

**Valsts pētījumu programma Nr.2
"Inovātīvu daudzfunkcionālu materiālu,
signālapstrādes un informātikas
tehnoloģiju izstrāde konkurētspējīgiem
zinātņu ietilpīgiem produktiem"**



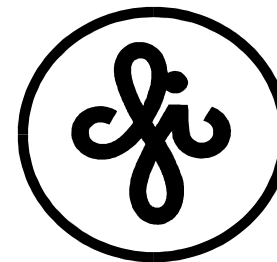
Projekts Nr. 1

**„Daudzfunkcionālie materiāli starojumu enerģijas konvertēšanai,
informācijas ierakstam, uzglabāšanai, pārnesei un pārveidošanai,
un to efektīviem pielietojumiem augsto tehnoloģiju ierīcēs”**



Projekta vadītājs: Māris Sprinģis (LU CFI)

Prezentē: Anatolijs Šarakovskis (LU CFI)



Projekta īstenošanā iesaistītās zinātniskās institūcijas

1. Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts (LU CFI)
2. Latvijas Universitātes Ķīmiskās fizikas institūts (LU ĶFI)
3. Latvijas Universitātes Fizikas un Matemātikas fakultāte (LU FMF)
4. Rīgas Tehniskās universitātes Materiālzinātnes un Lietišķās Ķīmijas fakultāte (RTU MLĶF)
5. Rīgas Tehniskās universitātes Neorganiskās ķīmijas institūts (RTU NĶI)
6. Fizikālās enerģētikas institūts (FEI)



1. projektā iesaistītie apakšprojekti

1.1. apakšprojekts
LU CFI

dr. habil. phys. Māris Sprinģis



1.2. apakšprojekts
LU FMF Lāzeru
centrs

dr. habil. phys. Ruvins Ferbers



1.3. apakšprojekts
LU ĶFI

dr. chem. Donāts Erts



1.4. apakšprojekts
RTU MLĶF

dr. habil. chem. Valdis Kampars



1.5. apakšprojekts
RTU NĶI

dr.habil.sc.ing. Jānis Grabis

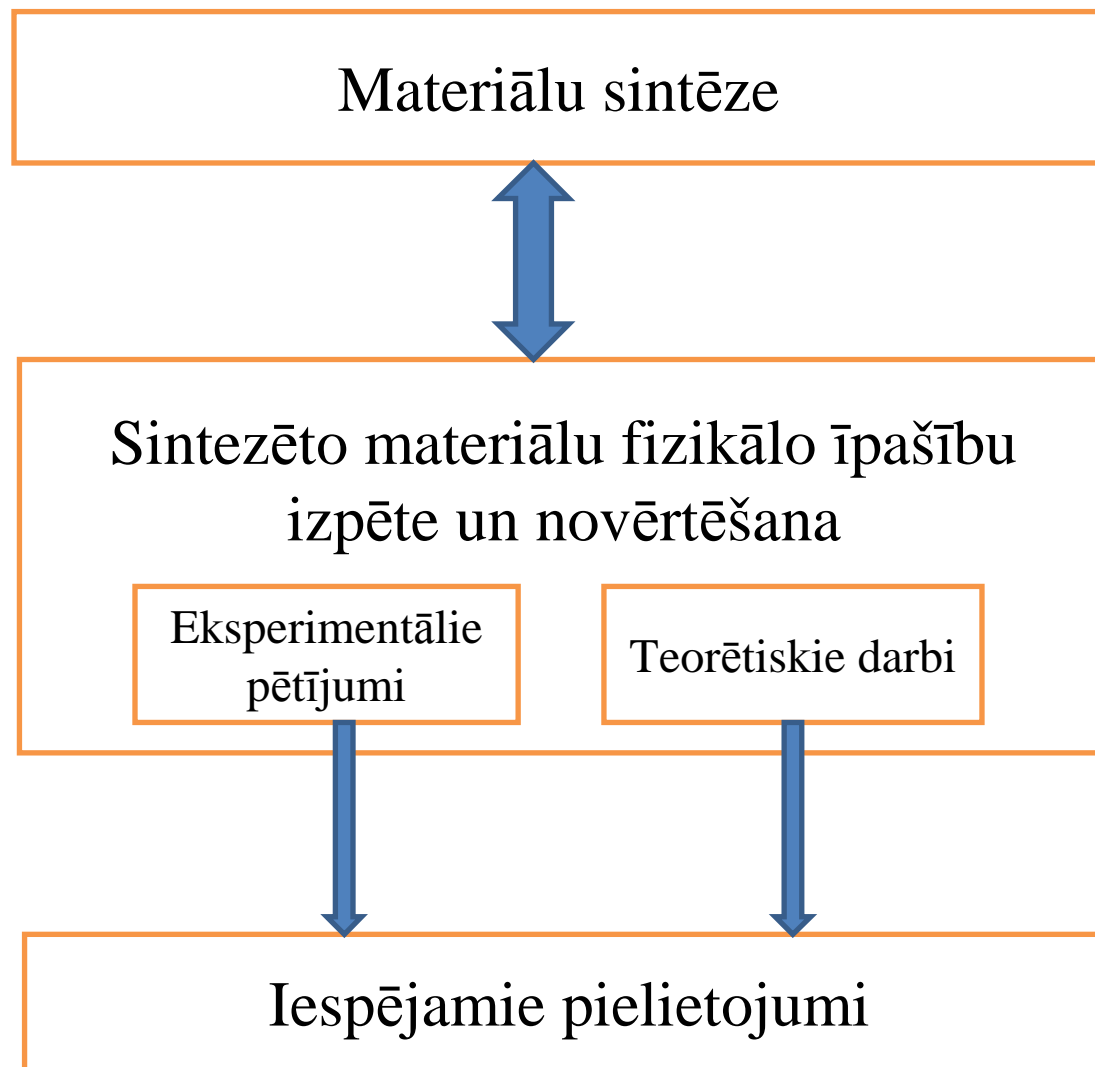


1.6. apakšprojekts
FEI

dr. phys. Gunta Šlihta



Projekta realizācijas shēma



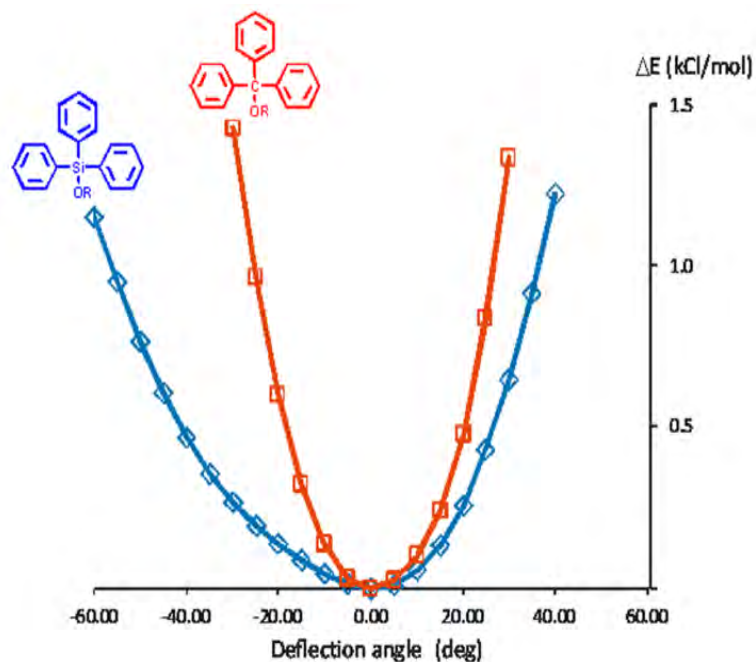
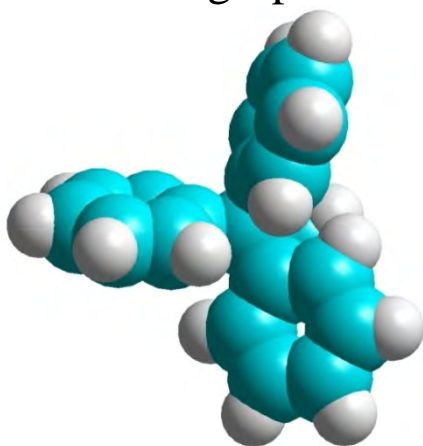
Mazmolekulārie organiskie stikli



