

Optika

Kedd 16:00 Eötvös-terem

- 1. Balogh Renáta (SZTE TTK)**
- 2. Börzsönyi Ádám (SZTE TTK)**
- 3. Fekete Júlia (ELTE TTK)**
- 4. Kákonyi Róbert (SZTE TTK)**
- 5. Major Csaba Ferenc (SZTE TTK)**
- 6. Roszol László (BME TTK)**
- 7. Szűcs Péter – Balczer Sándor (BMF KVK)**

Interferometrikus impulzummérés

BALOGH RENÁTA, csillagász szakos hallgató (2004 tavasz)
Szegedi Tudományegyetem

Témavezető: OSVAY KÁROLY, egyetemi docens,
SZTE Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék

Az optikában az ultrarövid kifejezést manapság a femtoszekundum nagyságrend időtartamú impulzusokra használják. A femtoszekundum (fs) a szekundum 10^{15} -öd része, vagyis $1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$. A természetben az elemi jelenségek nagy része ezen az időskálán játszódik le (pl. elektronok atommag körüli keringése, molekulák disszociációja, stb.).

Diszperzív közegben való áthaladáskor a fényimpulzus időbeli alakja megváltozik. Ez a változás annál jelentősebb, minél rövidebb a jel időbeli hossza. Mivel az információ, amit a hullám hordoz impulzusokkal terjed, ezért ha annak a terjedés során megváltoznak a tulajdonságai az információ is megváltozhat. Ez jelentős szempont lehet például az optikai kábelek tervezésénél, ahol a nagy sebességű információ átvitel mellett fontos, hogy az eredeti jel megtartsa alakját a célhoz éréskor is.

A fs-os impulzusok időtartamának, illetve időbeli alakjának abszolút mérése közvetlenül nem lehetséges. A közvetett mérés általában nemlineáris módszeren alapul és auto-, illetve keresztkorrelációs függvények felvételét jelenti. A fs-os impulzusok torzulásának, időbeli alakváltozásának relatív mérése viszont már történhet lineáris módszerrel is. Egy ilyen mérési eljárás az ún. spektrálisan bontott interferometria. Ezt úgy valósíthatjuk meg, hogy egy amplitúdóosztáson alapuló (Michelson, Mach-Zender, stb.) interferométer kimenetén keletkező interferenciaképet spektrométerrel felbontunk. Az így létrejött kétdimenziós (hullámhossz - tér) spektrogramból közvetlenül számíthatjuk az interferométer két karjából kijövő fényimpulzus relatív fázisát a hullámhossz függvényében. Ebből következtetni tudunk vagy a két impulzus időtartamának relatív megváltozására, vagy a diszperzív közeg anyagi tulajdonságaira.

Ebben a dolgozatban megvizsgálom a spektrálisan bontott interferenciás módszerrel elméletileg mérhető relatív fáziskülönbség legnagyobb pontosságát. A laboratóriumi követelményekhez és körülményekhez igazodva a modellezés során figyelembe vettem a két impulzus intenzitásarányainak- illetve a beérkező nyalábok által bezárt szögeknek a különbözőségét, valamint a CCD kamera telítési fokát és elektronikus zaját is.

A vizsgálatot 750 nm – 850 nm hullámhossztartományban, 0,153 nm felbontásban, egy 8 bites CCD kamera modellezésével végeztem, mely zajának szimulálásához a Szegedi Tudományegyetem Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék TeWaTi lézertudományi laborjában egy valós CCD kamerájának méréseit használtam fel.

Gázok diszperziójának mérése ultrarövid lézerimpulzusok spektrálisan bontott interferenciájával

BÖRZSÖNYI ÁDÁM, fizikus szakos hallgató (2004 ősz)
Szegedi Tudományegyetem, Szeged

Témavezető: OSVAY KÁROLY, egyetemi docens,
SZTE Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék

Régóta ismert, hogy az optikában használatos anyagok diszperzívek, vagyis törésmutatójuk változik a hullámhossz függvényében. Időben rövid, azaz a Fourier-transzformáció szerint széles spektrumú impulzusok fázisa diszperzív közegen (tehát gázokon) való áthaladáskor spektrálisan függő fázistolást szenved, ami az impulzus időbeli kiszélesedéséhez vezet. Belátható, hogy az impulzus kiszélesedésének méréséből az anyag diszperziós tulajdonságára, azaz a törésmutató-függvényére is következtethetünk.

