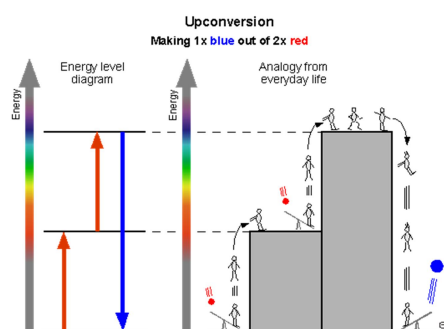


NaLaF₄ materiāla pilnveidošana infrasarkanā starojuma pārveidei zilajā un ultravioletajā starojumā

Jurgis Grūbe

Turpinot attīstīties mūsdienu zinātnei un tehnoloģijai, turpinās meklējumi arī pēc jauniem starojuma avotiem, kas spīdētu ne tikai redzamajā gaismā (zilā, zaļā, sarkanā un šo krāsu dažādās kombinācijās), bet arī infrasarkanajā un ultravioletajā spektrālajā apgabalā. Arvien plašāk šāda veida starojumus iegūst ierosinot materiālu ar noteikta daudzuma enerģiju un novērojot šī materiāla spīdēšanu – luminiscenci. Fotoluminiscences gadījumā, par ierosmes enerģijas avotu izmanto fotonu. Materiāls (viela) absorbē ierosmes starojuma fotonu ar lielu enerģiju, pēc kā seko luminiscences fotona emisija, parasti ar mazāku enerģiju (Stoksa nobīde).

Viens no senākajiem un plašāk izplatītākajiem ultravioletā un zilā starojuma avotiem ir dzīvsudraba izlādes lampas. Tā kā dzīvsudrabs ir kaitīgs cilvēka organismam, tad šāda veida ultravioletā starojuma avoti tiek pamazām aizstāti ar citiem. Kā vienu no piemēriem var minēt gaismas emitējošās diodes (LED), kas pēdējo gadu laikā ir guvušas lielu popularitāti. Ultravioleto un zilo LED izgatavošana ir tehnoloģiski sarežģītāka un izmaksas ir lielākas nekā infrasarkanā LED izgatavošana.



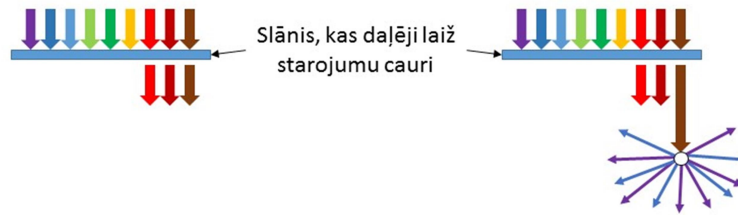
1. attēls Augšup-pārveidotās luminiscences ierosmes mehānisma shematisks attēlojums.

Ultravioleto un zilo starojumu ir iespējams iegūt, izmantojot nedaudz atšķirīgāku pieeju, tas ir izmantojot augšup-pārveidoto luminiscenci, kad materiālu apstarojot ar vairākiem fotoniem, kuriem ir mazāka enerģija (infrasarkanā starojuma fotoni), tiek iegūts viens fotons ar lielāku enerģiju, kas atbilst redzamajai gaisma un/vai ultravioletajam starojumam (*1. attēls*). Šādu procesu ir iespējams novērot dažāda veida materiālos, kas aktivēti ar retzemju elementiem (SC, Y, La - Lu).

Šajā projektā augšup-pārveidotās luminiscences procesi tika pētīti polikristāliskā pulverveida NaLaF₄ materiālā, kas aktivēti ar Tm³⁺ un Yb³⁺. Šajā materiāla Yb³⁺ nodrošina efektīvu infrasarkanā starojuma absorbciju, tādējādi uzkrājot ierosmes starojuma enerģiju. Pēc tam šī uzkrātā enerģija tiek pārdota (nodota) Tm³⁺, no kura ir iespējams novērot un arī novēro zilo un ultravioletu augšup-pārveidoto luminiscenci.