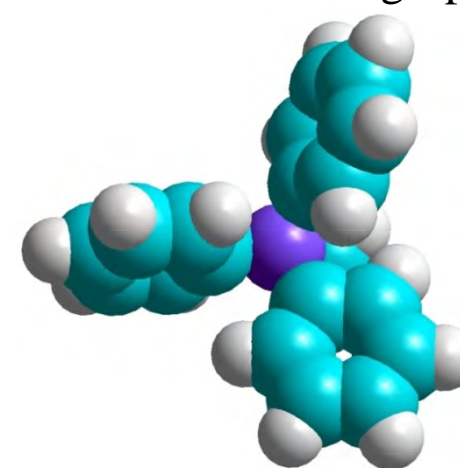
Mērķis: Izveidot fotonikā izmantojamus materiālus uz mazmolekulāro organisko stiklu bāzes

Atklāts jauns oriģināls paņēmiens kā iegūt fotonikā izmantojamus materiālus – mazmolekulāros organiskos stiklus. Tā pamatā tritil- un trifenilsilil- grupu pievienošana aktīvajiem hromoforiem. Saskaņā ar veiktajiem teorētiskajiem un eksperimentālajiem pētījumiem šo grupu klātbūtne veicina amorfās fāzes veidošanos un tās stabilitāti.

Tritil grupa



Trifenilsili grupa



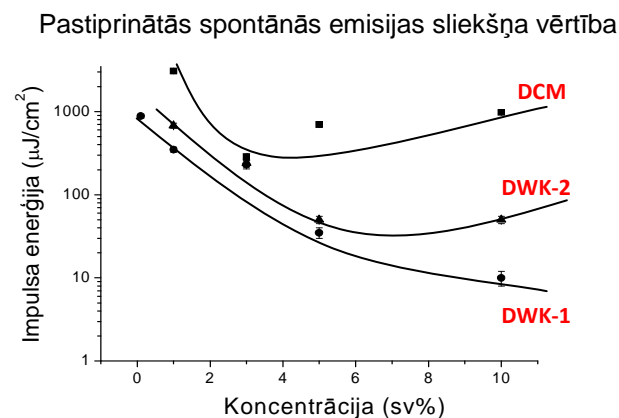
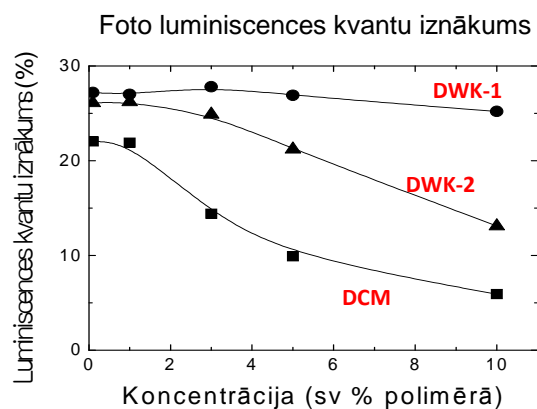
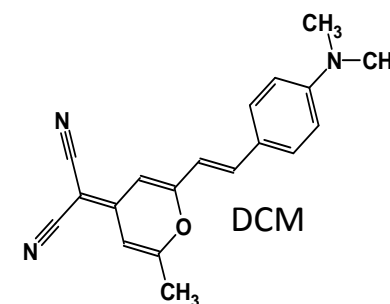
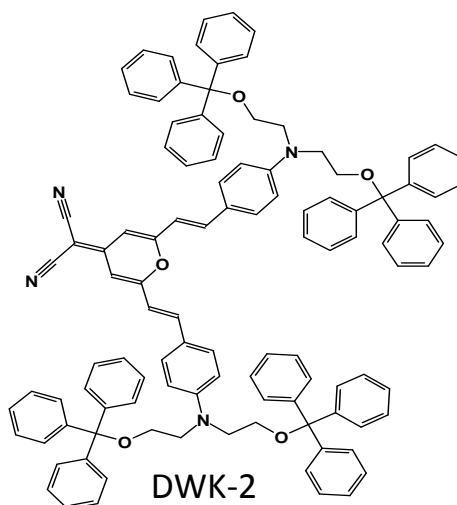
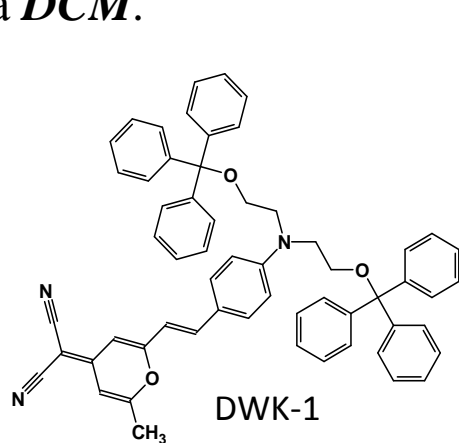
Mazmolekulārie organiskie stikli



Mērķis: Izveidot perspektīvus polimēru krāsvielu lāzeru materiālus

Sintezēto savienojumu **DWK-1** un **DWK-2** foto luminiscences kvantu iznākums ievērojami augstāks nekā plaši izmantotajai krāsvielai **DCM**.

Tādēļ pastiprinātās spontānās emisijas sliekšņa vērtība ievērojami zemāka (10 – 100 reizes) nekā **DCM**.

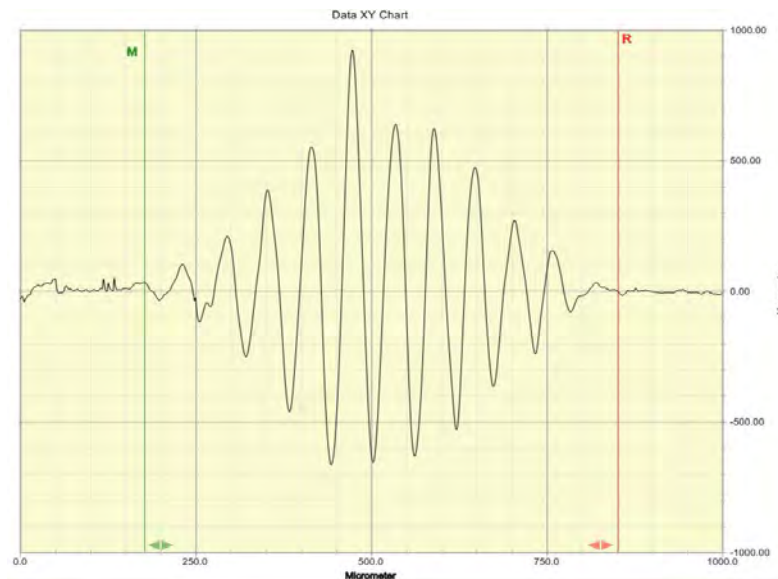


Amorfo materiālu hologrāfiskās īpašības



Mērķis: Izpētīt fotoinducētās masas pārbīdes īpašības

Izpētītas fotoinducētās masas pārbīdes īpašības virsmas reljefa veidošanā ar polarizācijas virziena modulētu gaismas lauku. Process ir ļoti perspektīvs litogrāfijā materiālu virsmas reljefa veidošanā, jo nav vajadzīga materiāla kodināšana kā tas ir tradicionālajā litogrāfijā un virsmas reljefs ir kontrolējams tā veidošanās procesā.



Pirmo reizi molekulārajos stiklos veikts atstarošanas režģu ieraksts ar ļoti mazu režģa periodu 210 nm, kas liecina par augstu šo materiālu telpisko izšķirtspēju un derīgumu hologrāfisko optisko elementu izgatavošanai.

Tiešā ieraksta fotorezists.

Reljefa profils As_2S_3 kārtiņā pēc apstarošanas ar 532 nm lāzera staru, kam modulēts polarizācijas virziens ar periodu $\sim 50 \mu\text{m}$.

