

Projekts Nr.1 "Perspektīvie neorganiskie materiāli fotonikai un enerģētikai"

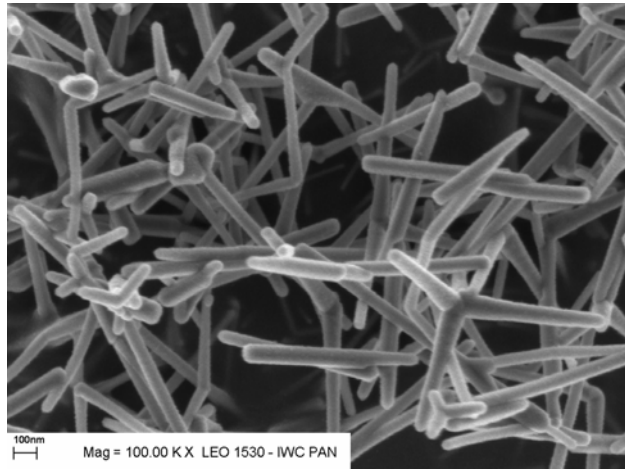
Mērķis: Izstrādāt jaunus un uzlabot esošos neorganiskos materiālus modernajiem fotonikas un nanotehnoloģiju pielietojumiem, kā arī pilnveidot šo materiālu izstrādes un kontroles tehniku.

Šajā etapā: 13 darba uzdevumi. Galvenie virzieni:

1. Nanostrukturēto oksīdu materiālu pētījumi izmantojumiem scintilatoros, sensoros, luminoforos, lāzerstarojuma pastiprināšanai (2 darba grupas: Grigorjeva, Bērziņa)
2. Litija-daudvērtīgo metālu fosfātu savienojumu iegūšana un to izpēte cieto elektrolītu un gāzu sensoru iegūšanai. Ūdeņraža akumulācijas iespēju cietā vielā pētījumi (1 darba grupa: J.Kleperis)
3. Platas aizliegtās zonas stiklveida materiāli un to pielietojumi (2 grupas: Skuja, Truhins)
4. Pusvadītāju virsmas elektrisko lauku kartēšana lietojot atomu | lāzerspektroskopijas metodes (1 grupa, LU FMF AS un Lāzeru centrs: R. Ferbers)
5. Fotoinducētā reljefa veidošanās amorfos pusvadītājos, izmantojama hologrāfiskos ierakstos (1 darba grupa: J. Teteris)
6. Attīstīt pētījumu metodiku un eksperimentālo tehniku (visas grupas)

Nanostrukturēti oksīdi scintilatoru pielietojumiem: ZnO

Veikta nanostrukturēto materiālu (ar nanokristālu izmēru zem 100 nm) fundamentālo īpašību izpēti lietojot luminescento metodiku. Pētāmie materiāli ir dažādi oksīdi (ZnO , ZrO_2 , YAG:Ce , CaWO_4)



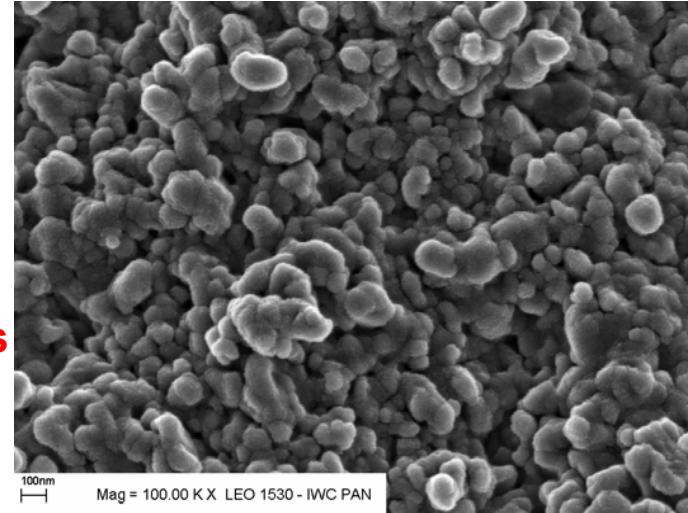
legūtas un pētītas dažādas ZnO nanostrukturās:



