

## Válasz Dr. Nemcsics Ákos bírálataira

Tisztelt Dr. Nemcsics Ákos!

Először is köszönöm Bírálómnak a dolgozat gondos átnézésére fordított munkáját, a számos gondolatébresztő kérdést, valamint a támogató bírálói véleményét. A formai észrevételeit és építő kritikáját természetesen elfogadom, ezeket igyekszem a jövőbeli munkáim során figyelembe venni.

A konkrét kérdésekre és megjegyzésekre az alábbi válaszokat adom:

*Az elméleti részben említi, hogy a nano-gömböknek van a legkisebb erősítési tényezője (csúcstolódása). A 19. ábrán (36. old.) épp az ellenkezője látható. A következő oldalon megállapítja, hogy noha jóllehet a nano-kockák érzékenysége nagyobb, mint a nanogömböké, de a méret- ill. távolságváltozás esetén az érzékenység változás épp fordított. A nano-gömböknél nagyobb, mint a nano-kockáknál. Ez szimulációs art-effect vagy valóban ez a valóság? A szakirodalomban van-e mérési adat erről vagy ugyanezt igazoló másfajta módszerrel történt szimuláció?*

A bemutatott szimulációs eredmények és a megfigyelt jelenség a nanogömbök és a nanokockák között nem szimulációs műtermék eredménye, és nem is ellentmondás. A félreértés a különböző fogalmak – érzékenység és erősítés – összekeveréséből adódik, ezt megpróbálok most tisztázni.

Az elméleti részben hivatkozott állításom pontosan így hangzik (21. oldal, 2.2.1. alfejezet): „Komplexebb alakú nanorészecskék használatával (pl. anizotrop alak, élek, csúcsok alkalmazása) az egyedi nanorészecskék érzékenysége is jelentősen javítható, a legkevésbé érzékeny arany nanogömbökhöz (80–110 nm/RIU [102]) képest, pl. a 11. ábra c1 részén látható nanoháromszögekkel (kb. 470 nm/RIU [85]).” Itt az „érzékenység” kifejezés az egyedi nanorészecskék  $\psi$  módusának a tömbi törésmutató-változásra vonatkoztatott érzékenységét jelenti ( $RIS_{\psi}$ ). Ez köztudottan a legalacsonyabb a nanogömbök esetén, és nagyobb az élekkel, csúcsokkal rendelkező struktúrák esetén, így a nanokockáknál is. A nanogömbök és nanokockák érzékenysége ( $RIS_{\psi}$ ) közötti szimulációimból kapott relációt sok irodalmi forrás alátámasztja kísérleti eredményekkel, például:

- Huanjun Chen, Xiaoshan Kou, Zhi Yang, Weihai Ni, and Jianfang Wang, Shape- and Size-Dependent Refractive Index Sensitivity of Gold Nanoparticles. *Langmuir* 24 (10), 2008, pp. 5233-5237. <https://doi.org/10.1021/la800305j>
- M.H. Tu, T. Sun, K.T.V. Grattan, LSPR optical fibre sensors based on hollow gold nanostructures, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 191, 214 pp. 37-44. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2013.09.094>
- Paerhatijiang Tuersun, Taximaiti Yusufu, Adili Yimiti, Aierken Sidike, Refractive index sensitivity analysis of gold nanoparticles, *Optik*, 149, 2017, pp. 384-390. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2017.09.058>

A 19. ábra bal oldalán ezt szintén alátámasztó  $RIS_{\psi}$  értékeket látunk azonos átmérőjű/élhosszúságú nanogömbök/kockák esetén (az ábrán a szaggatott vonalak jelzik az egyedi részecskékre jellemző  $RIS_{\psi}$  értékeket. Azt is láthatjuk az ábrán, hogy a csatolt részecskepárok esetén is nagyobb a csatolt rezonancia módus ( $RIS_{\sigma}$ ) érzékenysége a