Pielietojums: litogrāfijā materiālu virsmas reljefa veidošanā

Elektroluminiscento ierīču izveide



Mērķis: jaunu organisko savienojumu sintēze elektroluminiscento un elektrooptisko ierīču izveidei

Sintezēti un izpētīti glicerīna ēterus saturoši metālu ftalocianīni, uz kuru bāzes varēs veidot efektīvus fluoroforus OLED gaismas emisijas slānim un pārklājumus fotovoltaiško elementu lietderības koeficientu paaugstināšanai. Sintezēti benzantrona molekulārie azoatvasinājumi, uz kuru pamata varēs izstrādāt jaunus materiālus elektroluminiscentām ierīcēm.



Sintezētie organiskie luminofori

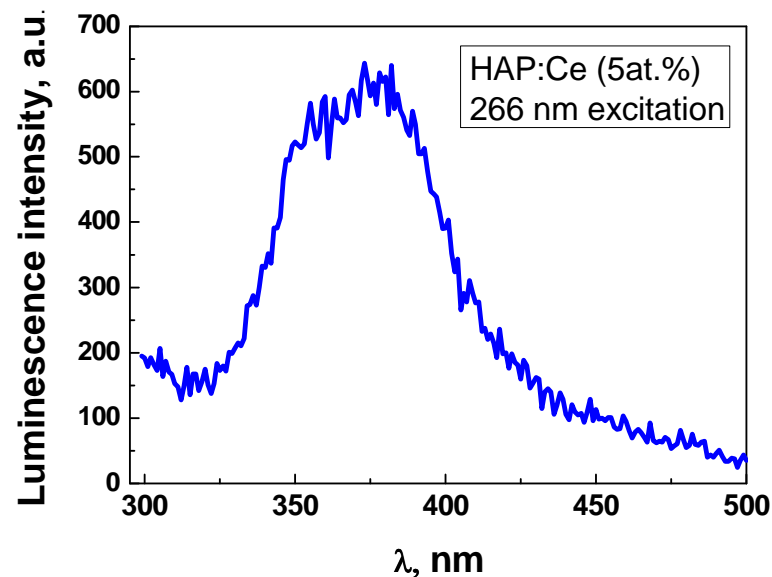
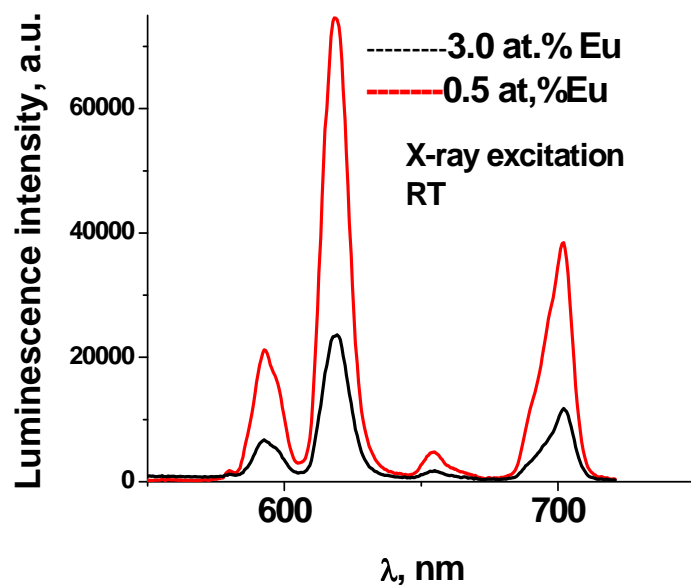
Pielietojums: organiskās gaismas diodes, elektroluminiscentās apgaismes ierīces, fotovoltaišie elementi

Neorganisko materiālu spektroskopija



Mērķis: izpētīt hidroksilapatītu nanopulveru luminiscenci

Hidroksilapatīti $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ (HAp) – biomedicīniski materiāli, nav toksiski, ir biosavietojami implantu materiāli (4.proj. pētījumi)



Ar Eu un Ce aktivētu hidroksilapatītu nanopulveru luminiscences spektri

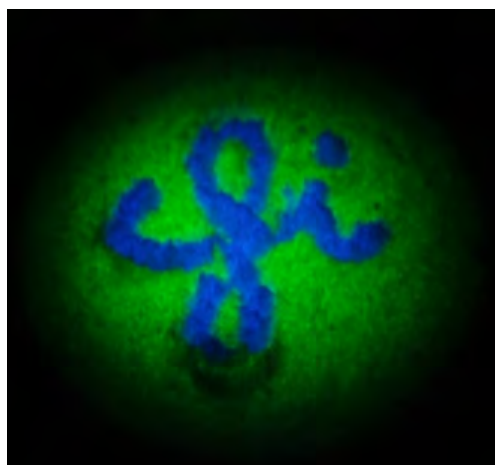
Pielietojums: Luminiscējoši biomarkieri implantu materiālu stāvokļa novērtēšanai *in vivo*

Neorganisko materiālu spektroskopija

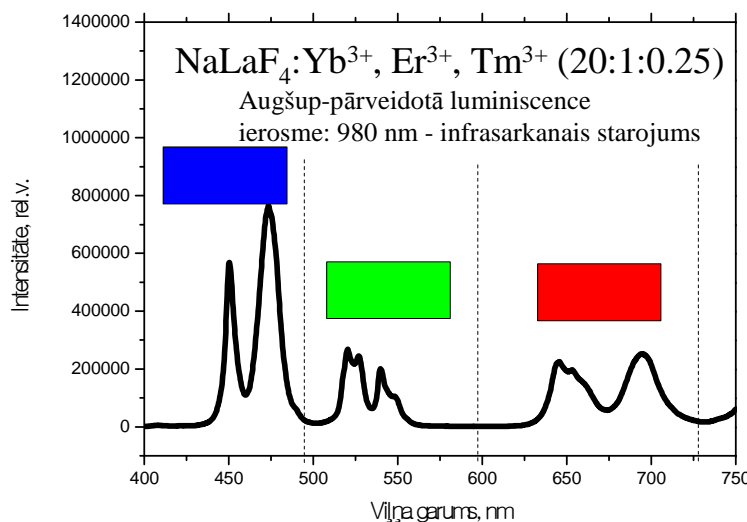


Mērķis: iegūt materiālus ar efektīvu augšup-pārveidotu luminiscenci

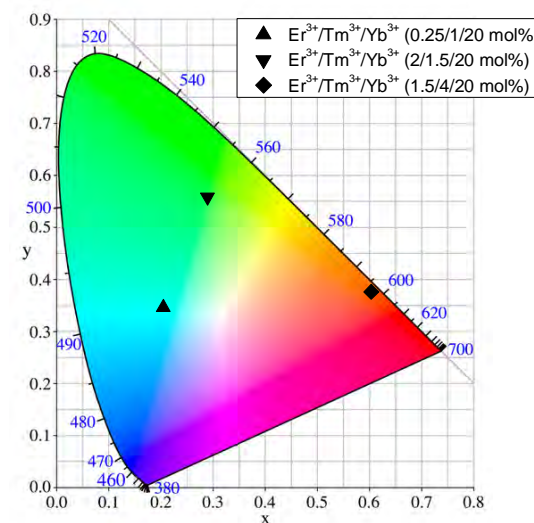
Iegūti intensīvi luminiscējoši, ar retzemju elementiem aktivēti NaLaF_4 materiāli. Izpētītas iespējas izveidot maināmas krāsas luminoforus, izmantojot ar IS starojumu ierosinātus, ar Er, Yb, Tm aktivētus NaLaF_4 materiālus.