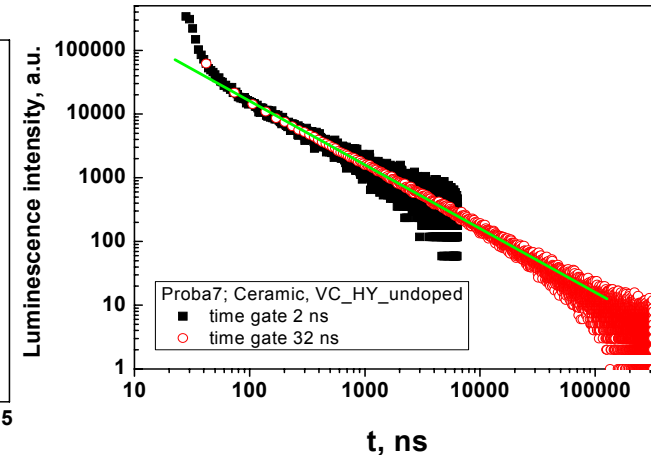
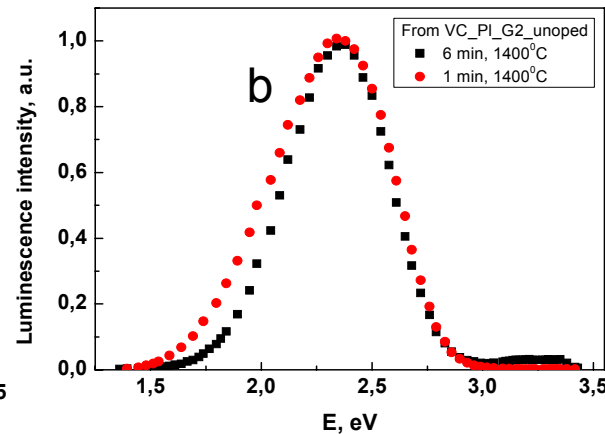
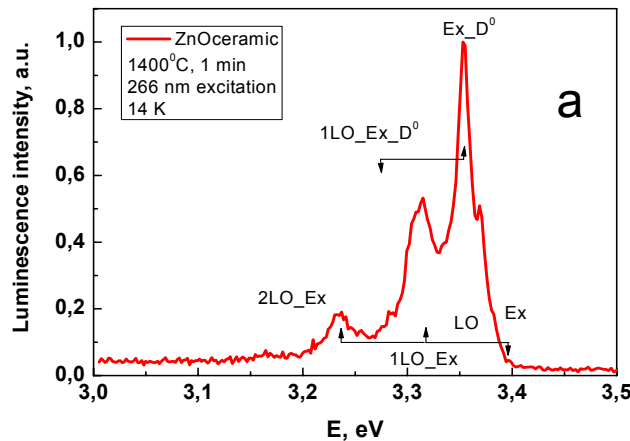
Pulveri



Keramikas



Attīstīta metodika luminescences pētīšanai pie zemām temperatūrām $>10\text{K}$ ar nanosekunžu laika izšķiršanu

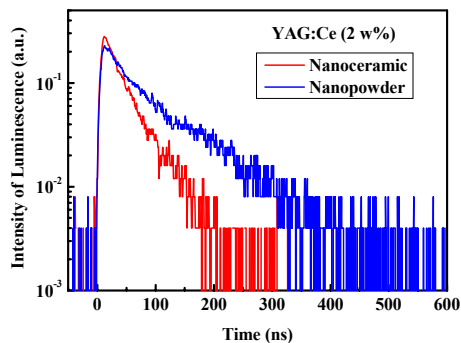


ZnO keramikas luminescences spektri pie 14 K (a) un 300K (b)

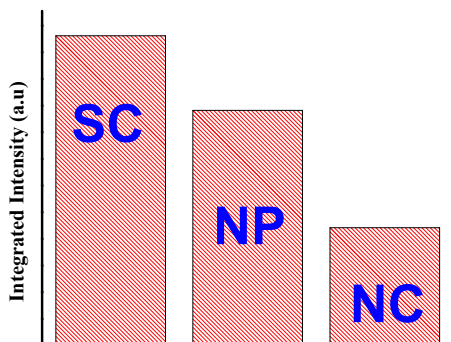
ZnO keramikas 2.3 eV luminescences dzišanas kinētika

