

Felkonvertáló kolloid részecskék szuszpenziói és kompozit bevonatai: az anti-Stokes emisszió és az energiaátadási folyamatok vizsgálata



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar,
Fizikai Kémia és Anyagtudományi Tanszék

Borbás Balázs, Tegze Borbála, Hessz Dóra, Kubinyi Miklós, Madarász János, Hórvölgyi Zoltán

Bevezetés

anti-Stokes-hatás:

Két vagy több kisebb energiájú foton egymást követő elnyelése után egy nagyobb energiájú foton kibocsátása.

Lehetséges alkalmazások

- Fotokatalízis
- Fotodinamikus rákterápia
- Napelemek
- Hőmérséklet-szenzorok

Felkonvertáló emisszió bemutatása porok és bevonatok esetén.

- ### Célkitűzések
- Felkonvertáló nanorészecskék (UCNP – upconverting nanoparticle) előállítása, szuszpenziók jellemzése
 - UCNP felhasználásával kitozán-mátrixú kompozit bevonatok és TiO₂/kitozán+UCNP kompozit rendszerek előállítása, minél nagyobb emissziós intenzitás elérése
 - Rodamin 6G (R6G) színezék modellanyag és UCNP közti sugárzási kölcsönhatás tanulmányozása
 - Az emissziós intenzitás hőmérsékletfüggésének vizsgálata szuszpenziókban és bevonatokban, vizes és etanolos közegben.
 - TiO₂ héjat tartalmazó mag-héj részecskék előállítása, jellemzése; távlati cél: Fotodegradációs vizsgálatok kivitelezése ezekkel a részecskékkel

Nanorészecskék szintézise

α -NaYF₄ : 20% Yb³⁺, 0,5% Tm³⁺

Szolvotermális eljárás

- Etilén-glikol oldószer, szervesen prekursor
- Teflon-bevonatú autokláv

Aktiváló ion	Tm ³⁺
Érzékenyítő ion	Yb ³⁺
Alapváz	NaYF ₄

TEM-felvétel

980 nm lézerrel megvilágítva

Átlagos átmérő: 34 ± 7 nm

Mag-héj részecskék előállítása

α -NaYF₄ : Yb, Tm @ TiO₂

Anatáz TiO₂ ↔ Kőbös NaYF₄

GSA : alapállapotú elnyelés
G : alapállapothoz tartozó energiaszint
E₁, E₂ : gerjesztett energiaszintek

Bevonatképzés

Forgótárcsás módszer (spin-coating)
50 µL csepp, 7000 rpm, 60 s

Mártásos módszer (dip-coating)
 $d = (154 \pm 5)$ nm, $\varepsilon = (52 \pm 1)$ %

Mártásos módszer
 $d = (202 \pm 5)$ nm

Kitozán mátrixú UCNP-tartalmú bevonat
Mezopórusos TiO ₂ bevonat
Kompakt szilika védőréteg
Üveg szubsztrátum

Eredmények

1 Etanolos szuszpenzió emissziója

$\lambda_{ex} = 980$ nm

2 Bevonatok emissziós spektruma

$\lambda_{ex} = 980$ nm

↑ UCNP-mennyiség ⇒ Emissziós intenzitás ↑
↑ Rétegvastagság

3 Sugárzási kölcsönhatás R6G színezékekkel

980 nm → NaYF₄ Yb, Tm → 480 nm → R6G → 554 nm

R6G koncentráció nő, csúcs csökken

R6G koncentráció nő, csúcs nő

4 Hőmérsékletfüggés

1 mg/mL UCNP, 20 µM R6G vizes szuszpenzió

↑ hőmérséklet ⇒ ↓ emissziós intenzitás

Visszahűtve reverzibilis

5 Mag-héj részecskék emissziója

$\lambda_{ex} = 980$ nm

A TiO₂ héj előállítása után csökkent az UV csúcs emissziós intenzitása, energiaátadás feltételezhető UCNP és TiO₂ között.

Förster-féle rezonáns energiaátadás játszódik le felkonvertáló nanorészecskék és a színezékmolekulák között.

Konklúziók

- Sikeresen szintetizáltunk intenzív anti-Stokes emissziót mutató kolloidrészecskéket, és TiO₂-héjat tartalmazó mag-héj részecskéket.
- A részecskék megőrizték nagy felkonvertáló emissziójukat kitozán-mátrixú kompozit bevonataikban is.
- Sugárzási kölcsönhatást mutattunk ki R6G színezékmolekulák, TiO₂ és felkonvertáló részecskék között, melynek távlati jelentősége van különböző gyakorlati alkalmazásokban (pl. fotokatalizátor rendszerek hullámhossztartományának kiterjesztése).
- Kimutattuk, hogy a felkonvertáló emissziós intenzitás csökken a hőmérséklet emelkedésével szuszpenziókban és bevonatokban is.