Az Optikai és Kvantumelektronikai Tanszéken működő TeWaTi Laboratórium 16 fs-os, 60 nm sávszélességű, 800 nm központi hullámhosszúságú lézer-impulzusai segítségével különböző légoszlopokon áthaladó lézerimpulzus fáziseltolódását mértük meg. A Mach-Zender interferométeren alapuló elrendezésben az egymást 14 ns-onként követő impulzusok az egyik karban több utat tesznek meg a levegőben, majd a másik karon áthaladó impulzus-sorozattal egy- illetve több követési idő után interferálnak. Így tehát a különböző időben keltett impulzusok közti útkülönbség adja a diszperzív levegőoszlop 0, 4.2 m illetve 8.4 m-es hosszát. Az interferométer kimenetén megjelenő egyesített lézernyalábok spektrális bontásával olyan csíkrendszer nyerhető, ahol az interferenciacsíkok görbültségéből a két impulzus közti relatív fázistolást számolhatjuk ki. A kapott eredményekből a levegő törésmutató-függvényét származtatjuk, mely jól egyezik az irodalmi értékekkel.

Ha a fentebb leírt mérést egy hosszú vákuumcsővel egészítjük ki, akkor közvetlenül a vákuumbeli értékhez hasonlíthatjuk a mérési eredményeket. Ennek alapján lehetőség nyílik a gáz minőségét és nyomását változtatva a diszperzió eddig meghatározatlan nyomásfüggésének mérésére is.

Femtosekundumos impulzusok terjedése fotonikus kristály szerkezetű optikai szálakban

FEKETE JÚLIA, fizikushallgató (2004 ősz)
Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

Témavezető: SZIPŐCS RÓBERT, PHD, tudományos főmunkatárs,
MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet

A dolgozat a femtosekundumos impulzusok terjedését vizsgálja a -- napjainkban az optikai kutatások fókuszában álló -- fotonikus kristály szerkezetű optikai szálakban. A fotonikus kristály szerkezetű optikai szálakban a magátmérőt széles tartományban választhatjuk meg az egymódusú terjedés biztosítása és alacsony szálveszteség mellett, továbbá az impulzusok terjedését meghatározó terjedési együtthatók is jelentősen módosíthatók a szerkezet által. Az előbbi a nemlineáris tulajdonságok, az utóbbi pedig a diszperzió szempontjából fontos.

Vizsgálatunk tárgya részben egy olyan optikai szál volt, melyben az impulzus egy $2\ \mu\text{m}$ átmérőjű tartományban terjed. A nagy energiasűrűség miatt nemlineáris jelenség figyelhető meg: az önfázis-moduláció a spektrum jelentős kiszélesedéséhez vezet. Ugyanakkor a szál diszperziója, ami az impulzus időbeli kiszélesedését okozná, nagyon kicsi. Ilyen szálban megfelelő utólagos fáziskorrekció segítségével az impulzus időben összenyomható. Ezzel az új technikával $1\ \text{nJ}$ -os lézerimpulzusokon kb. kétszeres kompressziót hajtottunk végre.

Egy másik kísérletben impulzusok alakhű átvitele volt a cél. Ehhez olyan optikai szálakat vizsgáltunk, melynek nagy magátmérője van, így a terjedés gyakorlatilag nemlineáris hatásoktól mentes a lézeroszcillátorok tipikusan néhány nJ -os impulzusenergiái esetén. Ezt a technikát a femtosekundumos lézerekre alapuló, képalkotó eljárásoknál lehet alkalmazni.

Mindkét kísérlet megtervezését és kiértékelését egy számítógépes szimuláció segítségével végeztük, mely az impulzusok terjedését modellezi. Ezzel határoztuk meg többek között az optimális fázisviszonyokat, amit különböző diszperzió kompenzáló elrendezésekkel valósítottunk meg a kísérletben.

A dolgozatban bemutatom az impulzus-összenyomás és az alakhű átvitel kísérleti megvalósítását az ehhez szükséges mérésekkel, valamint röviden ismertetem a számítógépes szimuláció elvét és a vizsgált lineáris és nemlineáris optikai jelenségek elméleti hátterét.

Nyalábprofil meghatározása a Computer Tomográfok képalkotó algoritmusának segítségével

KÁKONYI RÓBERT, fizikus szakos hallgató (2004 őszi)
Szegedi Tudományegyetem, Szeged

Témavezető: ERDÉLYI MIKLÓS, tudományos munkatárs,
SZTE Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék

Lézerek alkalmazása során fontos paraméter a nyaláb mérete és intenzitás profilja. Nyalábprofil mérésére több megoldás is létezik, de az egyes mérési eljárásoknak különböző korlátozó tényezőik vannak, például: a használt detektor spektrális érzékenysége, a térbeli felbontóképesség, a nagyításhoz használt optikai rendszer torzítása.