Nanostrukturēti oksīdi scintilatoru pielietojumiem: ZrO₂ un YAG

Pētīta ar Ce³⁺ saistītā luminiscence YAG
Nanopulveros (NP) un Nanokeramikās (NC)



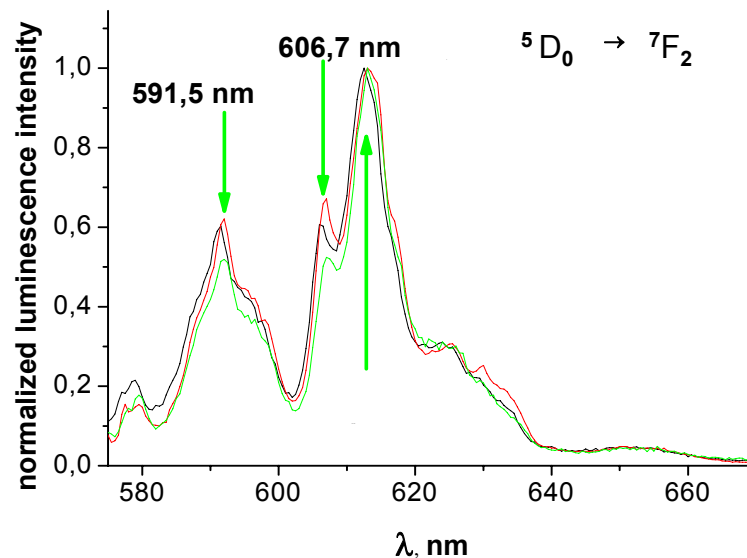
Salīdzinātas luminiscences
dzišanas kinētikas NP un NC



Luminiscences kvantu iznākuma salīdzināšana YAG kristālā (SC), NP un NC. Kvantu iznākuma samazināšanās NC saistīta ar luminiscences dzīves laika saīsināšanos.

ZrO₂ nanopulveru luminiscento īpašību pētījumi.

Pētīta luminiscence, kura saistīta ar ZrO₂ defektiem skābekļa apakšrežģī. Luminiscences spektrāli-kinētiskie pētījumi veikti dažādiem neaktivētiem un ar Eu³⁺ aktivētiem nanopulveriem

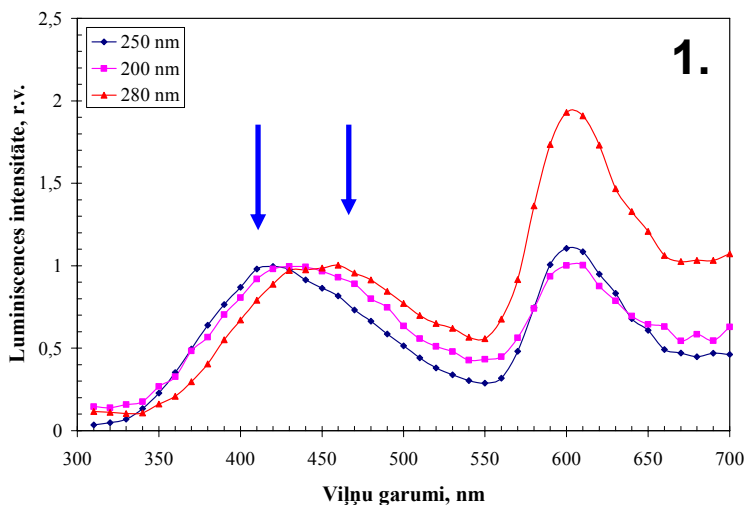


$^5D_0 \rightarrow ^7F_2$ josla sašķējas divās apakšjoslās kuras ir saistīts ar divām dažādām Eu³⁺ jona pozīcijām. Josla pie 606.7 nm ZrO₂ ir saistīta ar Eu³⁺ pie skābekļa vakances.

