanyagából származó hasadóanyagot hasznosítson. Különösen utóbbi tulajdonsága teszi vonzóvá, hiszen a termikus reaktorok hulladékát reprocesszálva, annak hasadóanyag tartalmát a GCFR-ben kiegészítve, a kiegészített üzemanyag radiotoxicitása jelentősen csökkenthető.

TDK munkám célja a 600MW termikus teljesítményű referencia reaktor (GFR600) üzemanyagciklusának Monte Carlo szimulációval történő vizsgálata. A Francia Atomenergia Ügynökség (CEA) által tervezett reaktor egy hélium-hűtésű, SiC-UPuC kerámia alapú üzemanyaggal működő, lemezes elrendezésű gyorsreaktor. A cél olyan üzemanyagciklust találni, melyben kizárólag szegényített uránt, a felhalmozott plutónium készletekből származó plutóniumot, illetve reprocesszálás során nyert másodlagos aktinidákat kell az üzemanyaghoz adni. Amennyiben lehetséges ilyen ciklusban működtetni a reaktort, úgy a GCFR mindkét probléma megoldásában fontos szerepet játszhat: egyrészt csökkentheti az atomerőművekből kikerülő radioaktív hulladék radiotoxicitását, másrészt a keményebb spektrum miatt jobban hasznosítani tudja majd a meglévő készleteket.

A vizsgálatokat Monte Carlo szimulációval, az MCNPX program felhasználásával végeztem. Felépítettem a GFR600-as zónájának modelljét, és a program BURN opciójával elemeztem az üzemanyagban végbemenő változásokat. A reprocesszálás modellezésére programot írtam, mely az MCNPX által számolt kiegészítés utáni anyagösszetétel és a reprocesszálás jellemzőinek alapján meghatározza az új üzemanyag összetételét.

Irodalom:

1. James van der Stok: „The closed nuclear fuel cycle for the Gas Cooled Fast Reactor”, Master’s thesis, TU Delft, 2007
2. Trevor Q. Foley, Travis W. Knight: „Fuel cycle analysis of GFR using advanced fuels”, Progress in Nuclear Energy, 2008

A TEXTOR tokamak atomnyaláb diagnosztika jeleinek korrekciója a RENATE szimulációs programmal

Réfy Dániel Imre, V. évf.

Konzulensek: dr. Pór Gábor és Pokol Gergő, BME Nukleáris Technika Tanszék

Az atomnyaláb diagnosztika (Beam Emission Spectroscopy – BES) a mágneses összetartású plazmák tipikusan külső régiói vizsgálatának egyik módja. A módszer lényege, hogy egy nagyenergiájú atomnyalábot bocsájtva a plazmába, az ott gerjesztődést követő spontán emisszió útján karakterisztikus hullámhosszú fényt emittál, melyet a megfelelő optikai rendszer és detektor(ok) segítségével rögzítünk. A rögzített emisszió nyaláb menti eloszlása (fényprofil) alapján következtethetünk bizonyos plazmaparaméterek tér és időbeli eloszlására, ehhez viszont a berendezés, az atomfizikai folyamatok és a megfigyelés teljes modellezése szükséges. Az erre a célra írt, a fényprofilból sűrűségprofil visszaállító kódok egy dimenziós nyalábbal számolnak. Az általam használt RENATE szimulációs kód figyelembe veszi a nyaláb véges kiterjedését, így képes a nyaláb radiális árameloszlása és az optika nem merőleges ránézéséből adódó – ti. az optika egy detektorára eső fényintenzitás a nyaláb különböző evolúciós fázisában lévő részről is érkezhethet – szisztematikus hiba korrekciójára. Az ebből adódó hiba bizonyos mérési elrendezések esetén a jelenleg visszaállításra használatos egy dimenziós nyaláb modellel számolva jelentős lehet. A TEXTOR tokamak esetén a merőleges ránézés a nyalábra technológiai okokból nem lehetséges, így a BES mérések alapján az általunk számolt plazmaparaméterek a mostani modell alapján számoltakhoz képest jelentősen eltérhetnek.