Dolgozatomban leírt mérési eljárás direkt információt ad a nyaláb alakjáról mivel az alkalmazásához nincs szükség optikai nagyításra. A mérés során egy penge mozdításával nyerünk információt a nyaláb profiljáról. Különböző irányokban toljuk keresztül a pengét és a detektorral mérjük az átjutó fényerősséget. A vizsgált hullámhossztartományhoz megfelelő detektort választhatunk. Az eljárás térbeli feloldását meghatározza a pengét mozgató mechanika pontossága és a detektor jel digitalizálásának feloldása és pontossága. Munkám során készítettem egy számítógép programot a képalkotáshoz mellyel szimulációk segítségével is vizsgáltam ezen eszközökkel kapcsolatos hiba lehetőségeket és azok hatását a képminőségre.

A képalkotó algoritmus bemenetét az intenzitás profilt leíró függvény projekciói adják, amelyek az intenzitás profil adott egyenesek mentén vett vonalintegráljaiból épülnek fel. A projekciókat alkotó vonalintegrálokra közelítést kaphatunk a fényerősség-pengepozíció görbe numerikus deriválásával. Ezért ez a módszer a későbbi módszer egy tovább fejlesztésének tekinthető. A módszerek között a különbség az, hogy több irányban kell felvenni a fényerősség-pengepozíció görbét és nem csak a nyalábátmérőt kaphatjuk meg, hanem a CT-k képalkotó algoritmusának segítségével a nyalábprofil alakját, amely nem feltétlenül hengersizmetrikus.

Megfelelő mechanikai mozgató alkalmazásával a mérési módszer könnyen használható különböző mérettartományokban. A detektor cseréjével tetszőleges módon változtatható a rendszer spektrális érzékenysége. Ezek a tulajdonságok nagy előnyt jelentenek más módszerekkel szemben.

Cassegrain spektrográf tervezése a piszkéztetői csillagvizsgáló 1 m-es távcsövére

MAJOR CSABA, csillagász szakos hallgató (2004 ősz)
Szegedi Tudományegyetem, Szeged

Témavezető: FÜRÉSZ GÁBOR, csillagász,
Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, Boston, USA

A megfigyelő csillagászat egyik legfőbb feladata a világűrbeli hozzánk érkező elektromágneses sugárzás megfelelő detektálása és a sugárzásban "kódolt" információ kinyerése, amely a modellekkel összevetve felvilágosítással szolgál a kibocsátó forrás fizikai paramétereiről. A csillagászat két fontosabb információgyűjtési technikája a spektroszkópia és a fotometria. Hazánkban főképpen az utóbbival foglalkoznak.

Az MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Kutatóintézet Piszkéztetői Observatóriumában ugyan készítenek objektívprizmás felvételeket, de ezek felhasználhatósága korlátozottabb, mint egy rés-spektrográffal készített spektrumé. Magyarországon jelenleg aktívan egyetlen Cassegrain spektrográf sem üzemel. Céлом ezért egy kis felbontású műszer megtervezése volt, amely igen nagy segítséget nyújthatna azon kutatóknak, akik a spektroszkópiának olyan területével foglalkoznak, ahol elegendő a kis felbontás, és az észlelni kívánt objektumok sem túl halványak.

Dolgozatomban először a spektroszkópia jelentőségéről és kialakulásáról, utána a célkitűzéseimről írok néhány sorban. Az *Optika* fejezetben az optikai elemek paramétereinek meghatározását, a két fénymenet kialakítását, illetve a kameralencse megtervezését tárgyalom. A *Mechanika* fejezet részletes leírást ad a műszer mechanikai alkatrészeinek megtervezéséről, és sok, a megértést segítő, háromdimenziós ábrát tartalmaz az egyes elemek, illetve az összeállított egységek CAD modelljeiről. A várható teljesítőképességről a *Távcső és spektrográf együttes teljesítőképessége* fejezetben írok. A *"Blaze" karakterisztika és relatív hatásfok* fejezet információval szolgál a használni kívánt hullámhossztartományok észleléséhez beállított rács kondíciók relatív hatásfokáról. A műszer működtetéséhez szükséges elektronikával – a dolgozat terjedelmének limitáltsága miatt csak vázlatosan – az *Elektronika* fejezetben foglalkozok.

