

Optikai hőmérsékletszenzor fejlesztése felkonvertáló nanorészecskéket tartalmazó biopolimer bevonatok felhasználásával

Borbás Balázs, MSc-hallgató, BME, Fizikai Kémia és Anyagtudományi Tanszék,
Anyagtudomány és Technológia Tanszék

A kihívás rövid tartalmi összefoglalása:

A chippek hőmérsékletmérésének egyik hagyományos módszere az *in situ* feszültségmérés. Ezen mérés során a jelenlévő nagy elektromos zaj jelentősen rontja a jel-zaj viszonyt, az alkalmazott mérőáram maga is melegítheti a szenzort, ezzel meghamisítva a mérési eredményt, a lassú válaszidő pedig ellehetetleníti a hőmérséklet gyors fluktuációinak nyomon követését. Ez a szenzor csak a beépítés helyén képes mérni [1]. Egy másik hagyományos módszer az áramkör hőtérképének infravörös kamerával való rögzítése, ennek felbontása azonban jelentősen elmarad más módszerekétől.

A felkonvertáló nanorészecskék (*Upconverting Nanoparticle* – UCNP) képesek a gerjesztő közeli infravörös (NIR) sugárzásnál nagyobb energiájú fotont emittálni (UV és látható). Az emissziós intenzitás pedig hőmérsékletfüggő: a hőmérséklet emelkedésekor csökken az intenzitás, mert a gerjesztett elektronok nagyobb százaléka relaxálódik rezgések útján, fénykibocsátás nélkül [2]. Ezen jelenség a felkonvertáló nanorészecskék optikai hőmérsékletszenzorokban való hasznosítását teszi lehetővé, többek közt a mikroelektronikai eszközök hőmérsékletmérésére lehetnek alkalmasak. Az ilyen típusú hőmérsékletszenzorok kialakításához célszerű a felkonvertáló nanorészecskéket egy vékony bevonatban alkalmazni, például a részecskéket egy megfelelő mátrixanyagban rögzítve. Az UCNP-alapú optikai szenzorral érintkezés nélkül, kisenergiájú gerjesztő fénnel, kis zajintenzitás, tehát jó jel-zaj viszony mellett, a hagyományos módszerekénél nagyobb érzékenységgel, a teljes bevont felületen mérhető lehet a hőmérséklet.

Az elérendő eredmény rövid leírása:

Innovációs ötletem a kitozán mátrixanyagú, felkonvertáló nanorészecskéket tartalmazó bevonatok optikai szenzorként való alkalmazása. Elérendő eredmény a mérendő felületen – szakirodalomban korábban nem leírt módon – a gerjesztési érzékenységet fokozó, kitozán mátrixanyagú, UCNP-tartalmú, egyenletes összetételű és rétegvastagságú bevonat kialakítása; a bevont felületről emittált fotonokat detektálva, a mért fényintenzitás alapján, a felület hőmérsékletének meghatározása. A felkonvertálás kiváltásáért az általam fejlesztendő szenzorban NIR-lézer fényforrás felel.

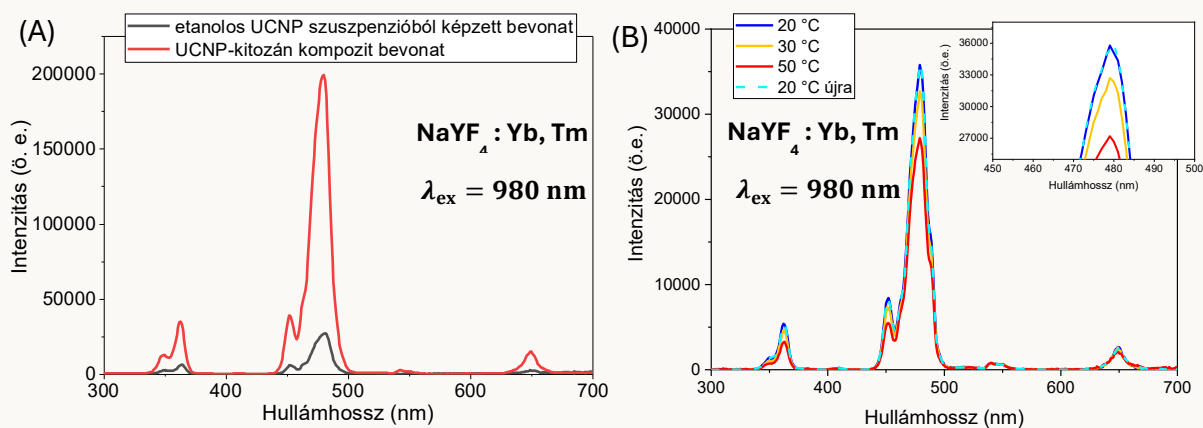
Az OTDK-pályamunkámban levont következtetések előrevetítik a kitozán mátrixanyagú felkonvertáló nanorészecskéket tartalmazó kompozit bevonatok gyakorlati alkalmazhatóságát: Célommá vált a kutatómunkám során fejlesztett kompozit bevonatok optikai hőmérsékletszenzorokban való hasznosítása, egy új, hatékony módszer fejlesztése mikroelektronikai rendszerek hőmérsékletének, valamint annak fluktuációjának pontos, megbízható és gyors meghatározására.

