

EURÓPAI KOOPERÁCIÓBAN FEJLESZTETT SZIKRAKISÜLÉSES NANORÉSZECSCKE GENERÁTOR ÉS JELLEMZÉSE

Geretovszky Zsolt¹, Kohut Attila¹ és Galbács Gábor²

¹ Szegedi Tudományegyetem, Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék,
6720 Szeged, Dóm tér 9., E-mail: gero@physx.u-szeged.hu

² Szegedi Tudományegyetem, Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék
6720 Szeged, Dóm tér 7., E-mail: galbx@chem.u-szeged.hu

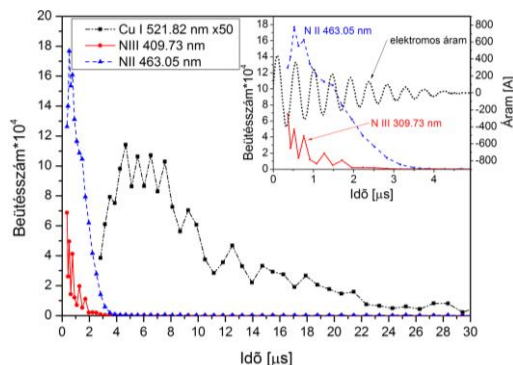
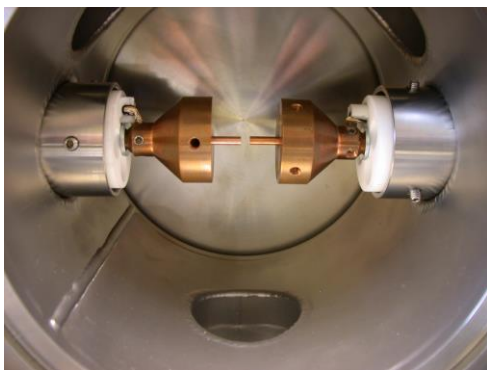
Bevezetés

Az elektromos kisüléseken alapuló nanorészecské előállítás egy sokoldalú, ugyanakkor robusztus technológia, mely nem igényli kémiai prekursorok és oldószerek használatát, s így környezetünkre fajlagosan az egyik legkisebb káros hatást gyakorolja. Fém és félvezető nanorészecskék gáz közegben történő előállításának egyik ilyen módja szikrakisüléseket használ. A nagy energiájú szikrák ugyanis anyagot távolítanak el az elektródokból, amelyből nukleációt, növekedést, s esetlegesen agglomerációt követően nanorészecskék alakulnak ki. Az ilyen, szokásosan áramló, atmoszferikus nyomású gázokat (legfőképpen N₂-t) alkalmazó berendezést az angol szakirodalom Spark Discharge Generator-nak (SDG), azaz szikrakisüléses nanorészecské generátornak hívja (Pfeiffer *et al.* (2014)).

A BUONAPART-E (*Better Upscaling and Optimization of Nanoparticle and Nanostructure Production by Means of Electrical Discharges*) akronímú projekt keretében – további 20 európai partnerrel közösen – azt vizsgáljuk, hogy miként lehet ezt a fizikai nanorészecské szintézist 100kg/nap kihozatalra felskálázni. A projektben a szegedi csoport elsősorban alap- kutatási jellegű feladatokat végez: feladatunk a szikrakisüléssel előállított nanorészecskék keletkezését eredményező elemi folyamatok feltárása és jellemzése. Előadásomban ezen, EUS támogatással futó, kutatómunka néhány fontosabb szegedi eredményét villantom fel.

A fejlesztett SDG

Munkánk első lépéseként megterveztük és megépítettük saját SDG-énket, mely a kontrollált nanorészecské előállítás mellett az elvégzendő tudományos mérésekre optimált, azaz elemeit mérőrendszereink igényeit szem előtt tartva alakítottuk ki. A teljes rendszer három funkcionális részből áll: 1) a *generátor kamrából*, melyet az 1. ábra fényképe mutat, 2) az elektródokhoz kapcsolt *elektromos áramkörből*, valamint 3) a *gázellátó rendszerből*.