Kémiai lencse

ROSZOL LÁSZLÓ, mérnök-fizikushallgató (2004 ősz)
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest

Témavezetők: VOLFORD ANDRÁS, adjunktus,
FARKAS HENRIK, docens,
BME Kémiai Fizika Tanszék

A kémiai hullámok (mozgó reakciófrontok) terjedését a geometriai hullámelmélet egyszerű módon írja le. Ebben az elméletben a terjedési sebesség ismeretében egy adott kezdeti front időbeli fejlődését a Fermat-elv határozza meg. A modell szerint a hullámok kitöltik a rendelkezésükre álló teret (akadályok mögött tökéletes diffrakció), és két hullám találkozásakor azok kioltják egymást (nincs interferencia).

Heterogén közegben a hullámokhoz tartozó sugarak a közeghatáron a Snellius-Descartes törvény szerint törnek meg. A “gyors” közegben a közeghatár mentén haladó sugarak pedig a teljes visszaverődés határszögével válnak le a közeghatárról, és a “lassú” közegben haladnak tovább. Ezeknek a tulajdonságoknak a felhasználásával két adott ponthoz (A és B) kialakítható egy olyan zárt közeghatárvonal, hogy a két pont között minden sugár mentén a terjedési idő megegyezzen. A “gyors” közegbeli A pontból indított kör alakú kémiai hullámokból a közeghatáron való törés után a “lassú” közegben ugyancsak kör alakú frontokat kapunk, amelyek a B pontban halnak el. Ennek az úgynevezett kémiai lencsének az elvi lehetőségét Kály-Kullai Kristóf [1] vetette fel, és a feladatom ennek kísérleti megvalósítása volt.

A kémiai hullámok kísérleti megvalósításához a Belouszov-Zsabotyinszkij (BZ) oszcillációs reakciót használtam. A terjedési sebességet a H^+ ion koncentrációjával befolyásoltam. A homogén közeg BZ oldatot tartalmazó átlátszó gélből és a rajta fekvő katalizátoros membránból áll. A gél a konvekciót meggátolja, de a diffúziót lehetővé teszi, így a közegben csak diffúzió van. A katalizátoros membrán felületén mozognak a hullámfrontok. A kémiai lencse kialakításához a membránra egy másik, eltérő H^+ koncentrációjú gélt helyeztem, és a két oldatot fóliákkal választottam el egymástól úgy, hogy megfelelő alakú közeghatár alakuljon ki. Az előbbi elrendezéshez vezető utat a dolgozatomban részletesen leírtam.

A hullámfrontok képét kamerával számítógépen rögzítettem. Az eredmények kiértékelésekor meghatároztam a tényleges törésmutatót, és a hullámfrontokra kört illesztettem. A kvantitatív eredményeket az elmélettel összehasonlítva kijelenthető, hogy a kísérletben megfigyelt frontok alakja közelítőleg egyezik az elméleti várakozásokkal, a kémiai lencse kísérleti megvalósítása lényegében sikerült.

Hivatkozások:

[1] H. Farkas, K. Kály-Kullai, and S. Sieniutycz: The Fermat principle and chemical waves, in *Variational and Extremum Principles in Macroscopic Systems*, S. Sieniutycz and H. Farkas (Eds), Elsevier, in press.

Lézertechnika alkalmazása az oktatásban

BALCZER SÁNDOR és **SZŰCS PÉTER**, mérnök tanári szakos hallgatók
Budapesti Műszaki Főiskola, Budapest
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Főiskolai Kar

Témavezetők: HASSAN ELSAYED, főiskolai tanár,
BORBÉLY ENDRE, egyetemi docens

A TDK dolgozat, egy a mai napjainkban igen fontos multimédia objektumot mutat be. A lézer fény sokoldalú alkalmazására egyszerű példa, szemléltetés, szimuláció az oktatásban, reklámszövegek, és ábrák vetítése (pl. Educatió, nyílt nap). A különböző ábrák, és feliratok, számítógépes vezérlés útján kerülnek a vetítő felületre, illetve a vetítő közegbe (füst, tüll függöny, vízfüggöny, stb.). A lézer fényforrást egy adott hullámhosszú lézer dióda biztosítja. Legjellemzőbb alkalmazási területe a Fizika és a Villamosságtan, ahol az optikai interferencia és fénytörés bemutatását teszi lehetővé. A lézer alkalmazása az oktatásban előreláthatóan nagy jövő előtt áll.