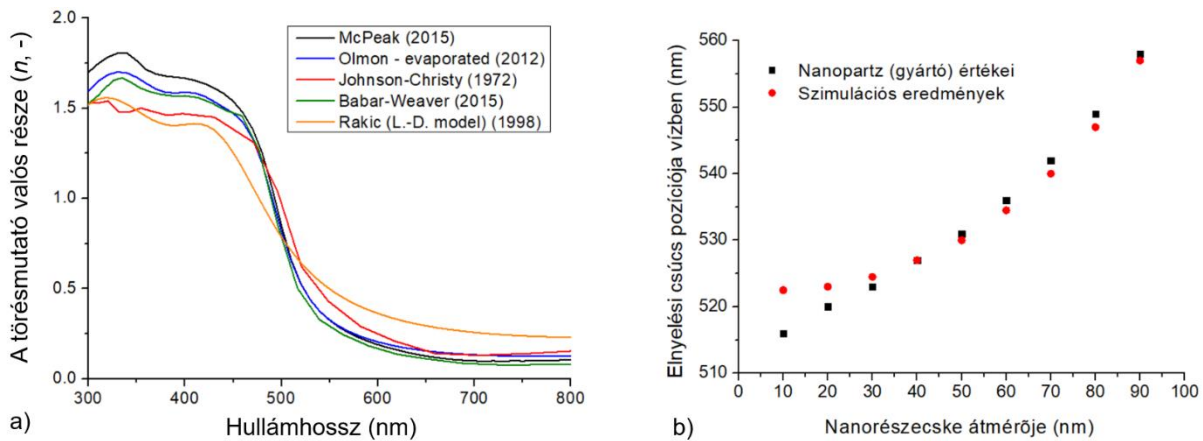
nanokockák esetén (és azonos  $D/D_0$  értéknél). Az ábra jobb oldalán azt láthatjuk, hogy ezzel szemben az erősítési tényezők lefutása meredekebb a nanogömbök esetén, vagyis azonos átmérőjű/élhosszúságú nanogömbök/kockák és azonos  $D/D_0$  esetén az erősítési tényező ( $EF$ ) nagyobb a nanogömbök esetén. Formálisan az erősítési tényező a csatolt módus és a szimpla részecskék érzékenységeinek aránya ( $EF=RIS_{\sigma}/RIS_{\psi}$ ) és belátható, hogy a kockákra jellemző nagyobb abszolút  $RIS_{\sigma}$  és  $RIS_{\psi}$  érzékenységek nem zárják ki, hogy a gömbök nagyobb  $EF$  értékkel rendelkezzenek.

A jelenség egyébként szintén megfigyelhető a 22. ábrán a nano-ellipszoidok esetén, ahogy a tengelyek közötti arány (aspect ratio) növelésével bár nő a csatolt módus érzékenysége (22.a ábra) az erősítési tényező (azonos  $D/D_0$  esetén) csökken (22.b ábra). Mivel a csatolt módus érzékenysége nagyban függ a részecske alakjától és a gerjesztéstől (pl. polarizáció iránya), ezért a megfigyelt jelenséget az érzékenységek és erősítési tényezők relációja között semmiképpen nem általánosítanám, de ahogy láthatjuk, az nem elvi ellentmondás.

*A szimulációval kapcsolatos fenntartásokat alátámasztják a 38. oldalon írtak is: az „Mc-Peak” törésmutató-adatbázis helyett a „Johnson-Christy adatbázist használva a „számolt spektrumok jobban közelítik a valóságot.” Itt nincs hivatkozás megadva, hogy mi is lenne a valóság.*

A bíráló észrevétele teljesen jogos (valóban nincs kifejtve mi a valóság az idézett példában), illetve egy fontos problémát is feszeget, ez pedig az arany részecskék modellezéshez használt törésmutató adatbázisok kiválasztása. A RefractiveIndex.info oldalon közel 30 különböző adatbázist találhatunk az arany komplex törésmutatójának figyelembevételére (<https://refractiveindex.info/?shelf=main&book=Au&page=Johnson>). Ezek nagy része tömbi aranyon vagy vékonyrétegen mért törésmutató, és közöttük jelentős (szimulációkat befolyásoló) különbségek vannak, ahogy azt az 1. ábra a) részén illusztráltam pár, szimulációs területen elterjedten használt adatbázisra. A megfelelő adatbázis kiválasztásában a szimulációs eredmények valósággal történő összevetése segíthet, ami irodalmi vagy saját forrásból vett kísérleti eredményeket jelent. Nanorészecske-gyártók adatlapjain is találhatunk adatokat a különböző alakú és méretű nanorészecskék plazmonrezonancia-csúcsára és érzékenységre vonatkozóan, ami támpontot jelenthet az ellenőrzéshez. Például arany nanogömbökre a Nanopartz cég honlapján található részecskeátmérő – plazmonrezonancia elnyelési csúcs adatokat, kolloidális (vízben lévő) részecskékre. [https://www.nanopartz.com/bare\\_spherical\\_gold\\_nanoparticles.asp](https://www.nanopartz.com/bare_spherical_gold_nanoparticles.asp)

