

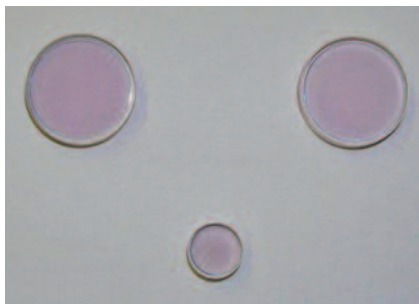
HAZAI FEJLESZTÉSEK A TUDOMÁNY SZOLGÁLATÁBAN

Lézerek a mikrovilágban

Dr. Szipócs Róbert R&D Ultrafast Lasers Kft. igazgatója a Budapesti Műszaki Egyetem (BME) Villamosmérnöki karán végezte egyetemi tanulmányait, majd a Magyar Tudományos Akadémia Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézetének (MTA SZFKI) ösztöndíjasaként elsősorban optikai vékonyréteg rendszerek tervezésével foglalkozott, aminek eredményeként 1993-ban speciális dielektrikum lézertükröket fejlesztett ki femtoszekundumos lézerrendszerekhez. A fényimpulzusok fázisát korrigáló tükröket mint csörpölt tükröket ismeri azóta a szakirodalom. Doktori (PhD) fokozatot a Szegedi Tudományegyetemen (SZTE) szerzett 2000-ben Dielektrikum lézertükrök diszperziós tulajdonságai és alkalmazásuk femtoszekundumos lézerekben című, angol nyelvű értekezésével. A fiatal kutató felismerésén alapuló speciális tükrök nemzetközi elismerést szereztek számára, mivel ezek gyökeresen megváltoztatták az ultrarövid fényimpulzusok előállításának technikáját és alkalmazását. 1996-ban Nemzetközi Gábor Dénes-díjjal, 2004-ben a Nemzetközi Optikai Szövetség (ICO) díjával tüntették ki. Több találmánya szabadalmi oltalom alatt áll. Meghívott előadóként nemzetközi konferenciák gyakori résztvevője, rendszeresen publikál a hazai és a külföldi sajtóban. Több vállalkozást is alapított: 1995-ben az R&D Lézer-Optika Bt.-t, hogy az általa szabadalmaztatott fáziskorrigáló, illetve csörpölt tükröket a gyakorlatban is kamatoztassák. Az 1997-ben megalakult R&D Ultrafast Lasers Kft. a femtoszekundumos lézerezscillátorok kutatásával, fejlesztésével és gyártásával foglalkozik.

– Miért próbálnak egyre rövidebb lézerrimpulzusokat előállítani a kutatók?

– Ennek egyik oka az, hogy vannak olyan gyors fizikai, kémiai és biológiai folyamatok, amelyek ezen az időskálán játszódhatnak le, és elektronikus eszközökkel közvetlenül nem mérhetők. A femtoszekundumos lézerekkel olyan nagyon gyors folyamatokat tudunk spektroszkópiai módszerekkel vizsgálni, amelyek máshogy nem lennének követhetők. A téma jelentőségét jelzi, hogy 1999-ben a



Ionosan porlasztott, MCGTI szerkezetű diszperziókompenzáló tükrök

kémiai Nobel-díjat *Ahmed H. Zewail* kapta a femtokémia területén végzett munkásságáért. A femtoszekundumos lézerek másik fontos alkalmazása például a 2-foton abszorpciós fluoreszcencia 3D mikroszkópia, vagy még általánosabban nemlineáris 3D mikroszkópia, amelynek segítségével 3D képeket lehet készíteni egyebek között élő biológiai szövetekről. Ezek az optikai módszerek a fény hullámhosszának nagyságrendjébe eső felbontással adnak 3D képet a vizsgált biológiai objektumokról.

– Időrendben milyen kutatásokat végeztek az ön irányításával a cégnél?

– Az R&D Ultrafast Lasers Kft. tizenhárom éve foglalkozik femtoszekundumos lézerek, illetve az ezekben a lézerekben alkalmazott speciális lézertükrök kutatásával, fejlesztésével és gyártásával. 1994-ben, egy osztrák-magyar tudományos együttműködés keretében a Bécsi Műszaki Egyetemen építettük meg *Krausz Ferenc* kollégámmal az első, úgynevezett csörpölt tükrökkel diszperzió-

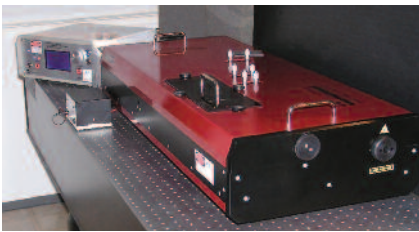
kompenzált Ti-zafir lézert, melyhez a speciális lézertükröket az MTA SZFKI-ban fejlesztettük ki. Napjainkra már az egész világon elterjedt ez a technológia a különböző ultragyors lézerrendszerekben, a többi között a 2006-ban fizikai Nobel-díjjal kitüntetett Theodor W. Hänsch professor által épített fázisstabilizált lézerrendszerhez is az R&D Lézer-Optika Bt. szállította a speciális csörpölt lézertükröket. Ez a találmány – amely a diszperzív lézertükrökre, illetve velük diszperziókompenzált Ti-zafir lézerekre vonatkozik – szabadalmi védeltséget is élvez Magyarországon, illetve az USA-ban is.