Cietvielu fizikas institūta logo veidots no $\text{NaLaF}_4:\text{RE}^{3+}$ ierosināts ar IS starojumu



$\text{NaLaF}_4:\text{Yb}^{3+}, \text{Er}^{3+}, \text{Tm}^{3+}$
ierosināts ar 980 nm



Krāsu diagramma dažādā sastāva $\text{NaLaF}_4:\text{Yb}^{3+}, \text{Er}^{3+}, \text{Tm}^{3+}$ luminiscencei, ierosinot ar 980 nm

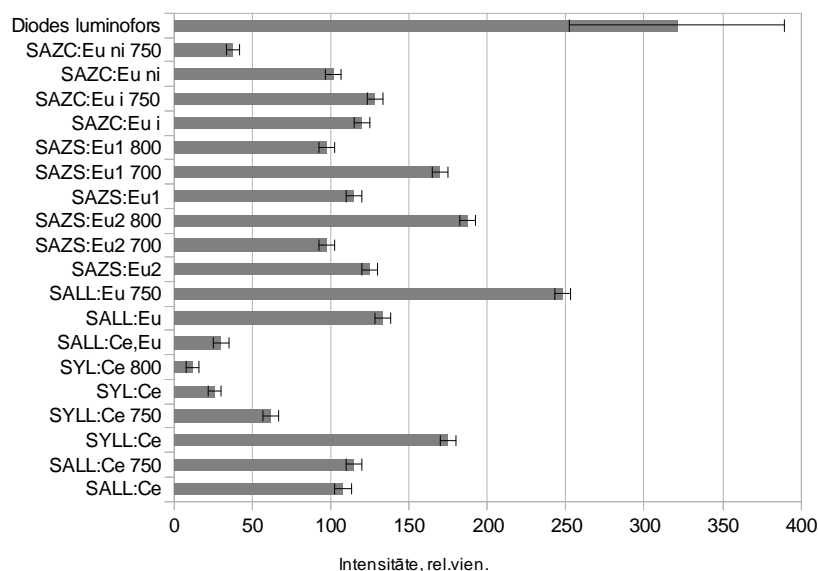
Pielietojums: IS starojuma vizualizatori, maināmas krāsas luminofori, luminiscējošas reklāmas, biomarkieri, ekrāni

Neorganisko materiālu spektroskopija

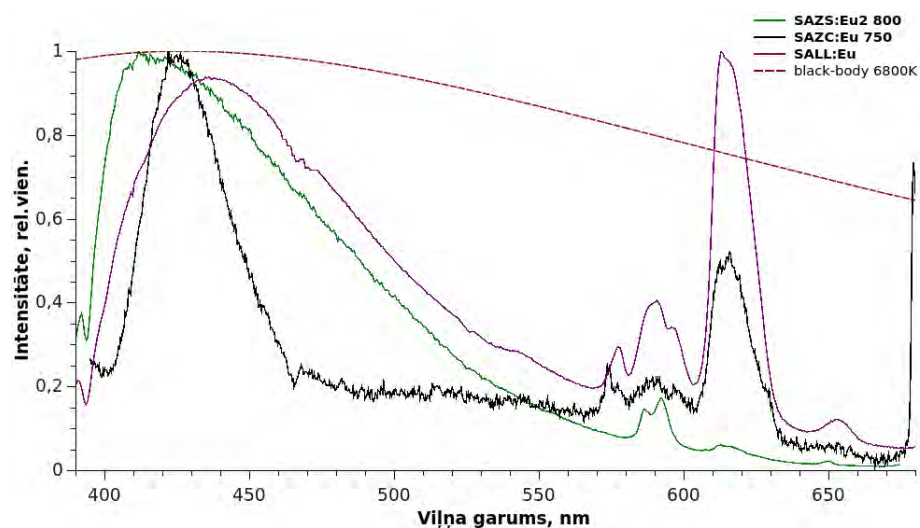


Mērķis: izveidot efektīvu luminoforu baltās gaismas diožu pielietojumiem

Iegūti jauni luminiscējoši materiāli – **oksifluorīdu stiklu keramikas**, kuru fotoluminiscences intensitāte ir salīdzināma ar komerciālajās baltās gaismas diodēs izmantoto luminoforu luminiscences intensitāti



Sintezēto luminoforu intensitātes salīdzinājums ar komerciāli pieejamās baltās gaismas diodes efektivitāti



Dažu oksifluorīdu luminoforu luminiscences spektri, ierosināti ar 340 nm lāzera starojumu, salīdzināti ar absolūti melna ķermeņa starojuma spektru

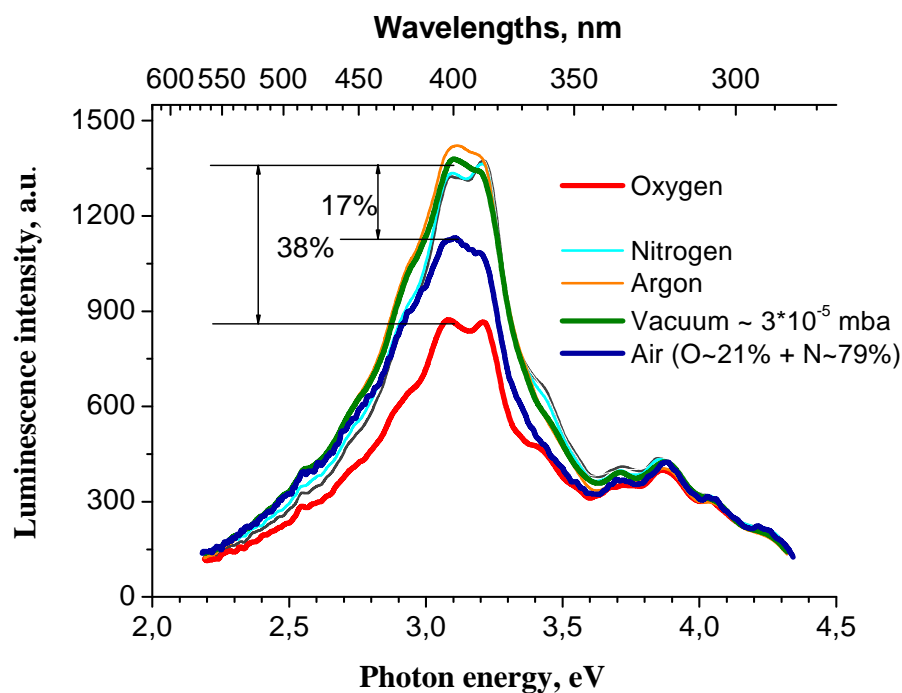
Pielietojums: baltās gaismas luminofori

Neorganisko materiālu spektroskopija



Mērķis: izpētīt heksagonālā bora nitrīda luminiscences īpašības

Izpētīta dažādi strukturēta heksagonālā bora nitrīda (hBN) luminiscence, noskaidrots tās mehānisms un konstatēts, ka intensīvās zilās luminiscences intensitāte ir jutīga pret skābekļa klātbūtni vidē. Pārbaudot hBN luminiscenci slāpekļa, argona un ogļskābās gāzes atmosfērā, šāda jutība netika novērota. Iegūtie rezultāti ļauj ierindot hBN perspektīvo materiālu kopā, kas varētu tikt pielietoti skābekļa detektēšanai.



hBN luminiscences intensitātes atkarība no apkārtējās atmosfēras sastāva.

Pielietojums: materiāls skābekļa sensoriem

Neorganisko materiālu spektroskopija

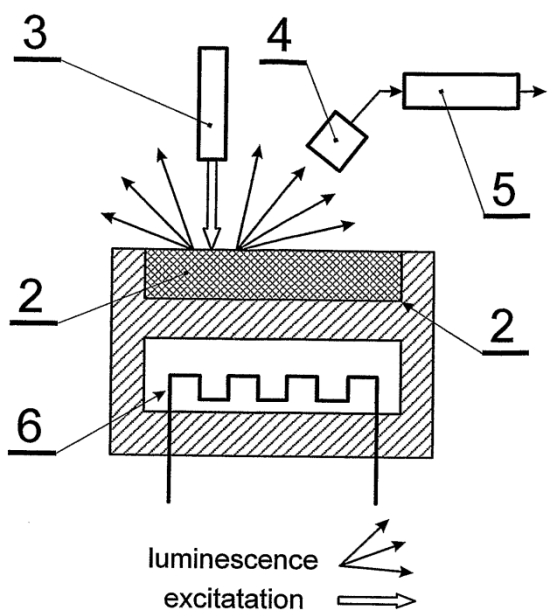


International (WO/2007/027116; 06784042.1-2204, PLA37685605)
and USA patents (US7,888,658 B2) Feb.15, 2011
Zirconium Dioxide Luminescence Oxygen Sensor

J.Fidelus¹, L.Grigorjeva², W.Lojkowski¹, D.Millers², U.Narkiewicz¹, A.Opalinska¹, W.Strek¹