Ahogy az 1. ábra b) részén illusztráltam, a talán legelterjedtebben használt Johnson-Christy törésmutató adatbázist használva az arany nanogömbök modellezéséhez, a gyártó kísérleti eredményeivel jó egyezést kapunk a 30 nm fölötti tartományon, ezért a disszertációmban bemutatott szimulációkhoz is döntően erre az adatbázisra támaszkodtam.



**1. ábra. a)** A komplex törésmutató valós része a hullámhossz függvényében arany esetén, különböző kísérleti források alapján. **b)** Arany nanogömbök LSPR elnyelési csúcsának pozíciója a részecskék átmérőjének függvényében. A Nanopartz gyártó mérési adatai összevetve saját BEM szimulációs eredményekkel, a Johnson-Christy törésmutató-adatbázist használva.

Meg kell azonban jegyezni, hogy más alakú/méretű részecskékre nem feltétlenül ez az adatbázis adja a legközelebbi eredményt és a bíráló által hivatkozott megjegyzésem is erre vonatkozott:

„Az egyetlen jelentősebb eltérés az előző (3.3.1) alfejezetben bemutatott szimulációkhoz képest, hogy az arany nanorészecskék törésmutatójához McPeak 2015-ös törésmutató-adatbázisát használtam [158]. Bár ez alapértelmezetten nem része az MNPBEM-megoldónak, összevetve a korábban használt Johnson és Christy adatbázissal úgy találtuk, hogy a számolt spektrumok jobban közelítik a valóságot (a NAPLIFE-projekt keretein belül, arany nanorudak modellezése során).”

Az említett projekt során különböző geometriájú arany nanorudak elnyelését vizsgáltuk mind szimulációs módszerekkel, mind kísérletileg. A nanorudak méretét két tengely-hosszúsággal jellemezve a két nanorúd típus 25 nm x 75 nm, illetve 25 nm x 85 nm voltak. A Nanopartz cégtől vásárolt nanorudak optikai elnyelését kísérletileg mértük vízben, valamint egy akrilát alapú gyantába (UDMA, uretán-dimetakrilát) ágyazva is (ezeket a mérést én végeztem). A nanorészecskék méretét TEM-mel vizsgáltuk (Dr. Fogarassy Zsolt, ELKH-EK-MFA), a polimer törésmutatóját ellipszometriával mértük meg (Dr. Petrik Péter, ELKH-EK-MFA). A TEM mérések alapján úgy találtuk, hogy a nanorudak mérete megfelel a gyártói specifikációknak (+/- 10% szórással a tengelyek hosszúságára vonatkozóan). Az ismert nanorúd geometriák és törésmutatók alapján végecs elem (FEM, Dr. Csete Mária, Szegedi Tudományegyetem) és peremelem (BEM) szimulációkat is készítettünk, utóbbit én. Úgy találtuk, hogy a FEM és BEM szimulációk által számolt plazmonrezonancia-csúcs jó egyezést mutat egymással, azonban a Johnson-Christy adatbázissal számolt csúcsok jelentősen túlbecsülték a kísérletileg mért értékeket. Ezzel szemben a McPeak adatbázissal számolt elnyelések elfogadható egyezést adtak, lást az 1. táblázatban. További információ ezekről a kísérletekről (TEM-képek, elnyelési csúcsok és részletek) a már megjelent publikációnkban olvashatók: Bonyár, et. al, The Effect of Femtosecond Laser Irradiation and Plasmon Field on the Degree of Conversion of a UDMA-TEGDMA Copolymer Nanocomposite Doped with Gold Nanorods, *Int. J. Mol. Sci.* 2022, 23(21), 13575; <https://doi.org/10.3390/ijms232113575>.

1. táblázat. Különböző méretű nanorudak mért és számolt plazmonrezonancia csúcsa víz és UDMA közegben.

