

# Atsevišķu nanodaļiņu augšuppārveidotās luminiscences īpašību atkarība no aglomerācijas un pozīcijas

Projekta numurs: SJZ/2017/12

Aleksejs Zolotarjovs

Cietvielu radiācijas fizikas laboratorija

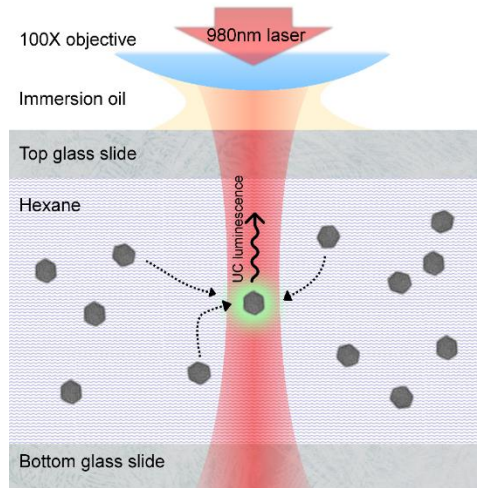
www.lum.lv

Augšuppārveidotā luminiscence ir salīdzinoši jauns pētījumu lauks, kas pēta vielas un procesus, saistītus ar luminiscenci ar anti-Stoksa nobīdi (ierosināšanas viļņa garums ir lielāks, nekā luminiscences). Kā vienu no pētāmo paraugu apakšgrupām var pieminēt augšuppārveidojošās nanodaļiņas (UCNP, no angl. „up-converting nanoparticles”), kuras pēdējos desmit gados tiek intensīvi pētītas to vairāku praktisko pielietojumu dēļ pārsvarā fizikas, bioloģijas un medicīnas nozarēs. Plašs pielietojumu klāsts (fotovoltaika, fotokatalīze, bioskenēšana, displeji u.c.) piesaista vairākas zinātnieku grupas, kuras aktīvi mēģina atrast jaunus un pēta jau zināmus pielietojumus.

Viens no interesantākiem virzieniem UCNP attīstībā ir to izmantošana skrīningā. Jauns koncepts sola izslēgt no dažām medicīniskām procedūrām kaitīgu radiācijas starojumu un smago metālu marķierus. Papildus tam, tika demonstrētas arī iespējas izmantot augšuppārveidojošo luminiscenci arī temperatūras un citu apkārtējās vides parametru noteikšanai.

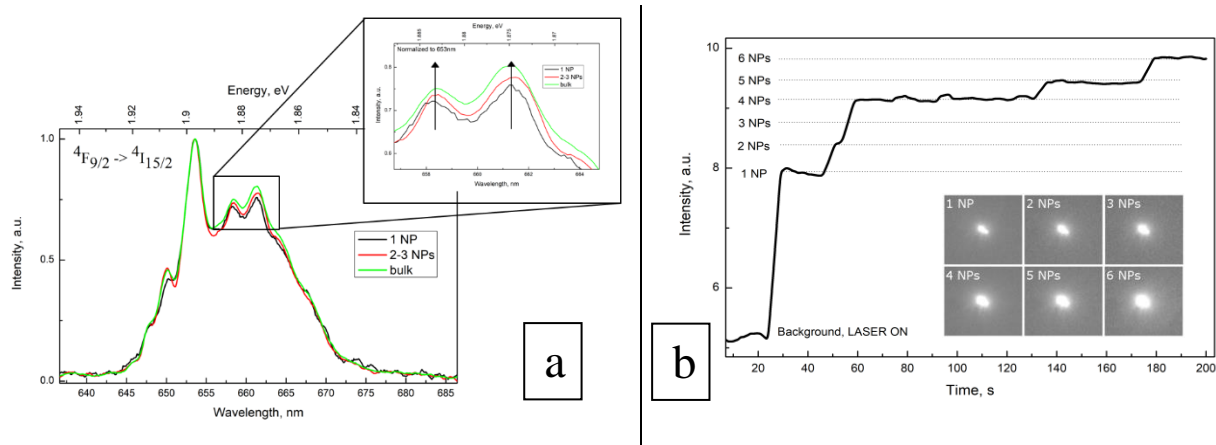
Nesen bija pierādīts, ka ir iespējams nomērīt vienas atsevišķas nanodaļiņas luminiscences spektru UCNP lielas kvantu efektivitātes dēļ, apvienojot to ar modernu instrumentu precizitāti un jūtību. Šis fakts atver pavisam jaunas iespējas nanodaļiņu pētījumos sakarā ar ārējo apstākļu pastiprināto ietekmi uz luminiscenci. Pie tam, šī veida pētījumi ļauj novērtēt aglomerācijas ietekmi uz luminiscenci, kas ir ļoti aktuāla problēma ievietojot daļiņas sarežģītās sistēmās (in vivo).