1. ábra. A csoport által megépített SGD generátor kamrája és egy példa a spektroszkópiai és elektromos jelek időfejlődésére a Cu-N₂ rendszerben.

SDG-énk néhány unikális jellemzője a következő:

- a generátor kamrán betekintő ablakok és elektromos portok kerültek kialakításra, az optikai és elektromos mérések lehetővé tétele érdekében
- az elektródok térbeli helyzete nagy pontossággal állítható: axiálisan mikrométeres, az elektródtengelyre merőleges síkon pedig szub-milliméteres pozicionálás lehetséges
- a vízhűtéses falnak köszönhetően a generátorban szikra-, illetve ívkisüléses nanorészecske előállítás egyaránt kivitelezhető
- az elektromos áramkör egy nagyfeszültségre tervezett, kis önindukciójú, alacsony hőmérsékleti tényezőjű 8 nF-os monolitikus kondenzátor köré épül
- melynek töltését egy max. 12,5 kV-os, 30 mA-es kondenzátortöltő tápegység végzi
- mellyel a szabadonfutó üzemmód mellett adott számú (akár egyetlen) szikra triggere-lése is megvalósítható (saját fejlesztésű kiegészítő elektronikai eszközök révén)
- az elektromos mérések érdekében nem csúszó kontaktusos elektromos bekötés
- a gázrendszer az elektródokra merőleges, illetve koaxiális gázbevezetést egyaránt lehetővé tesz

A generátor jellemzése

Az SDG koncepcióban egyszerű működése igen komplex részfolyamatokon keresztül eredményez nanoaeroszolókat. Ezért munkánk során arra törekszünk, hogy minél sokrétűbben gyűjtsünk adatokat az elektródközben lejátszódó folyamatokról, természetesen azok megzavarása nélkül. Mérési eszköztárunk jelenleg az alábbi metodikákat tartalmazza:

1) *Az előállított nanorészecskék leválasztása és ex-situ analízise*, melyből a keltett nanorészecskék szerkezetére, méretére és méreteloszlására, valamint az aggregátumokat felépítő elsődleges részecskék méretére kapunk információt

2) *Elektromos jelek ($U(t)$ és $I(t)$) mérése ns-os időfelbontással*, mely arról nyújt információt, hogy a kondenzátor milyen módon táplálja be az elektromos energiát a szikraközbe, illetve hogy mekkora a szikraköz ellenállása, induktivitása

3) *Spektroszkópia és gyorsfényképezés (idő- és/vagy térbeli feloldással)*, melyből az elektródközben jelen lévő specieszek és azok arányának időbeli változása mellett plazmadiagnosztikai (elektronkoncentráció, ionizációs fok, stb.) és hőmérsékleti adatokat is szolgáltat, míg a gyorsfényképezés a plazma morfológiai jellemzését, valamint az egy és több csatornás kisülések szelekcióját teszi lehetővé

4) *Elektróda felszín vizsgálata*, melyből az elektródfelszín morfológiájára és elemi összetételére szerzünk direkt információt, olyan kérdésekre keresve a választ, mint pl. miként hat kölcsön a szikrakisülési plazma az elektróda felszínével, avagy mi okozza a szubmilliméteres mérettartományba eső önszerveződő struktúrák kialakulását sok szikra esetén.

Köszönetnyilvánítás

Jelen kutatást az Európai Unió hetedik keretprogramjának (EU FP7) 280765 szerződésszámú (BUONAPART-E) projektje, illetve a TÁMOP 4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0047 projekt támogatta. A szerzők köszönetüket fejezik ki Dr. Márton Zsuzsannának a spektroszkópiai mérések kivitelezésében nyújtott segítségével.

Irodalom

Pfeiffer, T.V., Feng, J., Schmidt-Ott, A., 2014. New developments in spark production of nanoparticles. *Advanced Powder Technology* 25(1), 56-70.