A várható hasznosítás jellege:

Innovációm célcsoportját a nyomtatott áramkörök vizsgálatával foglalkozó szakemberek alkotják. Ezen az összetett rendszerek fejlesztése és vizsgálata során igen előnyös a hőmérsékletnek és annak fluktuációjának nagy érzékenységű, gyors és érintkezésmentes nyomon követése. Az UCNP-alapú optikai szenzorok pedig erre kitűnően alkalmasak lehetnek. A bevont felület egészéről kaphatunk információt, ha képesek vagyunk a fényforrással és detektorral a bevonat pásztázására. Az emisszió pillanatszerű lejátszódása lehetővé teszi a nagy frekvenciájú mintavételezést, így a mért jel a gyors fluktuációk érzékelésére is alkalmas. A kitozánbevonat és a felkonvertáló nanorészecskék a mikroelektronikai eszközök megszokott hőmérséklet-tartományán stabilak, az emissziós intenzitás megbízhatóan mérhető. Így a megfelelő mérőcella-kialakítás megtervezése esetén, a kitozán mátrixanyagú, felkonvertáló nanorészecskéket tartalmazó bevonatok várhatóan optikai hőmérsékletszenzorként alkalmazhatóak mikroelektronikai rendszerekben.

Szükséges előismeretek, háttérkompetenciák:

Korábbi TDK munkám során kimutattam, hogy a felkonvertáló nanorészecskéket tartalmazó, kitozán mátrixanyagú kompozit bevonatok a szakirodalomban elterjedt egykomponensű, csak nanorészecskéket tartalmazó bevonatokénál jelentősen nagyobb emissziós intenzitást mutatnak (1/A. ábra) [3]. Kialakítottam bevonatot üveglap és szilíciumlemez hordozókon is. Továbbá vizsgáltam az emissziós intenzitás hőmérsékletfüggését is kompozit kitozánbevonatban (1/B. ábra). A 2. ábrán a felkonvertálás jelenségét bemutató demonstrációs kísérlet látható.



1. ábra: (A) Kompozit (kitozánban elosztatott $\text{NaYF}_4 : \text{Yb, Tm}$ UCNP) és egykomponensű bevonat (csak felkonvertáló nanorészecske felületre való felvitele) emissziós intenzitásának összehasonlítása, (B) az emissziós intenzitás hőmérsékletfüggése kompozit kitozánbevonatban



2. ábra: 980 nm hullámhosszú NIR-lézerpointerrel megvilágított (A) túliumadalékolt UCNP-porminta és (B) erbiumadalékolt UCNP-tartalmú, kitozán mátrixanyagú kompozit bevonat, (C) demonstrációs videóanyaghoz vezető QR-kód

Referenciák:

- [1] Franch R. L. és Jenkins K. A. On chip temperature measuring and monitoring circuit and method. szabadalom: US 2008/0291970 A1. (2008).
- [2] Yanina I. Y., Volkova E. K., Zaharevich A. M., Konyukhova J. G., Kochubey V. I és Tuchin V. V. Temperature sensing of adipose tissue heating with the luminescent upconversion nanoparticles as nanothermometer: in vitro study. *Dyn. Fluctuations Biomed. Photonics XIV* **10063**, 100631A (2017).
- [3] Borbás B., Tegze B., Hessz D., Kubinyi M. és Hórvölgyi Z. Fénymoduláló $\text{NaYF}_4 : \text{Yb, Er/Tm}$ nanorészecskék kompozit bevonatai: a mátrixanyag hatása az emissziós fényintenzitásra. XXIX. Nemzetközi Vegyészkonferencia, Marosvásárhely (2023). <https://ojs.emt.ro/chem/article/view/1435> (utolsó látogatás: 2025.06.16.)

A témavezető/konzulens neve, e-mail címe és egyéb elérhetősége:

Dr. Tegze Borbála, tegze.borbala@vbk.bme.hu, 463-1111/5772

Dr. Hórvölgyi Zoltán, horvolgyi.zoltan@vbk.bme.hu, 463-2911

Budapest, 2025. június 17.



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2