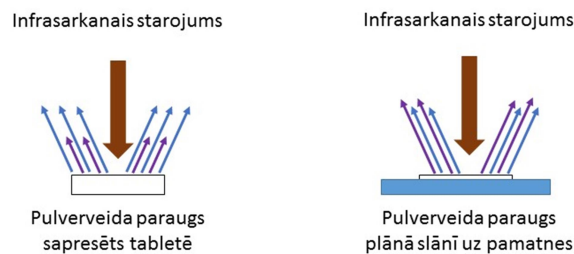
Šāds pakāpenisks augšup-pārveidotās luminiscences ierosmes mehānisms ļauj izmantot materiālu dažādiem jauniem pielietojumiem. Piemēram, zaļo, zilo un ultravioleto starojumu ir nepieciešams "nogādāt" aiz slāņa, kurš šādu starojuma spektru nelaiž tieši cauri, piemēram, āda, bet laiž cauri sarkano un infrasarkanā starojumu (*2. attēls*). Zilo un ultravioleto starojumu aiz šāda slāņa ir iespējams iegūt,

ja aiz šī slāņa novieto materiālu, kuram ar infrasarkano starojumu ir iespējams ierosināt augšup-pārveidoto luminiscenci.



2. attēls Dažādu spektrālo starojumu iespēšanās spēja caur kādu slāni: a) slānis neliāz cauri ultravioleto, zilo un zaļo spektrālo apgabalu, bet laiž cauri sarkano un infrasarkano starojumu. b) aiz slāņa atrodas materiāls, kurā var norisināties augšup-pārveidotā luminiscence, ierosinot ar infrasarkano starojumu, tādējādi radot zilo un ultravioleto starojumu.

NaLaF₄ aktivētu ar Yb³⁺ un Tm³⁺, ierosinot ar infrasarkano starojumu (~ 980 nm), ar aci bija iespējams novērot intensīvu zilu luminiscenci. Izmērot materiāla augšup-pārveidotās luminiscences spektru, tika noteikts, ka materiāls luminiscencē arī ultravioletajā spektra apgabalā. Analizējot luminiscences spektrus un luminiscences kinētikās (skatās kā mainās luminiscences intensitāte pēc tam kad šī luminiscence tiek ierosināta ar īsu ierosmes starojuma impulsu) tika noteikti iespējamie augšup-pārveidotās luminiscences ierosmes mehānismi, tas ir veidi, kādā enerģija tiek pārdota (nodota) no Yb³⁺ uz Tm³⁺. Luminiscences ierosmes spektru mērījumi ļāva noteikt optimālāko ierosmes starojuma viļņa garumu, kurš ir 976 nm. Nelielas novirzes no šī ierosmes starojuma viļņa garuma izteikti samazina ultravioletās luminiscences joslas intensitāti.



3. attēls Pulverveida paraugs sapresēts tabletē (a) un plānā slāni uzklāts uz pamatnes (b), ierosināts ar infrasarkano starojumu un novērotā zilā un ultravioletā augšup-pārveidotā luminiscence. Bultiņas garums attēlo novērotās luminiscences joslas intensitāti.

Veicot spektroskopiskos mērījumus, tika konstatēts, ka ilgstoši ierosinot paraugu, kurš ir sapresēts pulveris tabletēs, ar infrasarkano starojumu, samazinās augšup-pārveidotās luminiscences intensitāte, īpaši ultravioletajām luminiscences joslām (3. attēls a). Savukārt, ja pulverveida paraugu uzklāj plānā slānī uz kādas pamatnes (3. attēls b) tad šāds efekts ar ultravioletās luminiscences intensitātes samazināšanos netiek novērots. Papildus eksperimenti parādīja, ka ultravioletās luminiscences intensitātes samazināšanās ir saistīta ar parauga temperatūras paaugstināšanos dēļ intensīvā infrasarkanā starojuma. Plānā slānī uzklāts pulveris uz pamatnes mazāk absorbē infrasarkano starojumu, un pamatne kalpo par papildus siltuma aizvadu.