	Mért csúcspozíció (nm)	BEM szimuláció, J-C (nm)	BEM szimuláció, McPeak (nm)
25 × 75 @ víz	700	724	705
25 × 85 @ víz	750	774	755
25 × 75 @ UDMA	762	805	770
25 × 85 @ UDMA	805	863	830

Összefoglalva: elmondható, hogy nincs minden nanorészecske típushoz általánosan jól használható törésmutató adatbázis az arany részecskék modellezéséhez. Az adott probléma vizsgálatához legmegfelelőbb adatbázis kiválasztásához szükséges a szimulációs eredmények összevetése kísérleti eredményekkel. Ilyen összevetések alapján a Johnson-Christy és McPeak adatbázisok is alkalmasak lehetnek különböző alakzatok modellezéséhez, ezért használtam én is ezeket, a disszertációmban bemutatott szimulációk során.

*A 21. ábrával kapcsolatosan a 39. oldalon megjegyzi: „A két erősítési tényező különbségéből látszik, hogy a nano-részecskék közötti csatolás jobban erősíti a molekuláris réteg felületre kötéséből adódó jelváltozást, szemben a tömbi törésmutató-változással.” A 21. ábrán a spektrumokon valójában itt is kisebbek a változások csak az arányuk nagyobb, de a leolvasási pontosság romlik drasztikusan. A gyakorlatban ki tudjuk-e használni ezt a szorzófaktort? Itt vetődik fel a kérdés az elrendezéstől, molekulamérettől stb. függő sokféle érzékenységhöz köthető mérőszám: Elképzelhető-e e sokféleség egyszerűsödése?*

A 21. ábra egy kiválasztott eset spektrumokkal történő illusztrációja. A későbbi 23. illetve 24. ábra d) részein látható, hogy ha szélesebb tartományon optimalizáljuk a rendszert a nanorészecske-távolság, illetve a felületre kötött réteg vastagságának függvényében, akkor a különbség az erősítési tényezők között már számottevő lehet ( $EF_{\uparrow} - EF_{\infty} = \sim 1,2$ ). Ami a leolvasási pontosságot illeti a spektrométerek 0,1-0,4 nm-es csúcspozíció meghatározási pontossággal rendelkeznek, ennél a csúcsetelődés mértéke min. egy nagyságrenddel nagyobb ezekben az esetekben. A gyakorlatban ahhoz, hogy ki tudjuk használni ezeket a szorzófaktorokat olyan technológiákra van szükségünk, ahol hangolni tudjuk a nanorészecskék közötti távolságot. Amennyiben ez megtehető, úgy a sok különböző mérőszám tervezési irányelvekké tud egyszerűsödni. A használt receptor és célmolekulák méretének függvényében a nanorészecskék közötti rés megtervezhető úgy, hogy a 23. illetve 24. ábra d) részein látható karakterisztikák csúcsában legyünk, ezzel maximalizálva az érzékelők által szolgáltatott jelváltozást. A kísérleti fejezetben bemutatásra kerülő arany-epoxigyanta nanokompozit szenzorelem előállítására lehetővé teszi a részecskék közötti rés megválasztását, ez adja a vizsgálatok relevanciáját.

*A 39. oldaltól a különböző ellipszoid alakú nano-részecskékkel foglalkozik. Mi ezek gyakorlati relevanciája? Készíthető ellipszoid alakú nano-részecske, ahol a tengelyméreteket tetszés szerint változtatni tudjuk?*

A nanoellipszoidok relevanciáját a későbbi 4.3. alfejezetben bemutatásra kerülő technológia jelenti, ahol a kialakuló nanorészecskék a modellezés szempontjából ellipszoidokkal közelíthetőek. Ahogy az 55. oldal 1. táblázatában látható az ellipszoidok tengelyaránya az egyes részecske-elrendezésekre (A1, A2, B1, B2, B3) 1,5-2,3 között változik. Ahogy a technológia bemutatásánál megemlítem, ahogy a nanorészecskék átmérője, úgy a tengelyek aránya sem hangolható folytonos skála szerint, ezek az értékek a technológiai paraméterek által meghatározott stabil munkapontok eredményei. A szenzorelemeket előállító cseh partner állítása szerint ezen túlmenően is tudná hangolni a tengelyek arányát (pl. rétegválasztással

befolyásolható az alumínium-oxid felület nedvesíthetősége, ami a hőkezelés során befolyással van a kialakuló ellipszoidok tengelyarányára), de ezt kísérletileg még nem demonstráltuk.