A fent leírt hibát kimutattam a TEXTOR tokamakokon végzett BES diagnosztika modellezése alapján. Beépítettem a TEXTOR modult a RENATE programba, ami a TEXTOR berendezés mágneses és valós geometriájának, az optikai rendszer és a diagnosztikai nyaláb paramétereinek a bevitelét, a valós mérési adatok bevitele lehetőségének a megteremtését foglalta magában. A visszaállító helyes működéséhez elengedhetetlen a teljes fényprofil ismerete, ami valós mérésből soha nem áll rendelkezésre az optika korlátai miatt, ezt kiküszöbölendő írtam egy modult, ami extrapolálja a meglévő profilt a lezajló fizika folyamatok figyelembevételével. A rekonstrukció után a mérésből adódó sűrűségprofil-torzulást sikerül kompenzálni, így jelentősen javítottam a mérés pontosságát. Foglalkoztam továbbá a megfigyelés modul fejlesztésével (teljes optikai terv integrálása) mely még további kutatás tárgyát képezi.

FÉNYFORRÁSOK SZEKCIÓ

Helyszín: F ép. F29 tanterem.

- Zsúri Elnök:** dr. Balázs László, Innovációs Igazgató
Lighting Innovation, GE Consumer & Industrial
- Társelnök:** dr. Lőrincz Emőke, Egyetemi Docens
BME Fizikai Intézet, Atomfizika Tanszék
- Zsúri Tagok:** dr. Poppe András, Tanszékvezető helyettes, Egyetemi Docens
BME Villamosmérnöki és Informatikai Kar,
Elektronikus Eszközök Tanszék
- dr. Kocsányi László, Egyetemi Docens
BME Fizikai Intézet, Atomfizika Tanszék
- Szilágyi Imre, Tudományos Segédmunkatárs
BME Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar,
Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszék

VERSENYEN KÍVÜLI ELŐADÁSOK:

- 08³⁰** Janke Dénes (doktorandusz), Higanygőznyomás mérése atomabszorpciós módszerrel,
Konzulens: dr. Madarász János, BME Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék
- 08⁵⁵** Varga Péter (doktorandusz), Kisnyomású fluoreszcens fényforrásokban alkalmazott
fényporok és adalékanyagaik hőkezelése során végbemenő folyamatok termoanalitikai
modellezése, Konzulens: dr. Madarász János, BME Szervetlen és
Analitikai Kémiai Tanszék
- 09²⁰** Álmosdy Péter (IV.), Lineáris fénycsövekben alkalmazott emissziós anyag
aktiválásának komplex vizsgálata, Konzulens: Vargáné dr. Josepovits Katalin,
BME Atomfizika Tanszék

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI ELŐADÁSOK:

- 09⁴⁵** Hernádi Zoltán (V.), Lineáris fénycsövekben lejátszódó anyagtranszport vizsgálata,
Konzulensek: dr. Hárs György, BME Atomfizika Tanszék és
Bakk István, GE Innováció
- 10¹⁰** Horváth Katalin Eszter (V.), LED optikai modellezés autó fényszóró alkalmazásra,
Konzulensek: dr. Erdei Gábor, BME Atomfizika tanszék és Gallai József,
GE Consumer & Industrial
- 10³⁵** Luczi Melinda (V.), Kerámia-fémhalogenid lámpákban alkalmazható kerámia-fém
kötőanyagok analitikai kémiai vizsgálata, Konzulensek: Tóth Zoltán, GE Hungary
ZRt. HID Technology és dr. Madarász János, BME Szervetlen és Analitikai Kémiai
Tanszék

11⁰⁰ Molnár Balázs (IV.), Magas hőmérsékletű anyagtudományi kutatások
kislólámpákban, Konzulensek: Dobos Gábor, BME Atomfizika Tanszék és
dr. Böröczki Ágoston, GE Hungary Zrt.

