

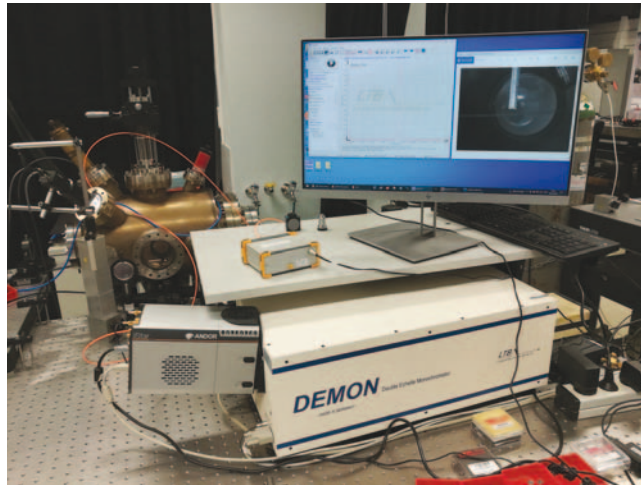
Szerző: Szegedi Imre

Nanofúzió Csillebércen

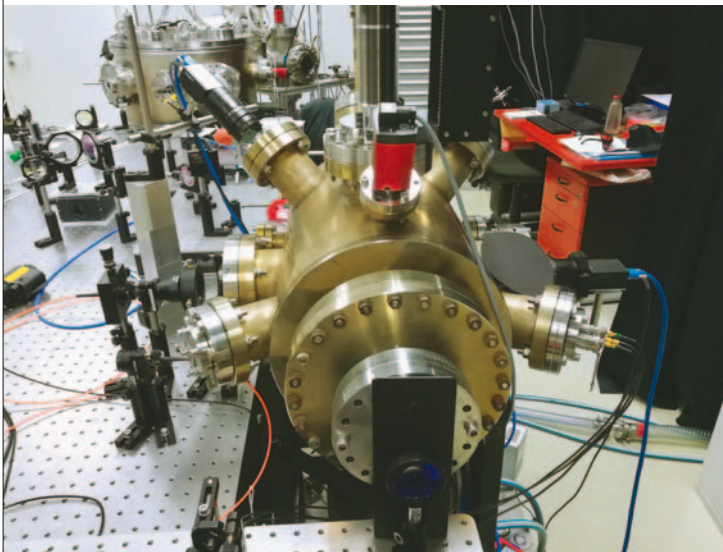
A Wigner Fizikai Kutatóközpontban (Wigner FK) működő Nanoplazmonikus Lézeres Fúzió Kutatólaboratórium a rövid, intenzív lézerimpulzusok plazmonkeltését szeretné hasznosítani. A remények szerint az inerciális magfúzió során hasznosítható kísérletek eddigi eredményeiről és a folytatásról **Biró Tamás Sándor** fizikust, szakmai vezetőt kérdeztük.

Az emberiség energiaellátása ma a fosszilis tüzelőanyagokra (szén, olaj, földgáz) épül, melyek jelenleg a világ energia-szükségletének 80 százalékát fedezik. Az évmilliók alatt felhalmozott készletek azonban néhány emberöltő múlva elfognak, miközben a felhasználásuk súlyos környezet-szennyezéssel jár. Mi lehet a megoldás?

–Az atomenergia jóval nagyobb üzemanyagkészlettel rendelkezik, és nagy mennyiségű energia előállítására alkalmas, ugyanakkor évezredekig veszélyes radioaktív anyagokat termel. A megújuló energiaforrások egy része – például a nap- és a szélenergia – csak nagy területen, kis mennyiségben és időben egyenetlenül elosztva képes energiát termelni, nem beszélve arról, hogy függnek az időjárás szeszélyétől. Olyan energiaforrás kell, amely nem terheli a környezetet, nagy mennyiségben állítható elő biztonságosan és olcsón, hiszen a Föld energiaigénye a 21. század közepére a jelenlegi két-háromszorosa lesz. Az emberiségnek van egy eddig kiaknázatlan energiaforrása: az, amely a Napunkat is működteti – az atommagok egyesülésekor felszabaduló magfúziós energia.



A fényt elemző spektrométer, amely rendkívül jó felbontással (század nanométer pontossággal) rögzíti az optikailag begyűjtött spektrumokat. Ebben keresik a hidrogén és a deutérium jelenlétére utaló jeleket és hasonlítják össze ezek mértékét.