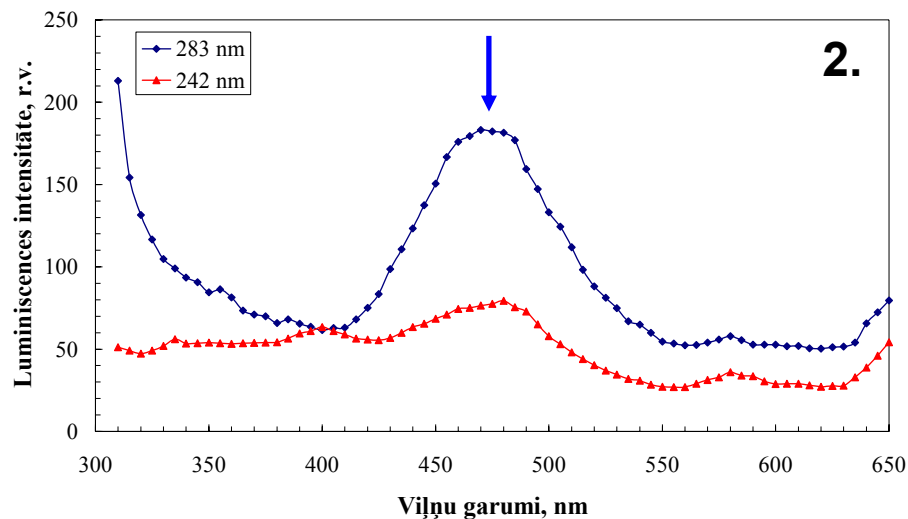
Luminiscences pētījumi AlN un līdzīgu savienojumu nanomateriālos un to salīdzinājums ar attiecīgu makromateriālu īpašībām

AlN keramikas (1.) un nanopulvera (2.) fotoluminiscences spektri pie dažādiem ierosinošās gaismas viļņu garumiem, RT

Keramika



Nanopulveris



Ir atrasts, kas AlN nanopulverī fotoluminiscencē noteicošā ir **480 nm** josla, kas varētu būt saistīta ar virsmas defektiem, un kas padara šo materiālu perspektīvu izmantošanai UV starojuma detektoriem.

