

SPEKTROSKÓPIAI ÉS RÉSZECSCKE TULAJDONSÁGOK KAPCSOLATA SZIKRAKISÜLÉSES GENERÁTORBAN ELŐÁLLÍTOTT NANO AEROSZOLNÁL

Kohut Attila¹, Galbács Gábor², Linus Ludvigsson³, Bengt O. Meuller³, Maria E. Messing³, Knut Deppert³ és Geretovszky Zsolt¹

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

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

³ Lund University, Solid State Physics, SE-223 63 Lund, Professorsgatan 1.
Sweden, E-mail: linus.ludvigsson@ftf.lth.se

Bevezetés

A szikrakisüléssel generált nanorészecske generátor (Spark Discharge Generator, SDG) egy egyszerű és sokoldalú eszköz fém és félvezető nanorészecskék gáz környezetben történő előállítására. A legelterjedtebb kísérleti elrendezésben a két elektród között létrehozott nagyfeszültségű és nagyáramú elektromos szikrákat egy bipoláris kondenzátortöltő áramkör táplálja. A nagy energiájú szikrák párologtatással és porlasztással anyagot távolítanak el az elektródokból, mely a környező inert gázban nanorészecskék kialakulásához vezet.

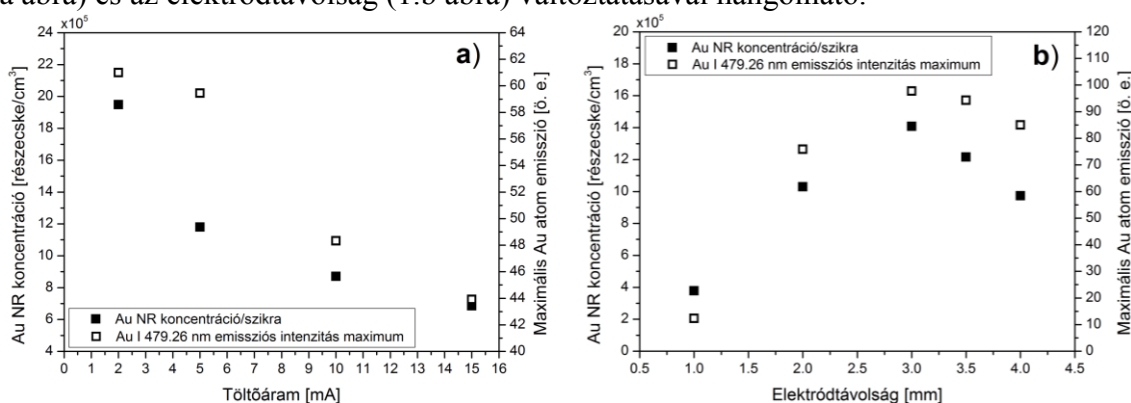
Munkánk során egy ilyen SDG főbb kísérleti paramétereinek (a kondenzátortöltő áram, az elektródtávolság és az elektród anyag) részecske képződésre és a szikraközben megjelenő anyagok emissziós tulajdonságaira gyakorolt hatását vizsgáltuk. Előadásunkban bemutatjuk, hogy milyen kapcsolatot találtunk az SDG-ben előállított nanorészecskék tulajdonságai és az elektródköz emissziós jele között.