¹ Institute of High Pressure Physics, Polish Academy of Sciences

² Institute of Solid State Physics, University of Latvia



Pielietojums: materiāls skābekļa sensoriem

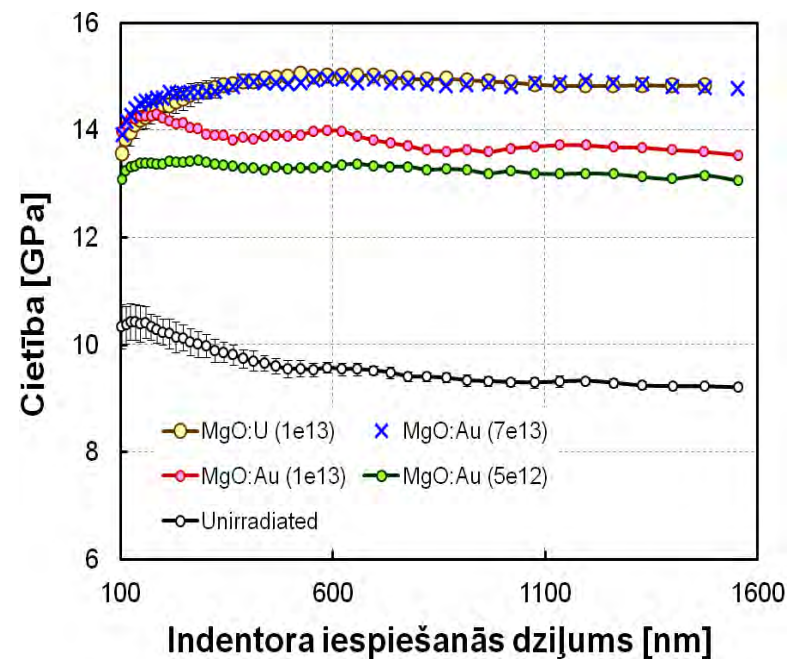
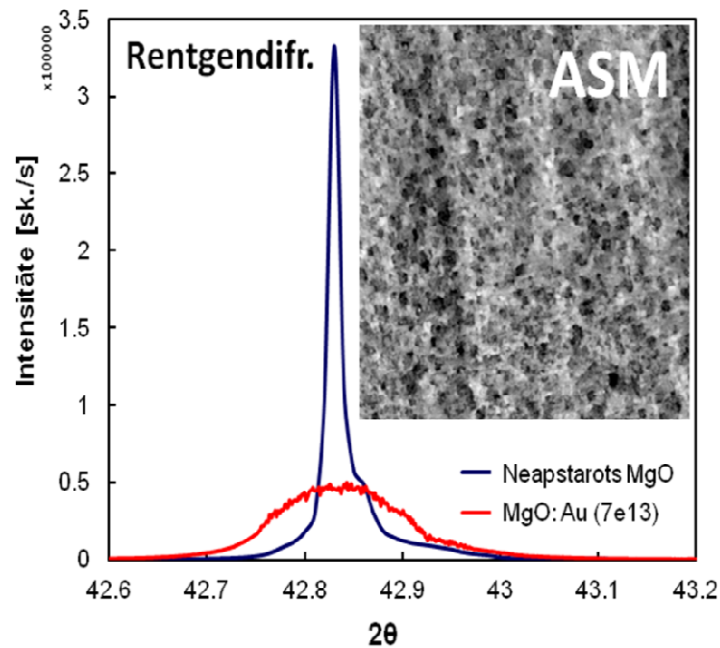


Radiācijas ietekme uz materiāliem



Mērķis: izpētīt polikristāliska grafīta un MgO monokristālu radiācijas izturību

Izpētīts, ka polikristāliska grafīta un MgO monokristālu apstarošana ar joniem palielina to radiācijas izturību, saglabājot vai pat palielinot stiprību un plastiskumu.



Pielietojums: materiāli lietojami radiācijas apstarošanas apstākļos, piemēram, jaunās paaudzes jonu paātrinātāju ierīcēs, kodolreaktoros

Nanooksīdu plāno kārtiņu pētījumi

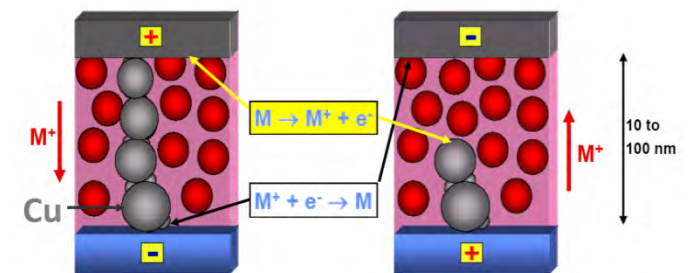
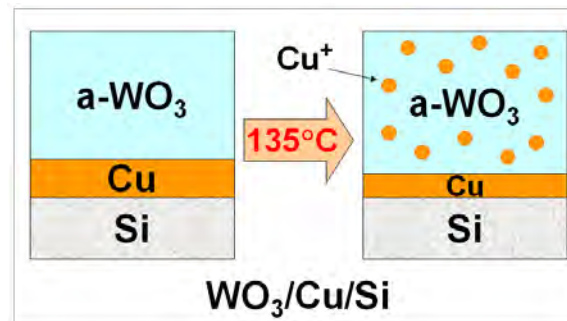
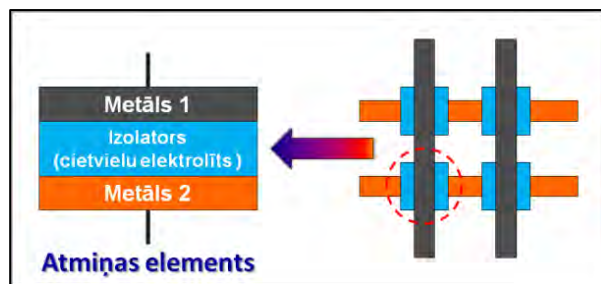
Mērķis: izpētīt Cu-WO₃ sistēmu jonu atmiņas elementiem

Tika izpētīta vara jonu lokālā elektroniskā, atomārā un svārstību struktūra Cu-WO₃ cietvielu plāno kārtiņu elektrolītos jonu tipa atmiņas pielietojumam.

Tika parādīts, ka

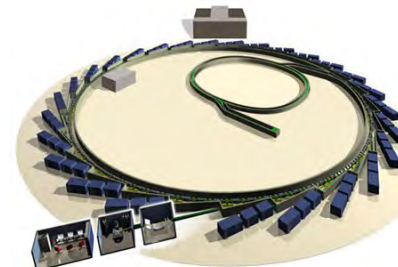
1) sagatavotās WO₃/Cu/WO₃/Si un WO₃/Cu/Si daudzslāņu struktūras satur nano-metālisku varu, kas tiek oksidēts, karsējot pie apm. 135°C; tajā pašā laikā cieto elektrolītu WO₃ slānis būtiski nemainās;

2) vara joni (Cu⁺) ar nelielu jonu izmēru spēj difundēt cauri daudzslāņu struktūrai un tādējādi piedalīties vadošo kanālu veidošanā cietā elektrolīta slānī.



Elektrovadošu kanālu veidošanās cietā elektrolīta slānī.