Nanopulveris sintezēts RTU NĶI (prof. J.Grabis), graudu izmēri: (20 – 80) nm

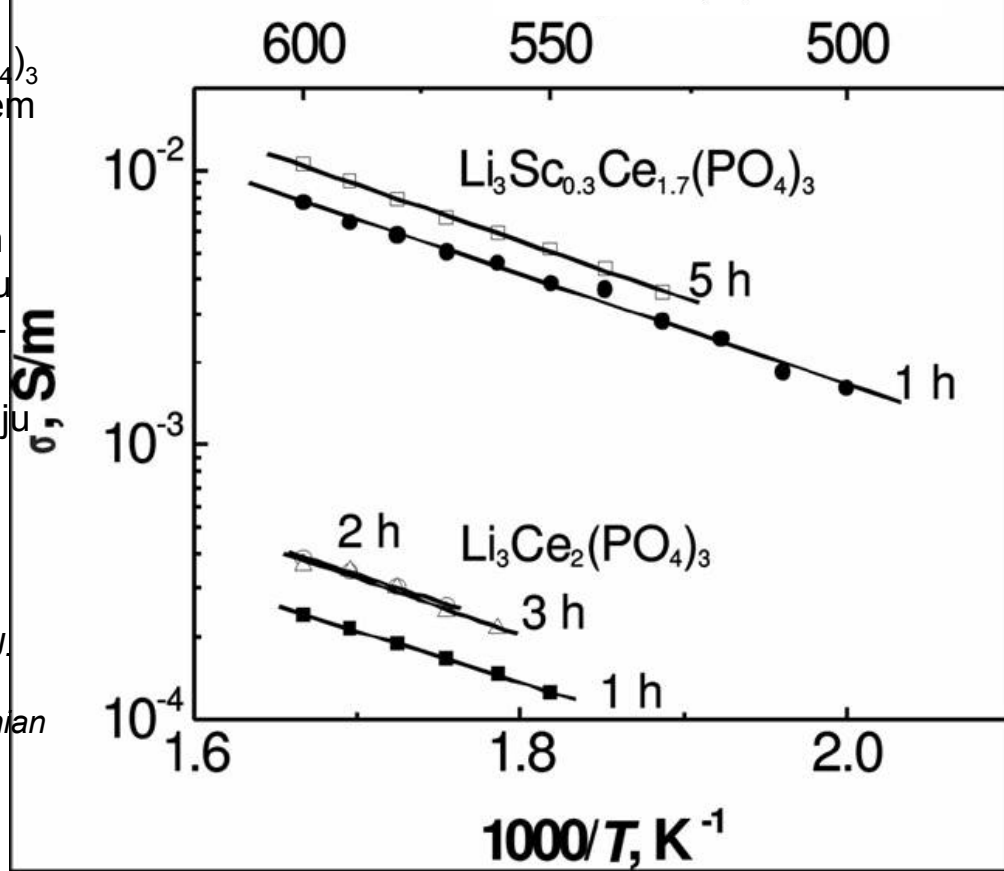
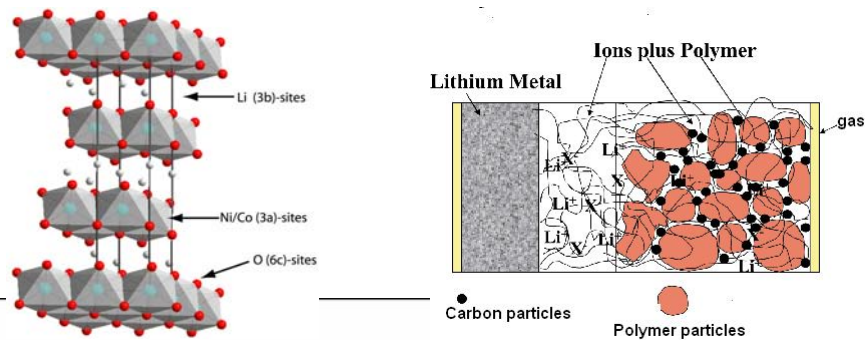
Nanomateriālu, kompozītu un keramikas izstrāde elektrodu, cieto elektrolītu materiāliem jauniem enerģētiski ietilpīgiem strāvas avotiem ūdeņraža enerģētikai un gāzu sensoriem

Uzdevums: Sintezēt savienojumus $\text{Li}_{1+x}\text{Sc}_x\text{Ce}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$, $\text{Li}_{1+x+y}\text{Sc}_x\text{Y}_y(\text{PO}_4)_3$ un izpētīt to struktūru un stabilitāti; izpētīt iegūto litija – daudzvērtīgo metālu fosfātu savienojumu jonu vadītspēju, izmantojot bezkontakta metodi ar nolūku noskaidrot iespēju pielietot cietos elektrolītus kā aktīvos elementus gāzu sensoros.

Rezultāti: Sintezēti jauni NASICON-a tipa litija-daudzvērtīgo metālu fosfāti sistēmās $\text{Li}_{1+x}\text{Sc}_x\text{Ce}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$, $\text{Li}_{1+x+y}\text{Sc}_x\text{Y}_y(\text{PO}_4)_3$, noteikts, ka iegūtiem savienojumiem ir monoklīna simetrija (telpiskā grupa $P2_1/n$), tie ir termiski stabili līdz 1200°C ; atrasts, ka labākā Li^+ jonu vadītspēja $\sigma_b = 0,18$ (300K), $\sigma_t = 0,45$ (450K) $\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$ un 92,2% blīvums no teorētiski iespējamā iegūts 1 stundu karsētam paraugam. Tiek veidota iekārta iegūto litija – daudzvērtīgo metālu fosfātu savienojumu vadītspējas pētījumiem dažādās atmosfērās, lai noskaidrotu iespēju tos pielietot skābekļa un CO_2 gāzes sensoros.