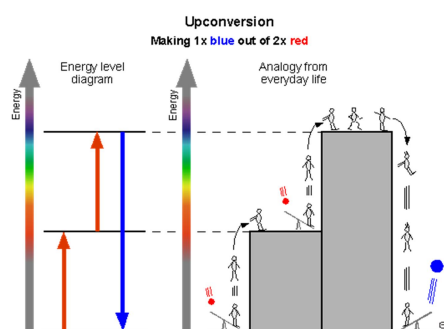
Šie mērījumi parāda, ka svarīgs ir parauga stāvoklis (forma), lai varētu novērot intensīvu augšup-pārveidoto zilo un ultravioleto luminiscenci.

NaLaF₄ materiāla pilnveidošana infrasarkanā starojuma pārveidei zilajā un ultravioletajā starojumā

Jurgis Grūbe

Turpinot attīstīties mūsdienu zinātnei un tehnoloģijai, turpinās meklējumi arī pēc jauniem starojuma avotiem, kas spīdētu ne tikai redzamajā gaismā (zilā, zaļā, sarkanā un šo krāsu dažādās kombinācijās), bet arī infrasarkanajā un ultravioletajā spektrālajā apgabalā. Arvien plašāk šāda veida starojumus iegūst ierosinot materiālu ar noteikta daudzuma enerģiju un novērojot šī materiāla spīdēšanu – luminiscenci. Fotoluminiscences gadījumā, par ierosmes enerģijas avotu izmanto fotonu. Materiāls (viela) absorbē ierosmes starojuma fotonu ar lielu enerģiju, pēc kā seko luminiscences fotona emisija, parasti ar mazāku enerģiju (Stoksa nobīde).

Viens no senākajiem un plašāk izplatītākajiem ultravioletā un zilā starojuma avotiem ir dzīvsudraba izlādes lampas. Tā kā dzīvsudrabs ir kaitīgs cilvēka organismam, tad šāda veida ultravioletā starojuma avoti tiek pamazām aizstāti ar citiem. Kā vienu no piemēriem var minēt gaismas emitējošās diodes (LED), kas pēdējo gadu laikā ir guvušas lielu popularitāti. Ultravioleto un zilo LED izgatavošana ir tehnoloģiski sarežģītāka un izmaksas ir lielākas nekā infrasarkanā LED izgatavošana.



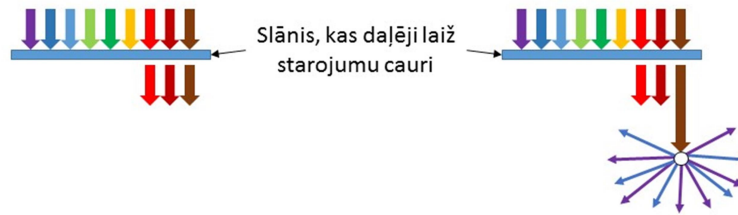
1. attēls Augšup-pārveidotās luminiscences ierosmes mehānisma shematisks attēlojums.

Ultravioleto un zilo starojumu ir iespējams iegūt, izmantojot nedaudz atšķirīgāku pieeju, tas ir izmantojot augšup-pārveidoto luminiscenci, kad materiālu apstarojot ar vairākiem fotoniem, kuriem ir mazāka enerģija (infrasarkanā starojuma fotoni), tiek iegūts viens fotons ar lielāku enerģiju, kas atbilst redzamajai gaisma un/vai ultravioletajam starojumam (*1. attēls*). Šādu procesu ir iespējams novērot dažāda veida materiālos, kas aktivēti ar retzemju elementiem (SC, Y, La - Lu).

Šajā projektā augšup-pārveidotās luminiscences procesi tika pētīti polikristāliskā pulverveida NaLaF₄ materiālā, kas aktivēti ar Tm³⁺ un Yb³⁺. Šajā materiāla Yb³⁺ nodrošina efektīvu infrasarkanā starojuma absorbciju, tādējādi uzkrājot ierosmes starojuma enerģiju. Pēc tam šī uzkrātā enerģija tiek pārdota (nodota) Tm³⁺, no kura ir iespējams novērot un arī novēro zilo un ultravioletu augšup-pārveidoto luminiscenci.