Pielietojums: jonu tipa atmiņas elementi



Struktūras pētījumos
izmantotas «lielās» iekārtas
- sinhrotrons

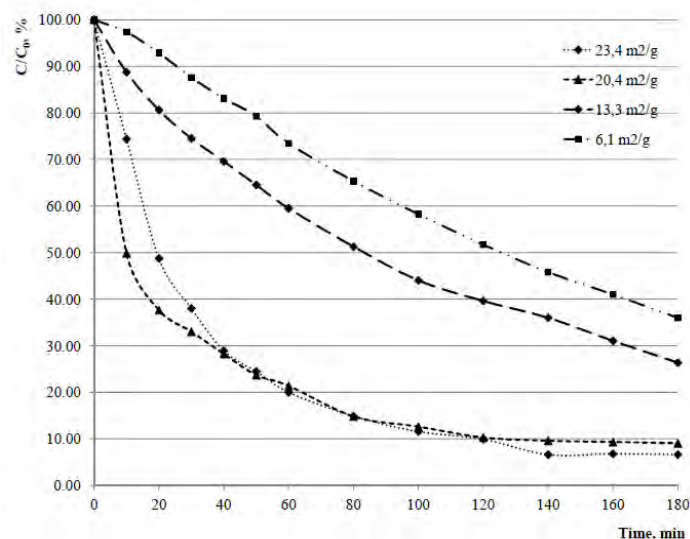
Videi draudzīgi fotokatalizatori



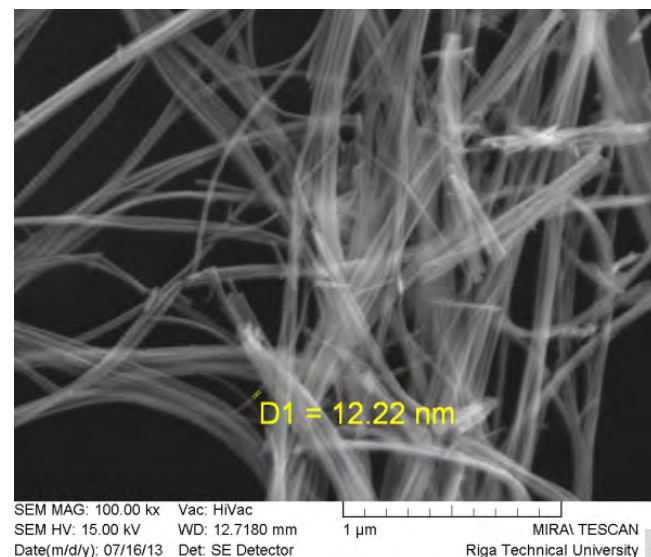
Mērķis: Izveidot materiālus kaitīgu organisko vielu sadalīšanai gaismas ietekmē

Izstrādāti videi draudzīgi, aktivēti $\text{Bi}_2\text{WO}_4/\text{WO}_3$, TiO_2/S , TiO_2/W un ZnO/Ag nanostrukturēti fotokatalizatori ar īpatnējo virsmu līdz pat $40 \text{ m}^2/\text{g}$.

Oksīdu fotokatalizatoru aktivēšana gandrīz divas reizes palielina efektivitāti un nodrošina kaitīgu organisko savienojumu sadalīšanu ūdens vidē starojuma ietekmē.



Metilēnzilā šķīduma sadalīšana atkarībā no Bi_2WO_6 īpatnējās virsmas.



TiO_2 fotokatalizatora diegveida nanodaļiņas

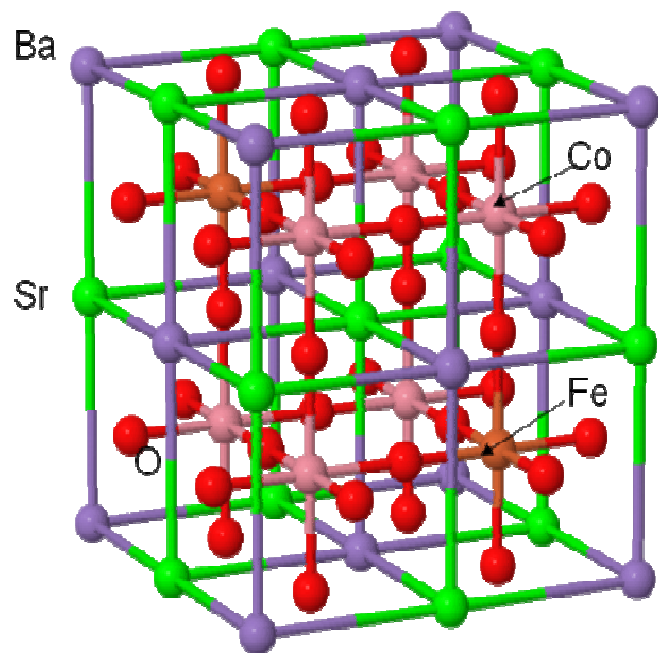
Pielietojums: vides piesārņojuma novēršana, sadalot kaitīgos organiskos savienojumus ūdens vidē starojuma ietekmē

Kompleksie perovskītu materiāli



Mērķis: modelēt BSCF materiāla ($\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{Co}_y\text{Fe}_{1-y}\text{O}_3$) pielietojamību kurināmā elementu šūnu membrānās

Kompleksie perovskītu materiāli tiek izstrādāti pielietojumiem gan enerģētikā (kā kurināmā elementi ķīmiskās enerģijas pārveidošanai elektroenerģijā) gan ogļskābās gāzes emisijas samazināšanai atmosfērā no termoelektrocetrālēm (kā membrānas CO_2 uzsūkšanai).



Atrasts, ka skābekļa vakanču veidošanās enerģijas BSCF materiālā ir ievērojami mazākas nekā citos ABO_3 magnētiskos perovskītos, kas izskaidro šī materiāla membrānu augsto efektivitāti.

Šie materiāli eksistē kā kubiskā, tā arī heksagonālā fāzē, no kurām pielietojumos visefektīvākā ir kubiskā fāze, bet ne heksagonālā.

Pielietojums: kurināmā elementu membrānas

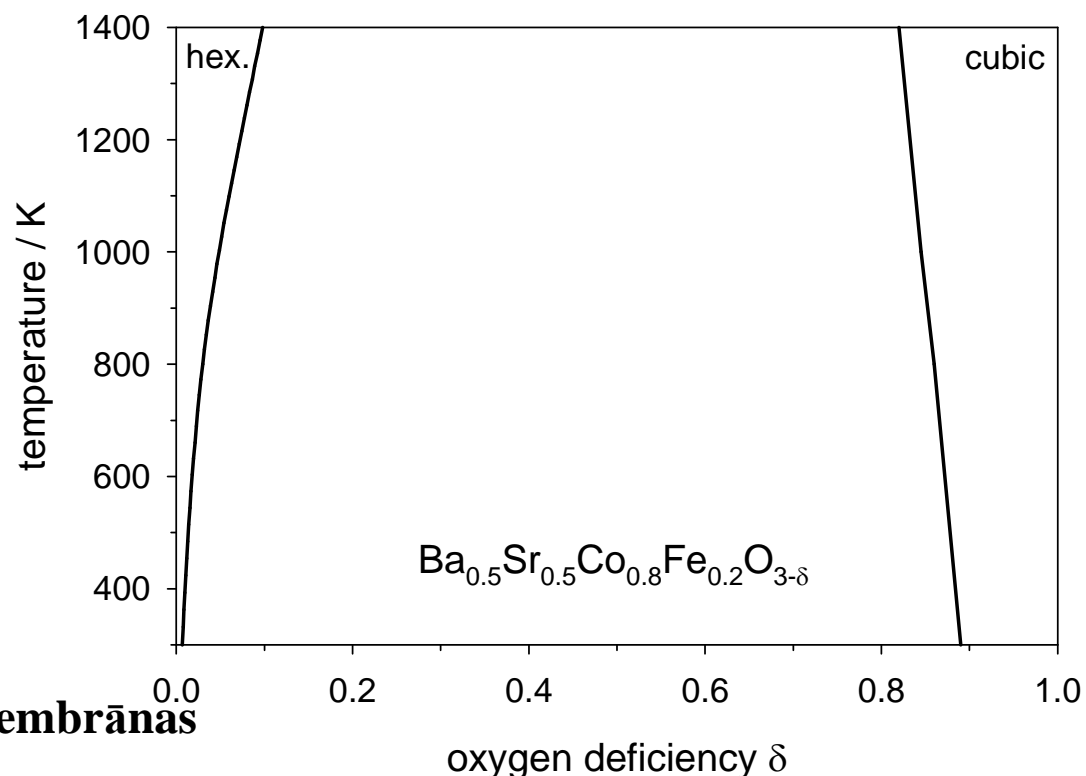
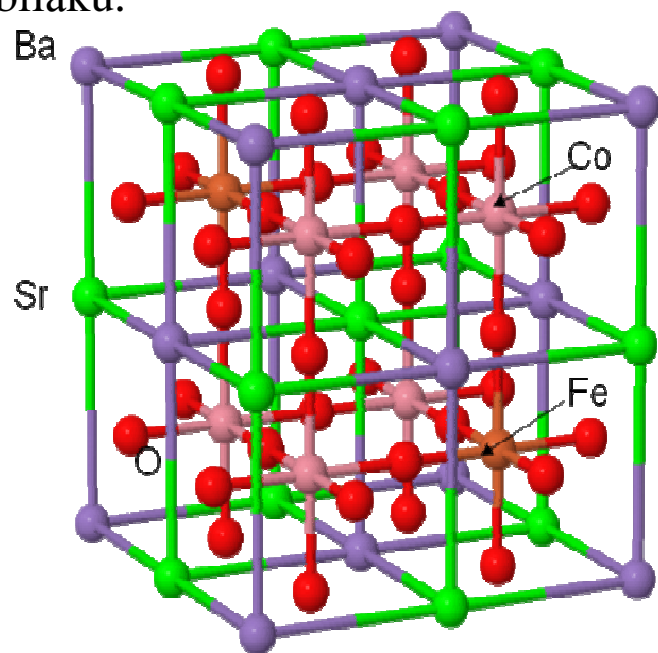
Kompleksie perovskītu materiāli