11²⁵ Szabó Sándor (V.), Új módszer fényerősség szabályozásra villamos hálózaton átvitt
jelek segítségével, Konzulensek: dr. Berta István és dr. Kiss István,
BME Villamos Energetika Tanszék és Maros István, GE Hungary Zrt.

15 PERC SZÜNET

12⁰⁵ Szanda István (V.), LED chip fénykicsatolásának hatásfoknövelése, Konzulensek:
dr. Koppa Pál, BME Atomfizika Tanszék és Bakk István, GE Hungary Zrt. Innováció

12³⁰ Vörös Márton András (V.), Új típusú környezetbarát fényforrás – szilíciumkarbid
nanoszerkezetek vizsgálata atomi szintű számítógépes szimulációkkal, Konzulensek:
dr. Gali Ádám, BME Atomfizika Tanszék és Somogyvári Zoltán, GE Hungary Zrt.

Lineáris fénycsövekben lejátszódó anyagtranszport vizsgálata

Hernádi Zoltán, V. évf.

Konzulensek: dr. Hárs György, BME Atomfizika Tanszék és Bakk István, GE Innováció

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 fénycsövekben alkalmazott elektródák anyaga párolgás és porlasztás révén a lámpa gázterébe kerül, a cső belső falára lerakódik, és a cső feketedését okozza. Erre a folyamatra több okból is érdemes figyelmet fordítani:

1. Az elektróda anyagából kipárolgó alkáliföldfémek a cső falára lerakódva amalgámképzéssel higanyt vonnak ki a fénycső gázteréből, emiatt a fényforrás gyártásakor több higanyt kell a fénycsövekbe tölteni. Ez technológiai szempontból alapvető jelentőségű, hiszen a GE 2007 októberében jelentette be, hogy egyes lámpákban a jelenleg alkalmazott 5 mg higany mennyiségét 1 mg-ra tervezi csökkenteni. [1]
2. A fénycsövek élettartamát elsősorban az elektródák fogyása korlátozza, így a párolgási és porlasztási folyamatok csökkentésével további élettartam-növelést lehet elérni.
3. Az elfeketedett üvegfelületen keresztül nem jut ki a fény a lámpából.

Tavalyi TDK munkámban bemutattam, hogy a fénycsőben lejátszódó anyagtranszport hogyan vizsgálható a lerakódott feketedést okozó réteg felületanalitikai módszerek alkalmazásával. 2007-ben szekunder ion tömegspektroszkópiai (SIMS) módszerrel megállapítottam a lerakódás kémiai összetételét, valamint megvizsgáltam a réteg laterális és mélységi eloszlását is.

A tavaly bemutatott munkám folytatásaként a kísérleti tapasztalatok és a lejátszódó jelenségek jobb megértésére törekedtem. Ennek érdekében végezem végeselem módszerre (FEM) épülő számítógépes szimulációkat végeztem a COMSOL Multiphysics programmal és a szimulált modelleket összevettem a kísérleti tapasztalatokkal.

A TDK dolgozatban és az előadásban bemutatom, hogy a fénycső gázterében lejátszódó anyagtranszport megfelelő megfontolásokkal diffúziós folyamatok alapján modellezhető. Az elektróda spirálját 2 dimenzióban téglalappal, 3 dimenzióban pedig hengerrel helyettesítve a kísérleti tapasztalattal egyező eredményekre jutottam. Megállapítottam, hogy az elektróda legforróbb (hotspot) pontjának helyzete alapvetően nem befolyásolja az anyagtranszport során a falra jutó lerakódás mennyiségét. Megvizsgáltam, hogy a bárium higanymegkötő tulajdonságának csökkentésére felmerült gyári javaslatok közül melyek lehetnek a legígéretesebbek. A költséges kísérleti ellenőrzés helyett az ötleteket beépítettem egy-egy számítógépes szimulációba, így numerikusan össze tudtam hasonlítani az egyes megoldási lehetőségek hatékonyságát. Az összehasonlíthatóság – az ötletek támogatásán és elutasításán túlmenően – lehetővé teszi, hogy a számítógépes szimulációval tervezzünk például geometriai paramétereket egy új gyártási ötlet megvalósításakor.