*Az AFM képeken alapuló szimulációknál a felület egy kiválasztott darabját vizsgáljuk. Ha a felület egy másik darabját vágjuk ki hasonló eredményt kapunk? Ez lenne a felületre jellemzőség igazolása. Történtek ilyen szimulációk? A nano-clusterek kialakulásának kinetikáját figyelembe véve a távolság és a forma nem függetlenek egymástól. Jelen esetben van-e ennek a ténynek befolyása az eredményekre?*

A hőkezeléssel létrehozott arany nanosziget-rendszerek strukturáltságának felületre jellemzőségét a [T13]-as cikkünkben vizsgáltuk pásztázó elektronmikroszkópia (SEM) segítségével, együttműködésben a Debreceni Egyetem Kísérleti Fizika Intézetének munkatársaival. A vékonyréteg szigetes szerkezetűvé alakulását több technológiai paraméter is befolyásolja (pl. a kiindulási réteg vastagsága, a hőkezelés hőmérséklete és ideje). A [T13] cikkünkben 6, 9, 10 és 12 nm vastag arany vékonyrétegeket hőkezeltünk 400, 450, 500 és 550°C hőmérsékleten, 15, 30, 60 és 120 perces időtartamokig és vizsgáltuk a létrejött részecske-rendszerek geometriai tulajdonságait (részecskék távolsága/részecskeátmérő arány), valamint plazmonikus érzékenységét. Szóval a bíráló megjegyzése jogos, a részecske alak és távolság nem függetlenek egymástól, ezek befolyással vannak a plazmonikus tulajdonságokra, a technológiai paraméterek hatását vizsgáltuk és a paramétereket optimalizáltuk [T13].

Az AFM-es képalkotás (és a képalkotási hibák elkerülése) szempontjából előnyös, ha a részecskék jól elkülönülnek egymástól, és a tühegy be tud hatolni a részecskék közötti részbe. Az AFM-es vizsgálatokhoz ezért hosszabb ideig hőkezelt rétegeket választottam, ezek eredményei olvashatóak a [T21] és [T22] cikkekben, 1 órás, illetve 2 órás hőkezelések esetén, különböző kiindulási rétegvastagságok és hőmérsékletek esetén. Természetesen minden esetben több AFM készült a részecskékről, ezeken a szimulációk elvégezhetőek a disszertációban ismertetett módon, az eredmények összevethetőek a spektroszkópiás mérésekkel a 29. ábrához hasonló módon.

*A 38. oldal alján megjegyzi a szerző, hogy „A molekuláris erősítési tényezővel kapcsolatos számításokat egyedül végeztem.” Ezek fényében mi a helyzet a többi szimulációval? Azok hogyan történtek?*

A dolgozat egésze során próbáltam nagy gondot fordítani a különböző szakmai együttműködésem bemutatására, hogy a saját munka, illetve együttműködések keretein belül végzett munka elkülönítése egyértelmű legyen. A szimulációkat érintő együttműködésekről a 35. oldal 3.3.1. alfejezetben írtam. A tömbi törésmutató-érzékenység erősítési tényezőt ( $EF$ ), és az ezen alapuló csatolt-nanorészecskék modellezési eljárását én vezettem be (nanogömbökre), lásd a [T16] egyszerűs publikációt. Ezt az eljárást alkalmazva a nanokockák és ezüst nanorészecskék vizsgálatát, valamint később mag-héj részecskék vizsgálatát Szántó Géza doktoranduszommal közösen végeztük (Dr. Csarnovics Istvánnal közösen témavezetve), amiből a [T1], [T6], [T14], [T19] publikációk is születtek. Az AFM-es képek kiértékelésére alkalmas modul teljes egészében én fejlesztettem (és az AFM képeket is én készítettem, a vizsgált mintákkal együtt). A molekuláris erősítési tényezővel kapcsolatos szimulációkat is egyedül végeztem ([T3] egyszerűs publikáció).