Mērķis: modelēt BSCF materiāla ($\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{Co}_y\text{Fe}_{1-y}\text{O}_3$) pielietojamību kurināmo elementu šūnu membrānās

Atrasti nosacījumi (temperatūra, materiālu ķīmiskais sastāvs (Co/Fe attiecība), defektu koncentrācija), pie kādiem eksistē katra no šīm fāzēm.

Ir parādīts teorētiski, ka visefektīvākie ir materiāli ar sekojošu sastāvu: 50% Ba, 50% Sr, 80% Co, 20% Fe un ar augstu skābekļa vakanču koncentrāciju ($V_{\text{O}} > 20\%$), kas padara kubisko fāzi stabilāku.



Pielietojums: kurināmā elementu membrānās

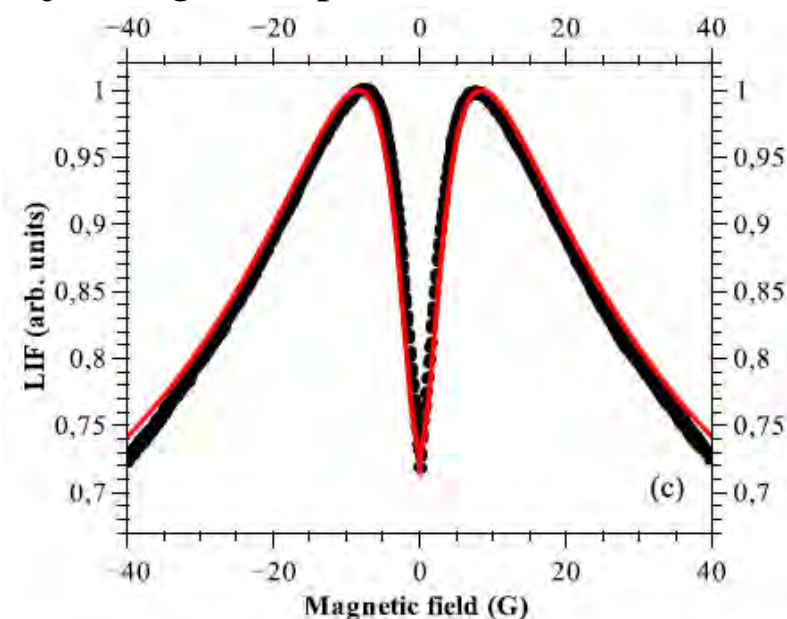
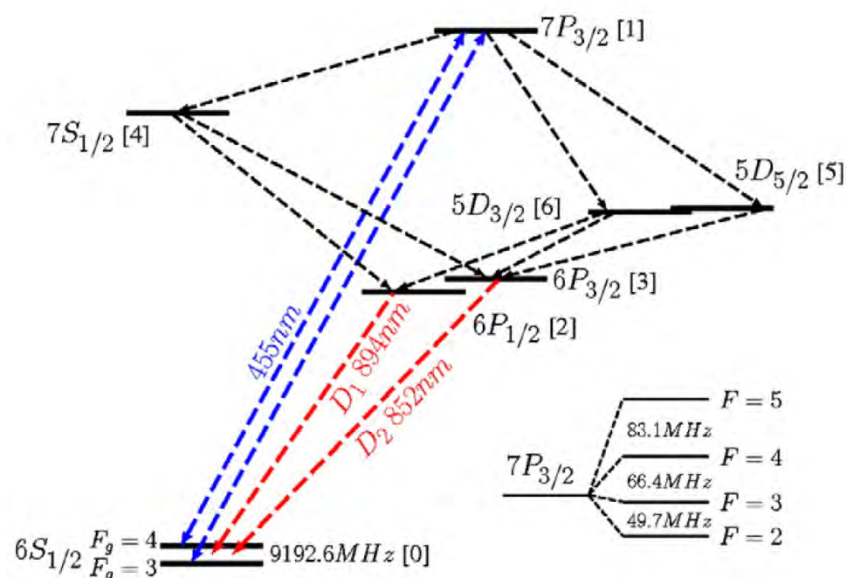
Koherento signālu procesu mērījumi



Mērķis: izstrādāt modeli magneto-optiskās rezonances aprakstam

Izstrādāts precīzs modelis, kas ir spējīgs magneto-optiskās rezonances aprakstīt ar eksperimenta precizitāti.

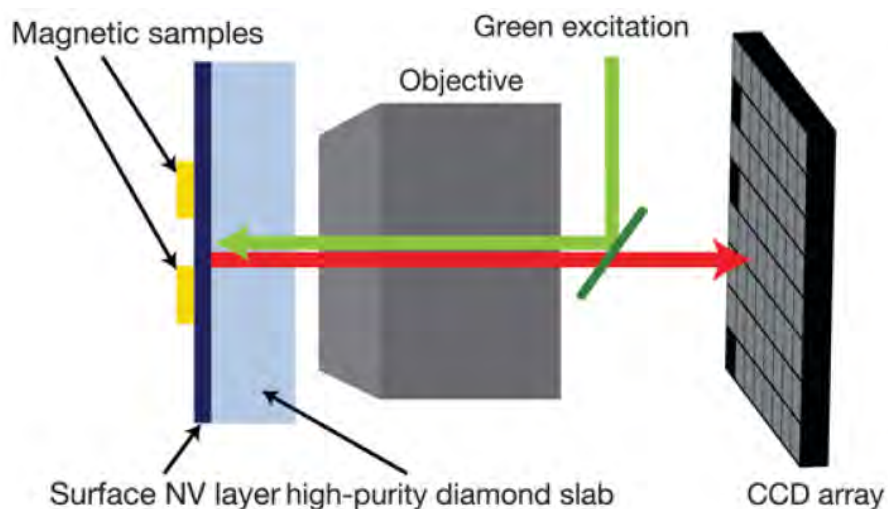
Rezultātā tika iegūta detalizēta izpratne par to, kā veidojas magneto-optiskās rezonances un kādi procesi ietekmē to īpašības.