Irodalom:

1. Reuters 2007: GE hopes to cut mercury in "green" light bulbs
<http://www.enr.com/pollution/article/24068>

LED optikai modellezés autó fényszóró alkalmazásra

Horváth Katalin Eszter, V. évf.

Konzulensek: dr. Erdei Gábor, BME Atomfizika tanszék,
Gallai József, GE Consumer & Industrial

Napjaink legdinamikusabban fejlődő fényforrása a LED. Míg korábban szinte csak dekorációs célra alkalmazták őket, ma már jelzőlámpákban, háztartási világítástechnikában, illetve járművilágításban sem ritka a használatuk. Előnyük a kis és kompakt méret, a higanymentesség, illetve az alacsony fogyasztás és hosszú élettartam, mely tulajdonságok környezetbaráttá teszik őket. Mindezekon felül, mára már kellően megnövekedett fénysűrűségű az autóiipar érdeklődését is felkeltette, és 2008-ban megjelent az első, teljes mértékben LED-ekből készült lámpákkal rendelkező sorozatgyártásban készült autó is (Audi R8).

A piros illetve sárga színű LED-eket évek óta alkalmazzák az autók hátsó, fék illetve irányjelző lámpáiban. A fehér fényű LED-ek azonban csak napjainkra érték el azt a szintet, hogy az autók első megvilágításában helyet kapjanak: a csúcstechnológiát képviselő fehér LED-ek fénysűrűsége és fénysűrűsége már elegendő a törvényi előírásban megkövetelt megvilágítás létrehozására. TDK munkám célja egy tompított fényszóró tervezése fehér fényű LED-ek felhasználásával. Ebben a fő kihívást az jelenti, hogy pontos és Lambert-intenzitás eloszlású LED-ekből milyen reflektor rendszerrel állítható elő a tompított megvilágítás speciális iránykarakterisztikája.

Mivel a LED-eket elsősorban nem az autóiipar számára gyártják, ezért a dolgozatban meghatározom azokat a kritériumokat, melyek teljesülése esetén egy adott LED alkalmas lehet tompított fényszórós alkalmazásra, illetve feltérképezem a jelenleg kereskedelmi forgalomban kapható típusokat, és azok paramétereit. A kritériumokat részben a LED-es autófényszórókra is érvényes ECE R112-es európai törvényi szabályozás¹, részben pedig a technikai megvalósítást megkönnyítő paraméterek (például a szükséges darabszám, a hőmérsékletváltozásra való érzékenység) alapján határozom meg. Ezután bemutatom az így kiválasztott LED mérésrel meghatározott optikai/mechanikai tulajdonságai alapján készített számítógépes fényforrás modelleket, amelyet a reflektor tervezés során használok fel. A tompított fényszóró reflektor rendszerének megtervezéséhez kiindulásként a kapcsolódó szakirodalmat^{2,3}, illetve szabadalmakat tekintem át. Mivel egy olyan rendszert szeretnék megalkotni, amely akár egy, az utakon futó autóba is beépíthető, figyelembe veszem, hogy a választott konstrukció viszonylagosan egyszerű (keves elemből álló, könnyen gyártható) és olcsó legyen. A dolgozatban bemutatom a tervezés részletes menetét, a kialakított konstrukció mechanikai és optikai paramétereivel együtt. A fényforrás modellem segítségével megvizsgálom, hogy a LED mechanikai paramétereinek módosításával hogyan javíthatók a tervezett fényszóró optikai tulajdonságai.

Irodalom:

1. ECE előírások: www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs.html
r112-es számú előírás
2. Elmer, W. B. „Optical design of reflectors”, 1987 (Wiley, New York)
3. Book of the 7th International Symposium of Automotive Lighting 2007.

Kerámia-fémhalogenid lámpákban alkalmazható kerámia-fém kötőanyagok analitikai kémiai vizsgálata

Luczi Melinda, V. évf.