Iznākums:

- dalība 2 konferencēs (8 ISSFIT, 2007, Vilnius; FM&NT'07 Riga);
- divas publikācijas: A.Dindune, T.Salkus, A.Kezionis, et al, *J. Phys. Condens. Matter.* v.19, 106204-1-11, 2007; A.Dindune, E.Kazakevičius, Z.Kaņepe, J.Ronis, A.F.Orliukas et al, *Lithuanian J. Phys.*, v.47, N.3, pp.315-319, 2007.



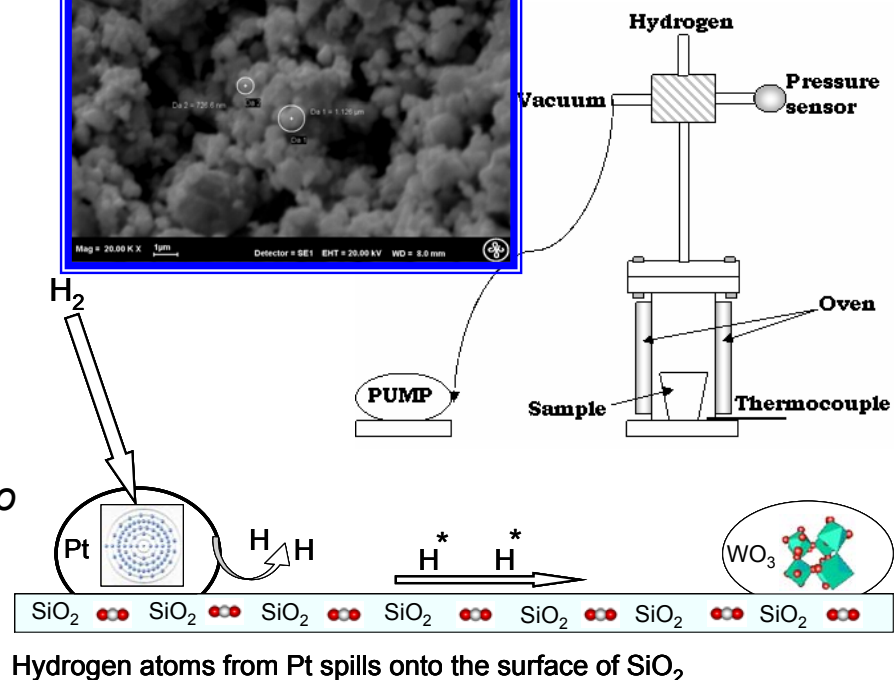
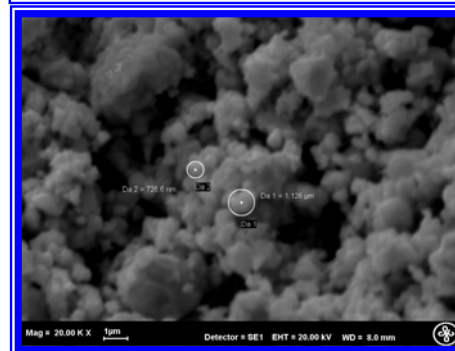
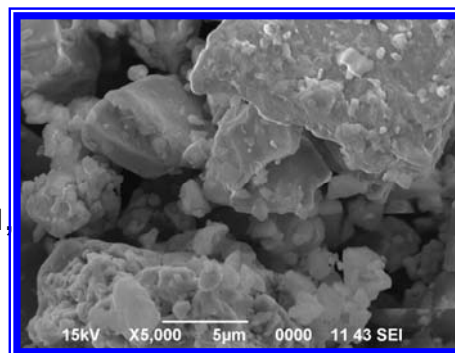
Nanomateriālu, kompozītu un keramikas izstrāde ūdeņraža enerģētikai

4. posma (2007.g.) 2. uzdevums: Izpētīt ūdeņraža pārtecēšanas efekta pielietojuma iespēju speciāla rezervuāra ūdeņraža uzglabāšanai cietā vielā konstruēšanai, kur rezervuāra iekšējā virsma pārklāta ar katalizatora slāni, bet rezervuārs piepildīts ar vieglu, porainu materiālu (SiO_2 , Al_2O_3 , ogles nanodaļiņas).