Atsevišķas nanodaļiņas spektra iegūšana tomēr nav triviāls uzdevums. Speciālā iekārta izveidota Madrides Universitātē Dr. Daniel Jaque vadībā izmanto optisko pinceti, kas “noķer” atsevišķu daļiņu šķidrumā ar labi nofokusētu gaismu un ar to pašu gaismu ierosina augšuppārveidojošo luminiscenci daļiņā. Pēc ierosmes, daļiņa izstaro gaismu ar mazāku viļņa garumu, kas tiek reģistrēta caur to pašu optiskās pincetes objektīvu. Iekārtas darbības princips ir parādīts zīm. 1.



Zīm. 1. Kombinētās iekārtas (optiskā pincete + luminiscences reģistrēšana) darbības princips.

Šī pētījuma ietvaros tika pētītas heksagonālās  $\beta$ -NaYF<sub>4</sub>: Er<sup>3+</sup>, Yb<sup>3+</sup> nanodaļiņas ar vidējo izmēru ap 50nm to labas kvantu efektivitātes dēļ. Daļiņas, pārklātas ar oleīnskābi lai mazināt aglomerēšanas iespējas, bija ievietotas heksānā starp diviem stikla plāksnēm. 980nm lāzera gaisma, kas labi der augšpārveidotās luminiscences ierosmei, tika fokusēta daļiņu suspensijā ar 100x objektīvu. Caur to pašu objektīvu vienlaikus tika reģistrētas gan bilde uz CCD matricas daļiņu skaita un pozīcijas novērtēšanai gan luminiscences spektrs caur monohromātoru uz lineārā detektora. Luminiscence analizēta sarkanajā spektra apgabalā (640-680nm, Er<sup>3+</sup> jona  $4F_{9/2} \rightarrow 4I_{15/2}$  pārejas). Zīm. 2. (a) parāda spektrālo sadalījumu, kas tika uzņemts no vienas daļiņas, maza aglomerāta (2-3 daļiņas) un no lieliem aglomerātiem. Spektri ir normēti, jo, pieaugot aglomerāta izmēram, palielinās arī intensitāte, kas arī ir parādīts zīm. 2 (b). Daļiņu skaitu optiskajā pincetē var viennozīmīgi noteikt no optiskās bildes.



Zīm. 2: (a) – luminiscences spektri no vienas daļiņas vai aglomerātiem, (b) – intensitātes izmaiņa atkarībā no nanodaļiņu skaita optiskajā pincetē.

Iegūtie rezultāti ir svarīgi tālākos tehnoloģijas attīstības posmos – ievadot nanodaļiņas šūnās vai dzīvos ķermeņos tie noteikti aglomerēsies un līdz ar to, kā tas tika pierādīts, mainīsies daļiņu spektrālais sastāvs. Šo efektu noteikti vajag ņemt vērā izmantojot UCNP luminiscences sadalījumu kā mainīgo parametru kāda ārējās vides parametra noteikšanai (piem. lokālai temperatūras noteikšanai).