Konzulensek: Tóth Zoltán, GE Hungary ZRt. HID Technology,
dr. Madarász János, BME Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék

A kerámia-fémhalogenid (Ceramic Metal Halide-CMH) lámpák a nagyintenzitású kisülőlámpák (High Intensity Discharge-HID) családjába tartoznak. Kiváló színvisszaadás, jó hatásfok és hosszú élettartam jellemzi ezt a lámpatípust. A lámpa egyik fő alkotóeleme a polikristályos alumínium-oxidból készült kerámia égőtest. Ennek belsejében történik a fényt adó kisülés. Az árambevezető olyan fém, tipikusan nióbium, melynek hőtágulása jól illeszkedik a kerámia (Al_2O_3) hőtágulásához. A fém és kerámia közötti vákuumzárást beolvasztott kötőanyag (zománc) biztosíthatja, mely jól tapad mindkét anyaghoz, hőtágulási tulajdonsága hasonló, jól viseli a magas hőmérsékletet és nyomást, és a lámpa fémhalogenid adalékaival szemben kémiailag is sokáig ellenálló. CMH lámpák esetén erre $\text{Dy}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ meghatározott keverékének porlasztva szárított, formára préselt, majd több lépésben szinterelt változata (zománckarika) szolgálhat [1]. Ha a lámpa lezárása a fém-kerámia kötőanyaggal nem tökéletes, a lámpa élettartama nagymértékben csökkenhet. A kötőanyag tulajdonságainak részletes feltérképezése, szerves részét képezi tehát a termékfejlesztésnek.

A zománckarika beforrasztása során az oxidkeverékből a technológiai hőkezelések függvényében fokozatosan több komponensű és több fázisú rendszerek jöhetnek létre, amorf és különböző kristályos fázisok megjelenése várható. A bekövetkező fizikai és kémiai változások követésére, a zománcképző alapanyagok (Dy_2O_3 , Al_2O_3 , SiO_2 porok), keverékük (az oxidok porlasztva szárított keveréke) és a készzománccok bevizsgálására, tanulmányozására a következő analitikai módszereket alkalmaztam: röntgendiffrakció (XRD), FTIR-spektroszkópia, szimultán termogravimetria (TG) és differenciális termoanalízis (DTA), pásztázó elektronmikroszkópia (SEM) és energiadisziperzív röntgenelemanalízis (EDX). A megszerzett ismereteket szintén $\text{Dy}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ alapú, kísérleti zománccok készítésére használtam fel.

Azt tapasztaltam, hogy a kiindulási oxidkeverékben kristályos formában csak a Dy_2O_3 , volt jelen még 1200°C fokon is, miközben a keverék csekély víz és szerves kötőanyag tartalma 450°C ig távozik, ill. ég ki. A végső szinterelés után a forrasztó anyagban már két új kristályos diszprózium-szilikát fázist is sikerült azonosítanom pirozilikát ($\text{Dy}_4(\text{Si}_3\text{O}_{10})(\text{SiO}_4)$ [2-3], ill. kation hiányos oxoapatit ($\text{Dy}_{4.67}(\text{SiO}_4)_3\text{O}$) [3-4] formájában. Az égőtestbe beforrasztott kötőanyag diszprózium-aluminoszilikát üveges mátrixában garnet és szilikát kristályok találhatóak. A különböző összetételű kísérleti zománccok tulajdonságaiban (például: olvadáspont, kristály/üveges fázis arány eltéréseket tapasztaltam.

Irodalom:

1. Sealing materials for ceramic envelopes, United States Patent: USP 4,076,991 (19780228) Application No. 794,398 (19770506), General Electric Co.USA, N.Y.
2. J. Felsche, *J. Less-Common Metals*, 21 (1970) 1-14.
3. L. Niinistö, M. Leskelä, *Inorganic Complex Compounds*, in Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths, Eds. Karl A. Gschneidner, Jr, L. Eyring, North-Holland Physics Publishing (Elsevier Science Publisher B.V.), Amsterdam, Vol. 8, 1986, 255-261.
4. J. Felsche, *J. Solid State Chem.*, 5 (1972) 266-275.