Kísérleti körülmények

Kísérleteinkben réz és arany nanorészecskéket állítottunk elő atmoszferikus nyomású, áramló nitrogén gázban. Az emissziós spektroszkópiai mérésekhez egy Echelle spektrográfból és egy nagy érzékenységű erősített CCD kamerából álló rendszert használtunk, melyet a szikrák kialakulását kísérő meredek lefutású feszültség jel segítségével szinkronizáltunk a szikraközben lezajló folyamatokhoz. A szikraköz kb. 5 mm átmérőjű területéből származó emittált fényt az elektródok tengelyére merőleges irányban időben bontva gyűjtöttük. A spektroszkópiai rendszerrel a 300-800 nm hullámhossz- és a 100 ns-50 μ s időtartományban végeztünk méréseket, rendre $\sim 0,1$ nm és 50 ns spektrális és időfelbontással. Minden egyes szikrán egy spektrumot mértünk, és adott kísérleti paraméterek mellett néhány száz spektrumot átlagoltunk. A keletkező nano-agglomerátumok méreteloszlását a spektroszkópiai kísérletekkel párhuzamosan, egy differenciális mobilitás analízátorral (Differential Mobility Analyzer, DMA) határoztuk meg. A DMA mérések az 5-180 nm mérettartományban történtek, mely tartomány minden kísérletben lefedte a részecskék teljes log-normális méreteloszlás görbéit. A keletkezett nanorészecskék teljes koncentrációját az eloszlás-görbék alatti területtel azonosítottuk.

Eredmények

A nitrogén gáz átütése során egy vezető plazma csatorna jön létre a két elektród között, mely döntően elektronokból és nitrogén ionokból áll. A szikra plazma időbontott emissziós spektrumából megállapítható, hogy az átütést követő első 500 ns-ban a nitrogén háromszorosan és kétszeresen, majd az áramsűrűség csökkenésével az egyszerűen ionizált részecskéi dominálnak a szikraközben, míg $\sim 5 \mu\text{s}$ után csak a semleges atomtól származó emisszió mérhető. Az elektródközben kialakult vezető csatornába rövid idő alatt bepumpált elektromos energia hatására az elektródokból anyag lép ki, melynek emissziója 0,5-1,0 μs -mal az átütés után válik detektálhatóvá és közel lineárisan növekszik, majd a kísérleti paraméterektől függő időpillanatban elér egy maximális értéket. Ezt követően az emissziós intenzitás lassan csökken és összesen kb. 2-2,5-szer hosszabb időig mérhető, mint a szikraköz elektromos jelének karakterisztikus hossza. Az atomokból lehűlésük után néhány nanométer átmérőjű nanorészecskék alakulnak ki, melyek aztán néhány tíz nanométeres átlagos mobilitási átmérővel rendelkező agglomerátumokká kapcsolódnak össze. A keletkező nanorészecskék koncentrációja, illetve átlagos mérete többek között a kondenzátor töltőáram (1.a ábra) és az elektródtávolság (1.b ábra) változtatásával hangolható.



1. ábra. Egy szikra hatására keletkező arany nanorészecskék teljes koncentrációja és az arany atomok szikraközben mért emissziós maximuma a kondenzátor töltőáram (a) és az elektródtávolság függvényében (b).

Rögzített elektródtávolság mellett, ahogy azt az 1.a ábra tömör szimbólumai mutatják, az egy szikrára vonatkoztatott teljes nanorészecske koncentráció csökken a kondenzátor töltőáramának növelésével. Míg rögzített töltőáram mellett, az elektródtávolság növelésével a keletkező nanorészecskék koncentrációja kezdetben növekszik, majd egy maximális érték elérése után csökkenést mutat (1.b ábra). Az 1. ábra két grafikonja azt is mutatja (üres szimbólumok), hogy a szikraközben jelen lévő arany atomok időfüggő emissziójának maximális értéke a nanorészecske koncentrációhoz nagyon hasonlóan változik mind a töltőáram, mind az elektródtávolság függvényében. Mivel a teljes koncentráció és az átlagos mobilitási átmérő között lineáris kapcsolat van, a fenti eredmények alapján elmondható, hogy egy adott SDG-ben az előállított nano aeroszolok koncentrációja és átlagos mobilitási átmérője jól jellemezhető az elektródok anyagából a szikraközbe jutó atomok emissziós intenzitásának időbeli maximumával. A fenti eredmények potenciálisan felhasználhatók a szikrakísüléses nanorészecske generátorok üzemi körülményeinek optikai monitorozásához.

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.