A vákuumkamra egy speciális fénygyűjtő és atomi átmeneteket elemző detektorral, a LIBS (Laser Initiated Breakdown Spectroscopy) módszerhez, mellyel a deutérium/hidrogén arányt méri a belövéskor kiszabaduló plazmában.

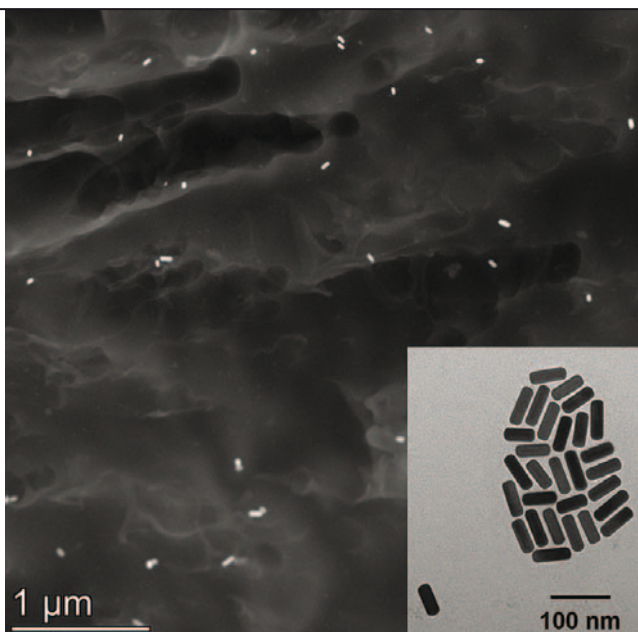
Miként valósítható meg a Földön a magfúzió?

–Ehhez a folyamathoz a hidrogén két izotópja, a deutérium és a trícium keveréke kell. A deutérium évmilliókgig elegendő

mennyiségben megtalálható a természetes vizekben, a trícium pedig előállítható a Földön szintén hatalmas mennyiségben fellelhető fémből, a lítiumból. A fúziós erőművekkel nagy mennyiségű energia termelhető, ilyen erőmű azonban eddig sehol sem épült. A Nap maghőmérsékletére, százmillió Celsius-fokra kell hevíteni, és ezen a hőmérsékleten minden más anyagtól távol, mágnesek segítségével össze kell tartani a fúzióra alkalmas üzemanyagot, a forró plazmát ahhoz, hogy beinduljon a magegyesülés és hélium keletkezzen.

Csak ez az út járható?

–A szabályozott magfúzió megvalósításának másik lehetséges módja az úgynevezett tehetetlenségi vagy inerciális fúzió, ahol az energiát nem melegítésre, hanem közvetlen energia-közlésre használják, és lézerekkel sugározzák be a pár milliméteres célpontot. A fúziós anyagot tartalmazó kapszulát nagy energiájú lézer- vagy ionnyalábokkal több irányból szimmetrikusan összenyomják. A hatalmas nyomás miatt összesűrűsödő anyagban elvileg létrejönnek a fúzió feltételei. A Wigner Fizikai Kutatóközpontban a rövid, intenzív lézerimpulzusok plazmonkeltését szeretné hasznosítani a 2021 őszén önálló osztállyá szervezett Nanoplazmonikus Lézeres Fúzió Kutatólaboratórium. Az inerciális fúzió technikájának fejlesztésében teljesen új, innovatív megközelítést javasunk, amelynek során a magfúzió begyűjtása hatékonyabbá és gaz-



Az arany nanorudakról készült mikroszkópos fekete-fehér kép, ahol a rudak méretéhez képest jellemző távolságuk látszik. Ez fontos paraméter, amelynek változtatásával még kísérletezni kell.

daságosabbá válhat. Ezt úgy szeretnénk elérni, hogy a fúziós üzemanyaghoz nanorészecskéket adunk. Mi azt kutatjuk, hogy vannak-e olyan alternatív lehetőségek, amelyekhez nincs szükség a dél-franciaországi Cadarache-ban épülő kísérleti fúziós erőműhöz, az ITER-hez hasonló óriási méretekre, hiszen annak a belső plazmaterében is csak mindössze egy gramm anyag van.

Az ultrarövid lézerpulzussal indukált plazmonok hatásait vizsgálják. Mik azok a plazmonok, és miért ultrarövid lézereket használnak?