Magas hőmérsékletű anyagtudományi kutatások kisülőlámpákban

Molnár Balázs, IV. évf.

Konzulensek: Dobos Gábor, BME Atomfizika Tanszék,
dr. Böröczki Ágoston, GE Hungary Zrt.

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. [1] A lámpa működése során nagyon magas hőmérsékletű ív keletkezik, fényt a benne lévő gázok gerjesztésével kapunk. Ezen kis lámpák közelítőleg pontforrásként üzemelnek, mely fényét reflektorokkal tudjuk irányítani. [2] A kisülő kamrában működés közben uralkodó magas hőmérséklet, nagy nyomás és az agresszív adalékanyagok megváltoztatják a kisülőkamra falát, melynek következtében degradálódnak sugárzási paraméterei, 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. [3] Az előzetes kutatási eredményeim alapján az adalékanyag beépülés nem játszik döntő szerepet a degradációban. A lámpában lévő fémhalogenideknek, a kisülőkamra falával történő reakciója nagyobb mérvű változást eredményez.

Munkám során a fent említett folyamatok megértését és kutatását tűztem ki célul. A fémhalogenid lámpa falának tanulmányozására egy programot írtam, mely különböző ideig égetett valódi lámpák metszeteinek fényképét használja fel. Segítségével egyszerűen lehet megfigyelni a kisülőkamrában bekövetkező geometriai változásokat, melyekről számszerű értéket szolgáltat.

XPS (X-ray Photoelectron Spectroscopy) vizsgálatokat végeztem valódi lámpákon, annak érdekében, hogy felületi összetételt és a mélyebb rétegekben pontos elemeloszlást, valamint a falban lévő anyagok kémiai állapotát meghatározzam.

A kutatásom másik fő irányát a transzportfolyamat modellmintákon való vizsgálata képezi. Ennek alapja az, hogy 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. Ennek következtében beindulnak a várt transzportfolyamatok, mely hatására a kisülőcső fala, a meleg oldalon vékonyodik a hidegen vastagodik. Ezen folyamatok mértékét próbáljuk modellezni 4,8mm külső átmérőjű és 12cm hosszú mintákkal. Ezeket egyenletesen fűszeltem és tömegüket megmértem, így tudtuk megkülönböztetni a különböző adalékok agresszivitását.

Irodalom:

1. dr. Böröczki Ágoston: Plazma és elektróda folyamatok, degradációs jelenségek nagynyomású kisülőlámpákban Ph.D. értekezés, BME 2006
2. Cayless, M.A., A.M.: Lamps and Lighting, Edward Arnold, 1983
3. D.M:Speros, R.K.Datta, D.A.Lynch, J.Electrochem. Soc., 128 (1981)

Új módszer fényerősség szabályozásra villamos hálózaton átvitt jelek segítségével

Szabó Sándor, V. évf.

Konzulensek: dr. Berta István és dr. Kiss István, BME Villamos Energetika Tanszék,
Maros István, GE Hungary Zrt.

Az EU országaiban akár már 2009-ben megszűnhet a hagyományos izzólámpák árusítása, hogy azokat jobb hatásfokú lámpákra cserélje a lakosság. A természetes alternatívát a kompakt fluoreszcens lámpa (CFL) jelenti, amely integrált kivitelben azonnal képes az izzólámpát kiváltani. Sok alkalmazásban – irodákban, előadótermekben és otthon egyaránt – fontos, hogy a lámpák fényerejét dimmerekkal tudjuk állítani, azonban az izzók helyére szerelendő CFL lámpákat a jelenleg használt fázishasítással működő dimmerek nem képesek szabályozni. A fénycsövekhez használt szabályozható ballasztok általában külön vezetéken (DALI vagy DSI interfészen keresztül) kapják meg a kívánt fényerősséget. Kívánatos lenne egy olyan megoldás, ahol az eddig dimmelt izzólámpa helyére egy új dimmelhető CFL lámpa kerülne, és ehhez nem lenne szükség új vezeték beépítésére. Ilyen alternatívát jelent az, ha a fényerősségértékeket a villamos hálózaton továbbítjuk (PLC).