– Miért olyan különlegesek ezek a tükrök?

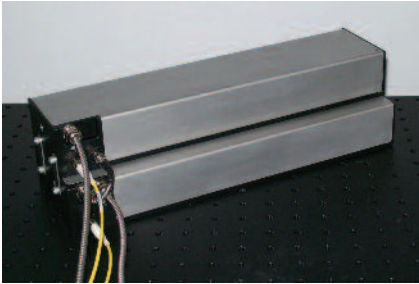
– Ezek a speciális lézertükrök a hullámhossz függvényében eltérő mértékben tudják kisleltetni a fényt, vagyis adott, általában negatív meredekségű diszperziós függvényt lehet velük előállítani, ami akár a femtoszekundumos lézerrezonátoron belül, akár azon kívül közel ideális diszperziókompenzálást tesz lehetővé, aminek az eredménye az ultrarövid impulzusú működés. Ezek az úgynevezett csörpölt tükrök ismét nagyon fontossá váltak a cégünk számára, aminek magyarázata a Szegedre tervezett, európai uniós beruházás keretében elkészíteni tervezett ELI (Extreme Light Infrastructure) projekt, amely extrém nagy intenzitású, illetve extrém rövid (attoszekundumos) impulzusú lézerrendszer megépítését célozza, amelyben minden bizonnyal számtalan ilyen csörpölt tükrő lesz a lézerezscillátorban, az erősítőben, illetve a kompressziós egységben. A tervezés alatt álló lézerrendszer megcélzott paraméterei egyedülállóak nemcsak Európában, hanem az egész világon is. Jelenleg az előkészítő fázisban vagyunk, a tervek szerint 2014-ben indul a



A lézertükrök diszperziójának mérésére az R&D Kft.-nél kifejlesztett interferometrikus mérőrendszer



Az R&D Kft. beépített pumpalézert tartalmazó FemtoRose 100 MDC Compact lézere



FemtoFiber femtoszekundumos Yb-szállézer-erősítő rendszer

beruházás, amelynek tervezési-kivitelezési munkáiban reményeink szerint cégünk is részt vehet majd. Ehhez egyebek között rendkívül fontos olyan rétegnövesztési technológiák alkalmazása, melyek megfelelően kicsi abszorpciós és szórásvesztésű, így magas roncsolási küszöbű optikai bevonatokat eredményeznek. Ezen a területen már több mint tízéves tapasztalattal rendelkezünk. A 90-es évek végén több külföldi cég, így például az USA-beli Coherent, Spectra-Physics és KMLabs részére készítettünk a fenti követelményeknek eleget tevő, rendkívül kis reflexiós veszteségű, ionosan porlasztott diszperziós vagy ultraszélessávú csörpölt tükröket.

Nagyon fontos az alkalmazott diszperziókompenzáló tükrök diszperziójának pontos ismerete. Erre a célra fejlesztettük ki már 1995-ben az SZTE kutatóival (Prof. Bor Zsolt, Kovács Attila, Osvay Károly) az első, úgynevezett spektrálisan bontott fehérfényű interferométer mérőrendszerünket, melynek az R&D Ultrafast Lasers Kft.-nél lévő „gyári” változatával körülbelül kétpercenként tudunk egy-egy minősítést elvégezni.

Az R&D Ultrafast Lasers Kft.-nél a diszperziós tükrök kifejlesztése után a femtoszekundumos lézerek fejlesztését és gyártását kezdtük el, majd tevékenységünket kiegészítettük nemlineáris 3D mikroszkópiás alkalmazásokkal. 2006 óta az optikai szállézer technológián alapuló femtoszekundumos lézer fényfor-

rások fejlesztésén és piacra vitelén is dolgozunk.

