

Jauni materiāli infrasarkanā starojuma vizualizacijā

Jurgis Grūbe

Šī projekta mērķis bija meklēt jaunu materiālu, kas varētu kalpot kā vizualizators infrasarkanajam starojumam, kuru ar neapbruņotu aci nav iespējams novērot. Šāda veida starojumu rada dažāda veida lāzeri. Infrasarkanā starojuma vizualizatori ir nepieciešami darbojoties ar infrasarkanā starojuma lāzeriem, lai vieglāk būtu novērot lāzera stara gaitu un to koriģētu.

Infrasarkanā starojuma vizualizācijas pamatā tiek izmantota augšup-pārveidotā luminiscence, process kad vairāki ierosmes starojuma fotoni ar mazāku enerģiju (infrasarkanais starojums), tiek pārveidoti par vienu fononu ar lielāku enerģiju (redzamais starojums). Kā pētāmais materiāls tika izmantots $Ba_4Y_3F_{17}$ aktivēts ar Er^{3+} un Yb^{3+} dažādās koncentrācijās. Par šāda materiāla spektroskopiskajām īpašībām zinātniskajā literatūrā līdz šim bija atrodams maz informācijas. Turklāt pirmajos eksperimentos ar šo materiālu, kuri tika veikti pirms šī projekta, bija novērojama efektīva augšup-pārveidotā luminiscence.

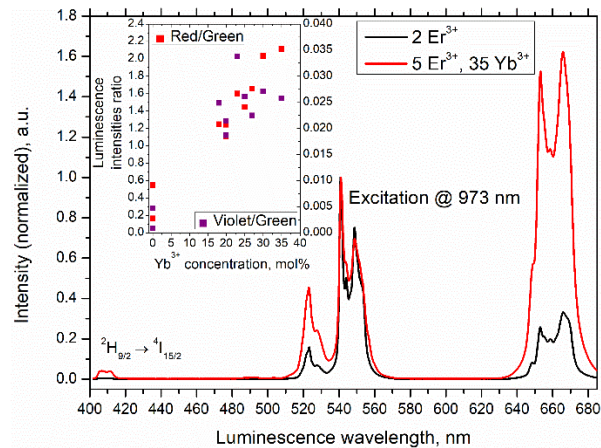
$Ba_4Y_3F_{17}$ sintēze ar dažādām Er^{3+} un Yb^{3+} koncentrācijām tika veikta LU CFI Optiskās spektroskopijas laboratorijā. Veicot rentgendifrakcijas mērījumus, varēja pārliecināties, ka izvēlētajā hidrotermālās sintēzes metodes galarezultātā ir iegūtais baltais pulveris sastāv tikai no $Ba_4Y_3F_{17}$ kristāliskās fāzes. Sintezētajos materiālos nav novērojamas pārpalikumi no sintēzes sākummateriāliem un citas bārija itrija fluorīda kristāliskajām struktūrām.

Tālāk sintezēto materiāla pētījumi norisinājās veicot spektroskopiskos mērījumus zemajās temperatūrās (15 K). Izmantojot vietas jutīgo spektroskopiju (site selective spectroscopy), tika noteikts, ka Er^{3+} ir iebūvējās $Ba_4Y_3F_{17}$ kristāliskajā struktūrā vairākās vietas. Tas neatbilst pašreiz piedāvātajam $Ba_4Y_3F_{17}$ kristāliskās struktūras modelim. Šis modelis paredz divas katjonu vietas ar dažādām valencēm: Ba – 2+ un Y – 3+. Trīsvērtīgajam erbijam piemērotāka būtu Y vieta kristāliskajā struktūrā, kura ir tikai viena. Tādēļ teorētiski būtu jānovēro Er^{3+} atrašanos tikai vienā kristāliskajā pozīcijā, bet eksperimenti to neapstiprina. Līdz ar to var domāt vai nu piedāvātais $Ba_4Y_3F_{17}$ kristāliskais struktūras modelis ir nepilnīgs, vai arī ir izveidojušies kādi struktūras defekti, kas izmaina Er^{3+} apkārtni.

Ierosinot sintezētos paraugus ar aci neredzamo infrasarkanā starojumu (973 nm) istabas temperatūrā, tika novērota Er^{3+} augšup-pārveidotā luminiscence zaļajā un sarkanajā spektra apgabalā (1. attēls). Augšup-pārveidoto luminiscenci ir iespējams novērot pateicoties enerģijas pārdeves procesiem starp Yb^{3+} un Er^{3+} , kuri atrodas materiālā. Yb^{3+} materiālā nodrošina 973 nm starojuma absorbciju, lielā absorbcijas šķērsgriezuma dēļ, un pēc tam šo absorbēto enerģiju nodod tālāk Er^{3+} . Pieņemot, ka Er^{3+} zaļā augšup-pārveidotā luminiscence rodas no 2 šādiem enerģijas pārdeves soļiem, tika noteikts, ka sarkanā augšup-pārveidotā luminiscence rodas no 2.6 un violetā – 3.5 enerģijas pārdeves soļiem.

Varētu domāt, jo vairāk tiktu pievienoti materiālam aktivatora joni, jo vairāk ierosmes starojums tiktu absorbēts un vairāk varētu notikt enerģijas pārdeves soļi, kā rezultātā vajadzētu novērot intensīvāku augšup-pārveidoto luminiscenci. Diemžēl tā nenotiek. Lielā aktivatoru jonu koncentrācija noved pie enerģijas pārdēves arī pretējā virzienā, nevis palielinot enerģijas līmeņa apdzīvotību, bet tieši otrādi, samazinot to. Šāds process izteikti

tiek novērots zaļajai luminiscences josla, tas ir attiecīgajam enerģijas līmenim, no kura novēro zaļo luminiscenci. Jo lielāka ir enerģijas līmeņa apdzīvotība, jo intensīvāku luminiscenci ir iespējams novērot. Palielinot Er^{3+} un Yb^{3+} koncentrāciju, zaļās luminiscences kinētika tiešajā ierosmē, kas raksturo stāvokļa apdzīvotības izmaiņu laikā, dziest straujāk, norādot uz papildus procesiem, kuri samazina enerģijas līmeņa apdzīvotību. Rezultātā samazinās zaļās luminiscences intensitāte.



1. attēls Augšup-pārveidotās luminiscence spektrs $\text{Ba}_4\text{Y}_3\text{F}_{17}$ ar dažādām aktivatoru jonu koncentrācijām, ierosinot ar 973 nm.

Sintezētajiem paraugiem ar dažādām Er^{3+} un Yb^{3+} koncentrācijām, tika noteikta arī kvantu efektivitāte, skaitlis, kas procentos raksturo attiecību starp luminiscences fotonu skaitu un absorbēto ierosmes starojuma fotonu skaitu. Zaļajai augšup-pārveidotajai luminiscences joslai šis skaitlis svārstās starp 1.7 – 2.9 %, bet sarkanajai luminiscencei 2.2 – 3.9 % atkarībā no aktivatoru jonu koncentrācijas.

Kopumā materiāls uzrāda labas spektroskopiskās īpašības, arī augšup-pārveidotās luminiscences kvantu efektivitāti. Veiktie pētījumi liek domāt, ka $\text{Ba}_4\text{Y}_3\text{F}_{17}$ aktivētu ar Er^{3+} un Yb^{3+} būtu iespējams izmantot kā infrasarkanā lāzera starojuma vizualizatoru.