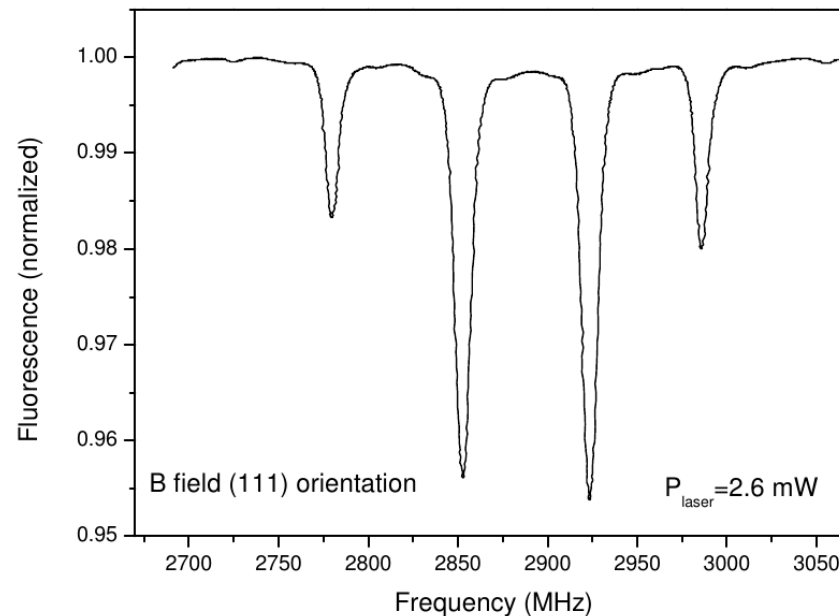
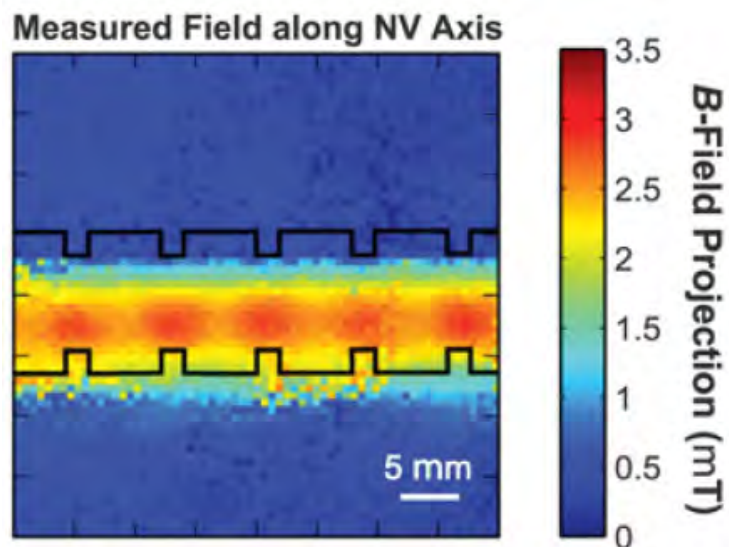
Magneto-optiskā rezonanse ar salikto struktūru. Melnie punkti ir eksperimentālie novērojumi, sarkanā līkne – teorija.

Pielietojums: magnētiskā lauka mērīšana, optiskā informācijas uzkrāšana, šaurjoslu optisko filtru izstrāde, atomu pulksteņi

NV centri dimantos



Pirmie rezultāti ar NV centriem:
fluorescences signāls atkarībā no
mikroviļņu frekvences.



Pielietojums: magnētiskā lauka mērīšana

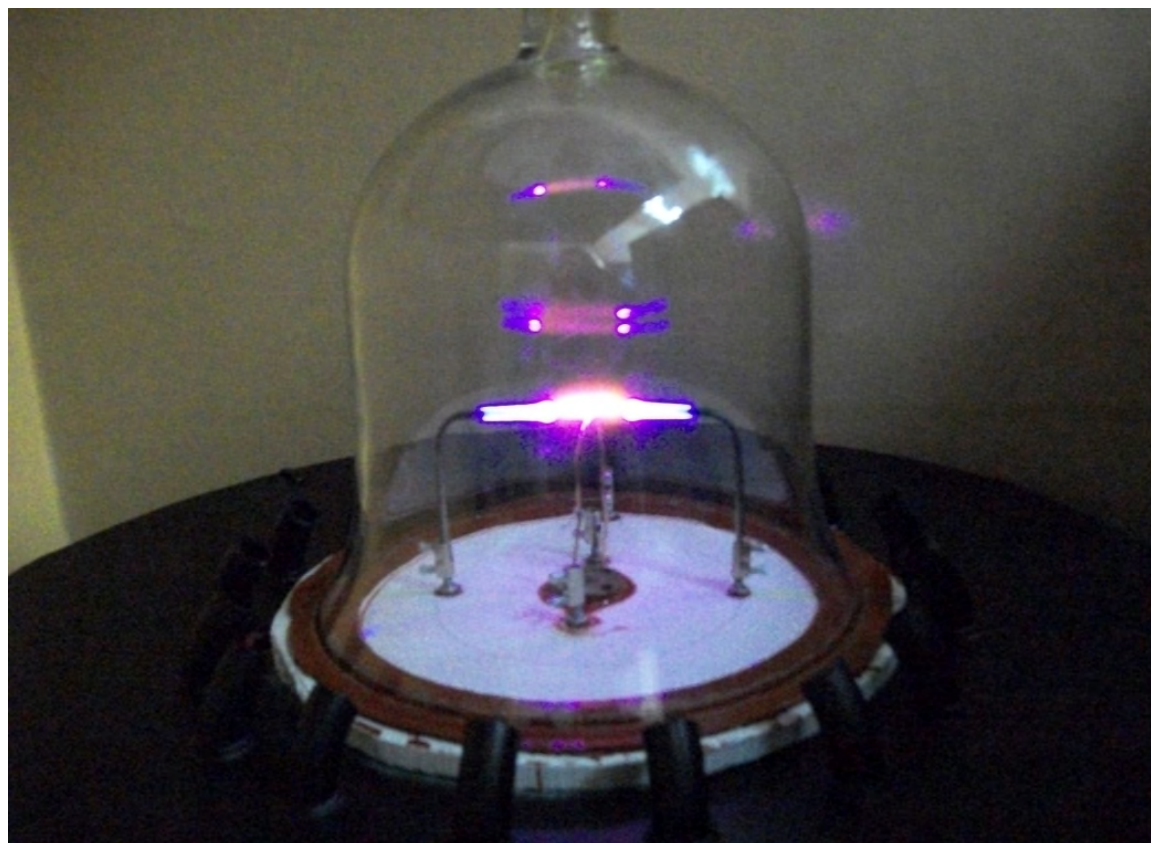
Dimantu kārtiņu sintēze



Izveidotas 2 sintēzes iekārtu modifikācijas un veikti sintēzes eksperimenti ar tām.

Konstatēts, ka nepieciešams ilgs laiks, lai iegūtu paraugus.

Nākošais solis ir palielināt iekārtas jaudu un reakcijas gāzu spiedienu.



Rezultatīvie rādītāji

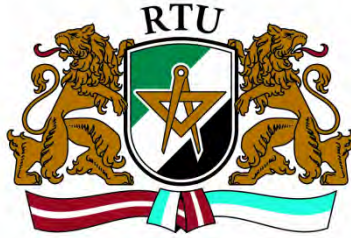


Zinātniskie raksti	Vairāk nekā 100
Konferenču tēzes	Vairāk nekā 250
Patenti	3
Promocijas darbi	6
Maģistra darbi	10

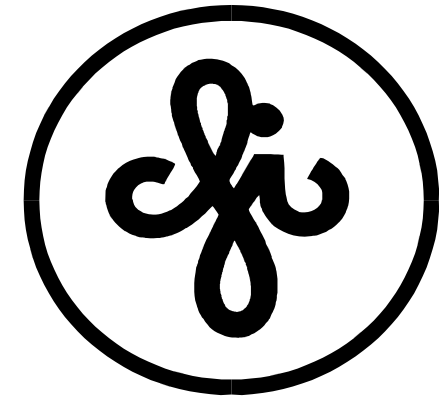
Nākotnes ieceres



- Mazmolekulāro organisko savienojumu ar uzlabotiem parametriem mērķtiecīga sintēze:
 - nelineāriem optiskiem elementiem,
 - polimēru krāsvielu lāzeriem,
 - hologrāfiskā ieraksta uzlabošanai;
- Dimantu sintēzes iekārtas pilnveidošana un dimantu struktūru pielietojamības izpēte nanomēroga ārējo iedarbību detektēšanai, piemēram, magnētiskā lauka mērīšanai;
- Ar retzemju elementiem aktivētu hidroksilapatītu sintēze un iespēju izpēte to luminiscences izmantošanai implantu materiālu stāvokļa novērtēšanai *in vivo*;
- Efektīvu infrasarkanā starojuma vizualizatoru izveide dokumentu aizsardzības pielietojumiem.



Paldies par uzmanību!



Projekts Nr. 1

„Daudzfunkcionālie materiāli starojumu enerģijas konvertēšanai, informācijas ierakstam, uzglabāšanai, pārnesei un pārveidošanai, un to efektīviem pielietojumiem augsto tehnoloģiju ierīcēs”