– **Hol tartanak a lézerfejlesztésekkel?**

– 1998-ban – a világon elsőként – kezdtünk el foglalkozni a hangolható femtoszekundumos Ti-zafir alapú lézereink számítógépes vezérlésével, automatizálásával. Ezt egy korábbi fejlesztésünk alapozta meg: 1996-ban az R&D Lézer-Optika Bt.-ben kifejlesztettünk olyan, úgynevezett ultraszélessávú csörpölt lézertükröket (UBCM tükrök), amelyek lehetővé tették, hogy ezeket a lézereket végig lehessen hangolni a teljes, kb. 680 nm-től 1040 nm-es hullámhossztartományon anélkül, hogy az optikákat cserélni kellene. Jelentős további lépés volt, hogy kb. 2004-től az 532 nm-es gerjesztő fényt biztosító, úgynevezett pumpalézert beépítettük a femtoszekundumos lézerberendezésekbe. Ez azért volt fontos változtatás a korábbiakhoz képest, mert így sokkal stabilabb, kisebb zajú lett a lézer működése, és jóval ellenállóbb lett a környezeti hatásokkal (pl. rezgések, levegőáramlás) szemben. Legújabb fejlesztéseink eredményeként pedig 2010-re eljutottunk odáig, hogy a korábban kívülről állítható, mikrométer orsós beállító csavarokat elektronikusan vezérelhető, a lézer burkolatán belül zárt térben elhelyezett tükrötartókkal helyettesítettük, amelyek automatikus beállítását a lézerberendezésbe beépített elektronikus vezérlőrendszer végzi különböző optikai jelek alapján, így megvalósítható az elsősorban orvos-biológus felhasználók által elvárt „hands free” működés is. További fontos fejlesztési eredményünk, hogy legújabb hangolható femtoszekundumos lézerünk, a FemtoRose 100 TUN Compact NoTouch képes kommunikálni a nemlineáris 3D mikroszkóppal, így a lézer hullámhosszának kiválasztása és optimális beállítása is teljesen automatikusan történik.

Lézerfejlesztéseink másik lényeges területe az in vivo, vagyis élő mintákon végzett nemlineáris 3D mikroszkópiás méréseket lehetővé tevő lézerek kifejlesztése. Ehhez nagyon kicsi átlagteljesítményű, viszont nagy nemlineáris jelet biztosító femtoszekundumos lézerekre van szükség, hogy a mérések során ne roncsolódjon a biológiai minta. Két alapvető megoldás lehetséges: vagy ritkábban jönnek nagyobb energiájú lézerrimpulzusok, vagy egyre rövidebb im-

pulzusokat állítunk elő, amelyeknek nagyobb a fényintenzitása, és így nagyobb jelet generálnak a mintában.

– **Melyek a legújabb femtoszekundumos lézertermékek?**

– Júniustól elérhető lesz egy újabb termékünk is, egy hangolható, femtoszekundumos, hosszúrezonátoros Ti-zafir lézer, amelyben kb. 45 nanoszekundum a két lézerrimpulzus közötti időbeli távolság, ami tipikusan négyszer ritkább, mint a hagyományos hangolható femtoszekundumos lézerekénél. Ennek következtében egy impulzusra négyszer akkora energia jut, vagyis ha negyedére csökkentjük a lézer átlagteljesítményét, ugyanakkora jelet fogunk kapni a nemlineáris 3D mikroszkópunkban.

Nemrégiben femtoszekundumos, Yb-alapú optikai szállézereket is kifejlesztettünk a japán tulajdonú Furukawa Electric Technológiai Intézet Kft.-vel. A közösen kifejlesztett lézeroszcillátorhoz később az R&D-ben Ultrafast Lasers Kft.-nél kifejlesztettünk egy Yb-szálerősítő rendszert is. Ez a fejlesztésünk is rövidesen piacon lesz FemtoFiber márkaneven.

pk

Az R & D Ultrafast Lasers Kft. új termékei:

- Ionosan porlasztott diszperziós és szélessávú UBCM tükrök femtoszekundumos lézerekhez
- FemtoRose 100 TUN Compact NoTouch: Hangolható femtoszekundumos Ti-zafir lézer nemlineáris 3D mikroszkópiás alkalmazásokhoz (Compact: beépített pumpáló lézer, NoTouch: „hands free” lézerbeállítás, kommunikáció a mikroszkóppal)
- FemtoRose 12 MDC Compact: 12 fs-os Ti-zafir lézer in vivo alkalmazáshoz
- FemtoRose 100 TUN LC: Hangolható, hosszúrezonátoros (LC) Ti-zafir lézer in vivo alkalmazásokhoz
- FemtoFiber: Femtoszekundumos Yb-szállézer/erősítő rendszer



R&D Ultrafast Lasers Kutatói és Fejlesztési Kft.

1012 Budapest, Attila út 73.
 KFKI-telephely: 1121 Budapest,
 Konkoly-Thege út 29–33. 6. ép. I. emelet
 Tel./fax: 392-2582
 E-mail: r.szipocs@szipocs.com
 Honlap: www.fslasers.com