

NaGdF₄: Yb³⁺, Er³⁺ nanodalelių sužadintų būsenų trukmės priklausomybės nuo branduolio dydžio ir apvalkalo storio tyrimai

Investigations of NaGdF₄: Yb³⁺, Er³⁺ nanoparticles excited state lifetimes dependence on particles core size and shell thickness

Aivaras Vilkas¹, Dovile Baziulyte-Paulaviciene², Simas Sakirzanovas², Vitalijus Karabanovas^{1,3}, Ricardas Rotomskis^{1,4}

¹ Biomedicininės Fizikos Laboratorija, Nacionalinis Vėžio Institutas, Baublio 3b, LT-08406, Vilnius, Lietuva

² Vilniaus Universitetas, Chemijos ir Geomokslų Fakultetas, Naugarduko 24, LT-03225, Vilnius, Lietuva

³ Chemijos ir Bioinžinerijos Katedra, Vilniaus Gedimino Technikos Universitetas, LT-10223 Vilnius, Lietuva

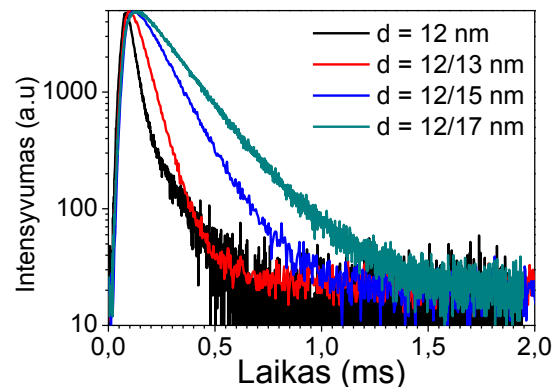
⁴ Lazerinių Tyrimo Centro Biofotonikos Grupė, Vilniaus Universitetas, Saulėtekio al. 9, LT-10222, Vilnius, Lietuva
aivaras.vilkas@ff.stud.vu.lt

Apkonvertuojančios nanodalelės (angl. *upconverting nanoparticles*) gali tapti puikia alternatyva kitiems įprastai naudojamiems fluoroforams. Dauguma fluoroforų pasižymi emisija su Stokso poslinkiu žadinimui naudojant ultravioletinės, mėlynos ir žalios spektro sričių spinduliuotę. Žadinant šioje spektro srityje iškyla tam tikrų problemų. Minėtosios spektro dalies spinduliuotė pasižymi prasta skvarba biologiniuose audiniuose, taip pat ilgai trunkantis ultravioletinės ir kitos trumpabangės šviesos poveikis gali pažeisti biologinius audinius. Apkonvertuojančių nanodalelių žadinimui yra naudojama artimojo infraraudonojo spektro spinduliuotė ($\lambda_{\text{zad}} = 980 \text{ nm}$), kuri pakliūna į „optinio skaidrumo langą“. Žadinant šia spinduliuote gaunamas pakopinis žadinimo procesas, ko rezultatas yra emisija UV, regimojoje ir artimosios infraraudonosios spinduliuotės spektrų srityse. Žadinimui naudojama artimoji infraraudonoji spinduliuotė taip pat yra skvarbesnė biologiniuose audiniuose ir nedaro jiems žalos [1]. Vienas iš būdų pagerinti šių nanodalelių emisijos intensyvumus yra padengti nanodaleles inertiniu apvalkalu. Šio darbo tikslas buvo: ištirti apkonvertuojančių nanodalelių emisijos intensyvumo ir sužadintų būsenų relaksacijos trukmių priklausomybę nuo nanodalelių dydžio ir jas dengiančio inertinio apvalkalo storio.

Darbo metu buvo tiriamos heksagoninės NaGdF₄: Yb³⁺, Er³⁺ apkonvertuojančios nanodalelės tirpios toluene, turinčios NaGdF₄ inertinį apvalkalą. Nanodalelių liuminescencijos emisijos spektras matuotas naudojant Edinburgh Instruments FLS980 spektrometrą. Žadinant 980 nm IR lazeriu pastebėta, kad nanodalelių emisijos spektras pasižymi emisijos smailėmis ties: 379, 407, 520, 540, 647, 710, 842 nm. Šios smailės buvo priskirtos atitinkamiems Er³⁺ energetiniams šuoliams. Ištyrėme, kaip kinta nanodalelių emisijos intensyvumai ir sužadintos būsenos gyvavimo trukmės apkonvertuojančių nanodalelių 6 ir 12 nm dydžio branduolius padengiant skirtingo dydžio inertiniu apvalkalu. Rezultatai parodė, kad tiek emisijos intensyvumai, tiek sužadintos būsenos gyvavimo trukmės didėja didėjant nanodalelių apvalkalo storiui. To priežastis gali būti energijos migracija, kurios metu energija laisvai judinama

nanodalelėje gali pasiekti jos kraštą, kur yra paviršiaus defektų sritys, kurias pasiekus energija prarandama. Didinant nanodalelių branduolio dydį ir didinant jas dengiančio apvalkalo storį, šių defektų įtaka mažėja, kas lemia emisijos intensyvumo ir sužadintos būsenos gyvavimo trukmių padidėjimą.

Rezultatai parodė, kad sužadintos būsenos gyvavimo trukmės ir emisijos intensyvumai gali būti padidinti padengiant nanodaleles inertiniu apvalkalu.



1 pav. NaGdF₄: Yb³⁺, Er³⁺ 12 nm dydžio dalelių su skirtingais inertinio apvalkalo storiais gesimo kinetikos esant emisijai ties 407 nm. Apvalkalo storiai: 1, 3, 5 nm.

Reikšminiai žodžiai: sužadintos būsenos gyvavimo trukmės, emisijos spektras, gesimo kinetika, nanodalelės, apkonvertuojančios nanodalelės, inertinis apvalkalas.

Literatūra

[1] Guanying Chen, Hailong Qiu, Paras N. Prasad and Xiaoyuan Chen „Upconversion Nanoparticles: Design, Nanochemistry, and Applications in Theranostics“, *Chemical reviews*, Vol. 114 (10), pp 5161–5214, 2014.