*A következő fejezetben a lokalizált felületi plazmonikus és a Raman vizsgálatokhoz történő nano-struktúra elrendezések fejlesztésével foglalkozik a szerző. Az először a technológián megy*

*végig, melyet SEM, TEM képekkel illusztrál. Véleményem szerint nagyon kicsik az ábrák. A 30. ábrán az 5:TEM kép lehetne sokkal nagyobb, hogy látni lehessen mi övezi az arany nanorészecskét az alumínium határfelületén. Ugyanez vonatkozik a 31. ábra SEM képeire. A méreteloszlás igen informatív lenne, de ebből semmi sem látszik az ábrán. A szemcseméret számai nem olvashatók le. Csak találgatni lehet, hogy mi vezethette a szerzőt ezeknek a szép mérési sorozatokkal ilyen módon való eljelentéktelenítésére. Talán nem ismerte fel a mérési sorozat nagyszerűségét.*

A bíráló kritikai észrevételei jogosak és elfogadom azokat, pár megjegyzéssel. Az említett képeknek (30. és 31. ábrák) több funkciója is van. Cél volt illusztrálni egy alapvetően bonyolult technológiai lépéssort (30. ábra) és itt a SEM/TEM képek részfunkciója alátámasztani a 3D-illusztációban látható struktúrákat. A 31. ábra részben csoportosítani hivatott a különböző mintatípusokat, valamint illusztrálni a rövid- és hosszútávú rendezettségét a nanorészecskes-rendszernek. Belátom, hogy ezen részfeladatok közül párat kevésbé jól látnak el az ábrák a TEM képek és a részecskeméret-eloszlások is túl kicsik. Ezen funkciókat támogatják a dolgozat későbbi ábrái, pl. a 32. ábra SEM és STEM képei, a 37. ábra SEM képei, illetve a 41. ábra hisztogramjai a nanorészecskék eloszlásáról. Így összességében úgy gondolom minden információ adott, hogy a nanorészecskék elrendezésekről a legrealisabb kép alakulhasson ki az olvasóban, bár, egyetértve a bíráló egy későbbi kritikájával is, a SEM/TEM képek összerendezése egy fejezetbe, és az említett hibák (kis méretű képek) javítása tovább növelhetné az érthetőséget.

*A témát tárgyaló T10-es publikációt ketten jegyzik a cseh kollégával. Ki készítette a SEM felvételeket?*

A SEM, TEM és STEM képek is a CEITEC intézetben készültek Tomáš Lednický által. Ez, illetve a képalkotási eljárások részletei is be vannak mutatva a 4.2 alfejezet második bekezdésében.

*Az 56. oldalon említi, hogy a mikrofluidikai rendszereknél bevált PDMS és a PMMA polimerek csődöt mondtak. A megoldás egy kétkomponensű „Elan-tron W363 és EC570 100:33 tömegarányú” epoxigyanta lett. Ez így elég heurisztikusnak tűnik. Hogyan találtak rá az anyagra? Hogyan találtak rá a két anyag arányára? Ezekről a kísérletekről nincsen semmi a dolgozatban. Volt esetleg más anyagokkal is próbálkozás?*

A 4.3.2. alfejezet ismerteti azt a logikai gondolatmenetet, ami során a PDMS-től az epoxigyantáig jutottunk a nanorészecskék elrendezés átültetése során. Bár terjedelmi okokból nem volt lehetőségem ennél részletesebben kifejteni az egyes lépéseket, de ezek mögött több évnyi munkánk és rengeteg még nem publikált adatunk van (pl. a PDMS említett kémiai instabilitásának vizsgálata és kiküszöbölésére tett erőfeszítéseink kapcsán). Az epoxigyanta egy logikus választás volt, mert ötvözi a PMMA könnyű eltávolíthatóságát (plazmamarással) a magasabb hőtüro képességgel. A választott gyantatípussal a cseh partnernek már volt korábbi tapasztalata. A komponensek aránya gyártói ajánlás.