–Fény segítségével egy fém felületén lévő úgynevezett vezetési elektronokat hullámszerű mozgásra lehet kényszeríteni, amelyben sűrűsödések és ritkulások váltják egymást. Ezek hullámhossza rövidebb a gerjesztő fény hullámhosszánál. Ezt az új típusú töltésmozgást nevezik felületi plazmonnak. Azért használunk ultrarövid lézerpulzusokat, hogy elkerüljük a Raleigh–Taylor-féle instabilitás kialakulását. Jelenleg egy néhány centiméteres, 20–120 mikron vastagságú hártáival kísérletezünk, amivel azt szeretnénk elérni, hogy a minta egyszerre nyelje el az energiát a felületén és a belse-

jében. Ehhez az kell, hogy egyszerre gyulladjon be minden pontján, mert így nem tud az instabilitás kifejlődni. Az instabilitás elkerülése mellett javítani szeretnénk az energia befogadását is, ezért a fúziós üzemanyagba 25 nanométer átmérőjű és 85–135 nanométer hosszúságú rudacsákat helyeztünk. Amennyiben a fúziós küszöb megközelíthetővé vagy elérhetővé válik, megkezdődhet a fejlesztési munka: ezeknek a fizikai folyamatoknak a hasznosítása áramtermelésre.

Honnan jött az ötlet, és milyen perspektívát látnak a kutatásban?

–A nanotechnológia és az egyidejű lézeres begyűjtés terve két magyar fizikusnak, **Csernai László** Norvégiában élő professzornak és **Kroó Norbert** akadémikusnak, a hazai plazmonika és lézeres kutatás egyik úttörőjének egy-egy ötletéből született. **Papp István** fiatal kutatóval hármasban dolgozták ki az első ilyen témájú magyar szabadalmat.

Nanorészecskék alkalmazása az inerciális fúzióban másutt is felmerült?

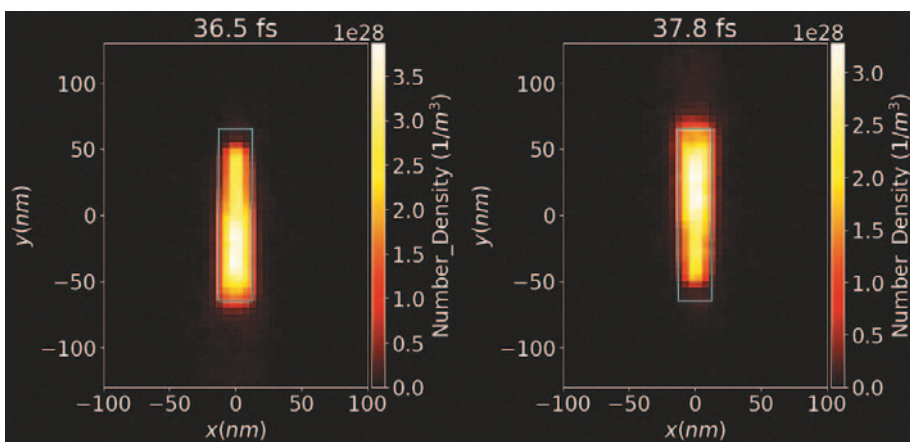
–A két területet tudomásom szerint mi hoztuk össze először.

Milyen eredményeket értek el az elmúlt két évben?

–Az eddigi kísérletek számos részeredménye arra utal, hogy a nanorudak kedvezően befolyásolhatják a fúziós folyamatokat. Már látjuk, hogy az instabilitás elkerülése érdekében tovább kell finomítani a nanorudak egymástól való távolságát. A laboratóriumunkban használt kis teljesítményű lézerekkel kapott eredmények alapján azt tervezzük, hogy a szegedi ELI-ALPS lézerközpontban sokkal nagyobb teljesítményű eszközökkel folytatjuk a munkát. Ehhez nemcsak nagy teljesítményű lézerekre van szükség, hanem jóval nagyobb vákuumkamrára és még számos, igen drága berendezésre. A mi munkánkat is hátráltatja a globális chiphiány, mert hiába rendeltünk speciális spektrométereket, a gyártó nem szállítja le azokat.

Mi lesz a folytatás?

–Tervezzük az újabb kísérleteket, és közben pályázunk, mert ezek a publikálás előtti fázisban álló eredmények több mint ígéretesek. A támogatásunk ez év június 30-áig lejár, de beadunk újabb pályázatokat, mert meggyőződésünk, hogy az ötletünk jelentős segítséget nyújthat a fúziós energia-termelésben. ■



A plazmonok mozgásának komputeres szimulációja: az elektronok egy része a rudakon kívül is megjelenik, és a rúd két vége között gyorsan oscillál.