A dolgozatban áttekintjük az ismert PLC megoldásokat, különösen az X10 protokollt és annak továbbfejlesztett változatait, azonban ezek sajnos nem tudják kielégíteni a fent vázolt alkalmazás szükségleteit, hiszen vagy túl bonyolultak (és így drágák), vagy nem elég megbízhatóak, vagy nem képesek elviselni azt, ha egy lakóházban akár 5-10 kommunikáló eszköz is telepítve van. A szerző bemutat egy új PLC kommunikációs módszert, és áttekintjük, hogy az adott alkalmazásban ez milyen előnyöket hordoz. Végezetül megkíséreljük a PLC átviteli csatornát jellemezni és röviden áttekinteni az idevonatkozó híradástechnikai módszereket.

LED chip fénykicsatolásának hatásfoknövelése

Szanda István, V. évf.

Konzulensek: dr. Koppa Pál, BME Atomfizika Tanszék,
Bakk István, GE Hungary Zrt. Innováció

A LED-nek számtalan előnye van például a halogén izzókhoz, kompakt fluoreszcens lámpákhoz képest, ezek közül a két legfontosabb a magasabb a fényhasznosítás és a hosszabb élettartam. A legkorszerűbb félvezető technológiával készülő LED fényforrások ún. belső kvantum hatásfoka (a félvezetőben keletkező fényteltjesítmény és a bevitt elektromos teljesítmény hányadosa) ideális esetben akár 90% fölé is mehet [1]. A LED fényhasznosításának fő korlátja a félvezető anyagban keletkező fény kicsatolásának alacsony hatásfoka, ami első közelítésben 1-1,5 %. A probléma oka a chip nagy törésmutatója, amely már igen kis beesési szög felett teljes visszaverődést és jelentős Fresnel veszteségeket okoz. A megfelelően megválasztott elsődleges- és másodlagos optika és a felületre vitt nanostrukturák és fotonikai kristályok képesek ezen hatásokat mérsékelni. TDK munkám során a hatásfok növelésének vizsgálatára egy integrált modellező rendszert fejleszték, amely alkalmas a P-N átmenet által kisugárzott fény terjedésének pontos leírására a félvezető anyag belsejéből, a chip strukturált határfelületein és az elsődleges optikán keresztül a levegőbe.

A LED lámpa nagy része geometriai közelítésben jól számolható, ezért a rendszer középpontjában a Zemax program van, melyben modellt alkottam a chip rétegstruktúrájáról és a köré épített elsődleges- és másodlagos optikáról. A felépített geometriai optikai modell érvényességét kísérlettel igazoltam néhány tipikus LED lámpa esetére a modell és a mért lámpa közel- és távolférsugárzási karakterisztikáinak összehasonlításával. Ezen geometriai optikai modellt sikeresen használtam a chip alakjának, a chipet körülvevő kitöltőanyag (szilikon gél), valamint az elsődleges tükröző és törőfelületek optimalizálására.

A félvezető - szilikon gél határfelület veszteségeinek csökkentésére a szakirodalom alapján célszerű mikroszkópikus struktúrákat alkalmazni, amelyek számolása túlmutat a geometriai optikai közelítésen. Ezért ezen felületi struktúrák számolására az ún. csatolthullám-elméletet (Rigorous Coupled Wave Analysis, RCWA) használtam. A számolást MATLAB programozási nyelvben valósítottam meg. A vizsgált és optimalizált struktúrákkal a kezdeti 1,5%-os kicsatolási hatásfokot sikerült közel 40%-ossá növelni. A számítási a módszer igazolására az Atomfizika Tanszéken lévő elektronmikroszkóppal felvételeket készítettem létező chipek felszínéről, vizsgáltam azok kicsatolási hatásfokát és azt tapasztaltam, hogy azok jó egyezést mutatnak az irodalomban talált adatokkal.