Fontosnak tartom megjegyezni, hogy a disszertáció megírása óta eltelt évek során a technológiánk továbblépett az epoxigyantán is. A jelenlegi – harmadik generációs – szenzorelemeknél egy vékony SiO<sub>2</sub> réteget választunk le a nanorészecskékre, és ezen keresztül ragasztjuk át őket üveghordozóra. Az SiO<sub>2</sub> réteg plazmamarásával alakul ki a gomba forma (akárcsak az epoxigyanta esetén). Az így előállított szenzorelemek az epoxi-hordozónál is jobb tulajdonságokkal rendelkeznek. Az új technológiáról részletesebben egy időn megjelent

cikkünkben írtunk: S. Zangana, T. Lednicky, A. Bonyar: Three Generations of Surface Nanocomposites Based on Hexagonally Ordered Gold Nanoparticle Layers and Their Application for Surface-Enhanced Raman Spectroscopy. *Chemosensors* 2023, 11(4), 235; <https://doi.org/10.3390/chemosensors11040235>

*A technológiai fejezet végén van egy nagyméretű információt nem hordozó fotorealisztikus ábra két nanoobjektummal, ami demonstrálni hivatott, hogy az elkövetkezőkben szimulációk következnek azzal kapcsolatban, hogy milyen „várható tulajdonságok várhatóak a fentekben bemutatott nano-struktúrákon. (Ha a nagyméretű, információt egyáltalán nem hordozó 36. ábrát tekintjük, annál furcsább a sok információt tartalmazó 31. ábra miniatürizálása.)*

A bíráló korábbi észrevételeivel egyetértésben belátom, hogy a 31. ábra nagyobb méretet és részletesebb kifejtést igényelt volna.

*A következőkben a szimulációs rész SEM képekkel (37. ábra) kezdődik. Ennek inkább a technológiai részben lett volna a helye. Itt jegyzendő meg, hogy az egész dolgozatra jellemző, hogy az egyes alfejezetek kidolgozása a megjelent cikkek alapján történik. Így fordulhat elő a fent említett indokolhatatlan kavargás a képekben. Míg egy önálló szimulációs cikkben érthető, hogy szerepel a szimulálni kívánt objektumról készült mikroszkópos kép, de ha a dolgozat az előző fejezete technológiai, akkor mit keres a technológia újra a szimulációk között?*

A bíráló észrevétele jogos. Utólag talán szerencsésebb lett volna a 37. ábra SEM képeit, illetve a 42. ábra részecskeméret-eloszlásait is a technológiát leíró részben bemutatni. A mostani csoportosításnál az vezérelt, hogy a szimulációs eredményeket (SERS-erősítéseket) az olvasó kényelmesen összevethesse a nanorészecske-elrendezések geometriai tulajdonságival. Emellett igaza van a bírálónak abban, hogy a kapcsolódó cikkek felépítése is befolyásolta ezekben az alfejezetekben a kialakítását.

*A 6 részből álló 37. ábra-együttes egyik része a SEM képekkel azonos színben egy fotorealisztikus kép, ahol ráadásul a valóságot imitálva a struktúrák nem teljesen szabályosak (jóllehet a publikációban is így szerepel) ennek ellenére alkalmas a megtévesztésre.*

A 37. ábra aláírása egyértelműen kijelenti, hogy „c) ábra egy 3D-illusztráció a részecskék elhelyezkedéséről, valamint a részecske átmérő és részecskék közötti távolság értelmezéséről”. A bíráló észrevétele mindazonáltal jogos, ezeket a jellemzőket egy TEM keresztmetszeti képen is lehetett volna illusztrálni, hasonlóval a 30. vagy 32. ábrához. Ezek alapján belátható, hogy a 3D-illusztrációnál a lehető leghűebben próbáltuk modellezni a struktúrákat, vagyis a megtévesztés semmiképpen nem volt cél az ábrával.

*Az utolsó szakmai fejezet az ún. in-situ jelerősítésen alapuló méréssel foglalkozik, ahol DNS molekula hibridizációs láncreakcióját használták bioérzékelős jelerősítésre. A mérés komoly nemzetközi (svájci, olasz) együttműködésben készült. A kísérlet a jelölt tanszékén készült berendezésen történt. A témához tartozó tézishez a szerző a T20-as publikációt rendelte. Véleményem szerint a kifejlesztett berendezés okán a T23 és a T24-es publikáció is oda tartozik.*

Jogos a bíráló észrevétele, a berendezés és a kísérleti elrendezés részeinek fejlesztése kapcsán ezek a cikkek is kötődnek a tézishez.

Tisztelettel:

Budapest, 2023. 07. 27.

.....

Dr. Bonyár Attila  
egyetemi docens  
BME-ETT