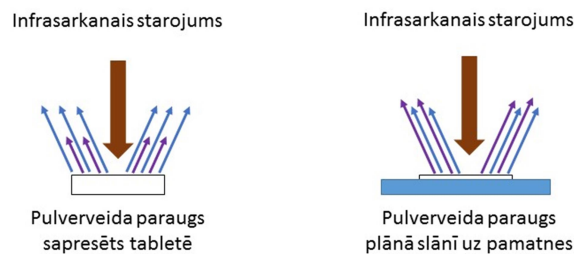
Šāds pakāpenisks augšup-pārveidotās luminiscences ierosmes mehānisms ļauj izmantot materiālu dažādiem jauniem pielietojumiem. Piemēram, zaļo, zilo un ultravioleto starojumu ir nepieciešams "nogādāt" aiz slāņa, kurš šādu starojuma spektru nelaiž tieši cauri, piemēram, āda, bet laiž cauri sarkano un infrasarkanā starojumu (*2. attēls*). Zilo un ultravioleto starojumu aiz šāda slāņa ir iespējams iegūt,

ja aiz šī slāņa novieto materiālu, kuram ar infrasarkano starojumu ir iespējams ierosināt augšup-pārveidoto luminiscenci.



2. attēls Dažādu spektrālo starojumu iespēšanās spēja caur kādu slāni: a) slānis nelaiž cauri ultravioleto, zilo un zaļo spektrālo apgabalu, bet laiž cauri sarkano un infrasarkano starojumu. b) aiz slāņa atrodas materiāls, kurā var norisināties augšup-pārveidotā luminiscence, ierosinot ar infrasarkano starojumu, tādējādi radot zilo un ultravioleto starojumu.

NaLaF₄ aktivētu ar Yb³⁺ un Tm³⁺, ierosinot ar infrasarkano starojumu (~ 980 nm), ar aci bija iespējams novērot intensīvu zilu luminiscenci. Izmērot materiāla augšup-pārveidotās luminiscences spektru, tika noteikts, ka materiāls luminiscencē arī ultravioletajā spektra apgabalā. Analizējot luminiscences spektrus un luminiscences kinētikās (skatās kā mainās luminiscences intensitāte pēc tam kad šī luminiscence tiek ierosināta ar īsu ierosmes starojuma impulsu) tika noteikti iespējamie augšup-pārveidotās luminiscences ierosmes mehānismi, tas ir veidi, kādā enerģija tiek pārdota (nodota) no Yb³⁺ uz Tm³⁺. Luminiscences ierosmes spektru mērījumi ļāva noteikt optimālāko ierosmes starojuma viļņa garumu, kurš ir 976 nm. Nelielas novirzes no šī ierosmes starojuma viļņa garuma izteikti samazina ultravioletās luminiscences joslas intensitāti.



3. attēls Pulverveida paraugs sapresēts tabletē (a) un plānā slānī uzklāts uz pamatnes (b), ierosināts ar infrasarkano starojumu un novērotā zilā un ultravioletā augšup-pārveidotā luminiscence. Bultiņas garums attēlo novērotās luminiscences joslas intensitāti.

Veicot spektroskopiskos mērījumus, tika konstatēts, ka ilgstoši ierosinot paraugu, kurš ir sapresēts pulveris tabletēs, ar infrasarkano starojumu, samazinās augšup-pārveidotās luminiscences intensitāte, īpaši ultravioletajām luminiscences joslām (3. attēls a). Savukārt, ja pulverveida paraugu uzklāj plānā slānī uz kādas pamatnes (3. attēls b) tad šāds efekts ar ultravioletās luminiscences intensitātes samazināšanos netiek novērots. Papildus eksperimenti parādīja, ka ultravioletās luminiscences intensitātes samazināšanās ir saistīta ar parauga temperatūras paaugstināšanos dēļ intensīvā infrasarkanā starojuma. Plānā slānī uzklāts pulveris uz pamatnes mazāk absorbē infrasarkano starojumu, un pamatne kalpo par papildus siltuma aizvadu.

Šie mērījumi parāda, ka svarīgs ir parauga stāvoklis (forma), lai varētu novērot intensīvu augšup-pārveidoto zilo un ultravioleto luminiscenci.