Jelenleg a fenti geometriai és hullámoptikai modellek integrálásán dolgozom, melynek eredményeképpen a teljes LED lámpát (és szükség esetén az alkalmazás által megkövetelt másodlagos optikát) nagy pontossággal tudom majd modellezni. E célból a Zemax által értelmezhető programot írok, amelyben Monte Carlo szimulációval modellezem a diffrakciót. A továbbiakban a négy eszközből álló, integrált modellező és kísérleti rendszerem mellé egy fotonikus kristályokat hatékonyan számoló programot is szeretnék csatolni; amellyel a hatásfoknövelés új lehetőségeit kívánom kutatni.

Irodalom:

1. Fred Schubert: Light-emitting diodes, Cambridge University Press, Printed in Cambridge, 2007

Új típusú környezetbarát fényforrás – szilíciumkarbid nanoszerkezetek vizsgálata atomi szintű számítógépes szimulációkkal

Vörös Márton András, V. évf.

Konzulensek: dr. Gali Ádám, BME Atomfizika Tanszék,
Somogyvári Zoltán, GE Hungary Zrt.

A szilíciumkarbid a magas hőmérsékletű, nagyteljesítményű félvezető eszközök egyik fontos alapanyaga. Kiváló tulajdonságai miatt természetesen merült fel az igény arra, hogy optikailag aktív eszközként hasznosítsák. Mivel előállításánál elkerülhetők a mérgező anyagok, a jelenlegi „LED” technológia vetélytársa lehetne, ugyanakkor képességei miatt extrém körülmények között hasznosítható világítástechnikai eszközként is megállhatná a helyét. Problémát okoz sajnos, hogy tömbi állapotban a szilíciumkarbid indirekt sávú félvezető, azaz a fénykibocsátás hatásfoka igen alacsony. Nemrég derült ki, hogy a nagyon kis méretű (10 nm-es és annál kisebb tartományba eső) szilícium-karbid nanokristályok - kvantumpöttyök - a méretükből fakadó kvantumbezártság miatt relatíve nagy kvantumhatásfokkal rendelkezhetnek. A téma aktualitását mutatja, hogy csak pár hónapja jelent meg az első olyan cikk, amelyben kimérték, hogy lehetséges 17%-os kvantumhatásfokot elérni átlagosan 3,9nm átmérőjű szilíciumkarbid nanokristályokkal.

A kvantumpöttyök fizikáját jelenleg nem teljesen értjük, emiatt a kísérleti eredmények pontos és helyes értelmezéséhez elengedhetetlen eszköz a szimuláció. A jelenlegi számítógépes kapacitások már lehetővé teszik, hogy igen pontosan szimuláljuk a kísérletileg is elérhető 2-3nm-es mérettartományba eső kvantumpöttyöket.

Munkám során megismerkedtem a legmodernebb első elvű számítógépes kódokkal, melyek atomi szinten, azaz külső paraméterek nélkül képesek a kvantummechanika törvényeinek megfelelően kiszámolni az ilyen nanoszerkezetek elektromos és optikai tulajdonságait. Első feladatként a szabad, azaz vákuumba helyezett kvantumpöttyök elektronszerkezetét vizsgáltam szisztematikusan a méret, illetve a felületi szerkezet függvényében.

A sűrűség funkcionál elmélet és azon túlmutató módszerek segítségével beláttam, hogy a felületi rekonstrukció a $d > 2$ nm átmérőjű klasztereknél nem befolyásolja számottevően az elektromos tiltott sávot, továbbá a méret növelésével a kvantumpöttyök tiltott sávja a várakozásoknak megfelelően a tömbi tiltott sáv felé konvergál. Számításaimmal sikerült megmagyaráznom a kisméretű szilíciumkarbid nanoszerkezetek mérettel hangolható színét.

Irodalom:

1. Jiyang Fan, Hongxia Li, Jiang Jiang, Leo K. Y. So, Yun Wah Lam, Paul K. Chu, „3C-SiC Nanocrystals as Fluorescent Biological Labels”, Small, vol. 4., no. 8, 1058-1062, 2008