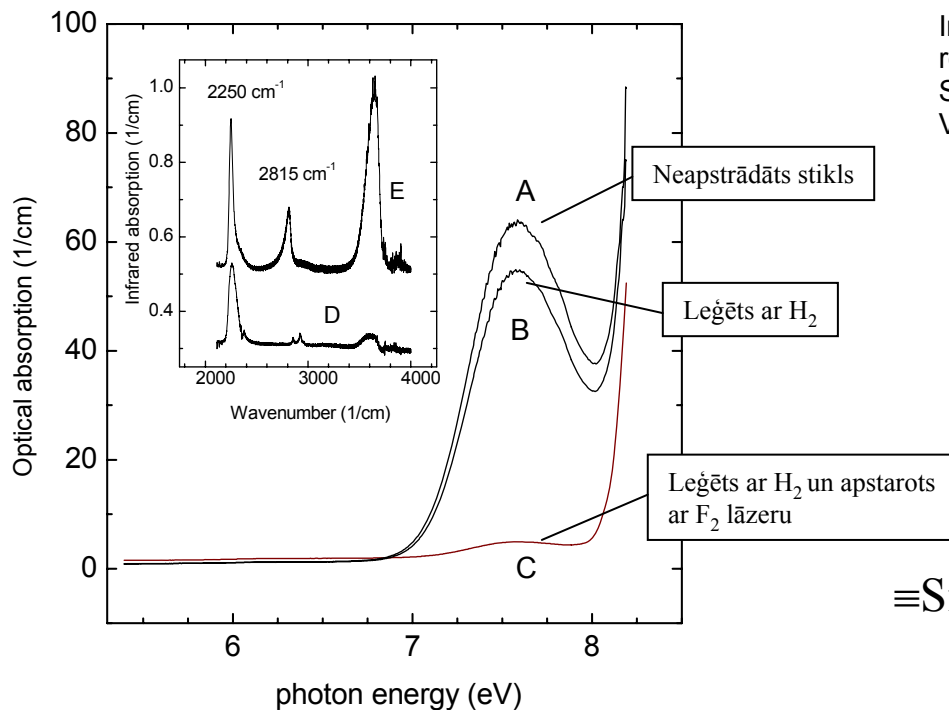
Rezultāti: Izpētīts ūdeņraža pārtecēšanas efekts (spillover) jauna tipa kompozītā – lodīšu dzirnavās samalta borsilikāta stikla un AB_5 metālhidrīda savienojumā. Izveidots prototips rezervuāram ūdeņraža uzglabāšanai cietā vielā, kur rezervuāra iekšējā virsma pārklāta ar katalizatora slāni, bet rezervuārs piepildīts ar vieglu, porainu materiālu (smalki samalts SiO_2). Tiek pilnveidota iekārta ūdeņraža sorbcijas – desorbcijas eksperimentiem, integrējot sistēmā augstvakuumu sūkni.

Iznākums:

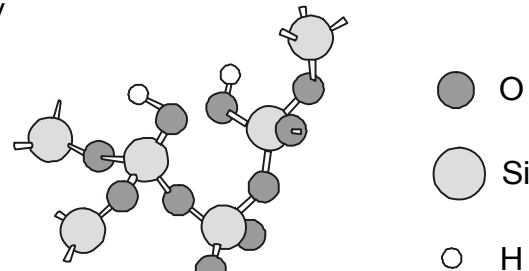
- Dalība 3 konferencēs (*ISSFIT, 2007, Vilnius; FM&NT`07 Riga; NORSTORE`2007, Sigulda*);
- Publikācija: L. Grinberga, J. Kleperis, Submitted to *Journal of Physics: Conference Series, 2007*.
- Pabeigts un aizstāvēts promocijas darbs: Līga Grīnberga, *Jauni kompozītmateriāli ūdeņraža uzkrāšanai*.



Sintētiskais SiO₂ stikls kā optiskais materiāls vakuuma ultravioletajā spektra daļā: silīcija hidrīdgrupu optiskās īpašības.



Incorporation of SiOH bonds:
reduced network strain,
SiOH sites vulnerable to
VUV



Vakuuma ultravioletās absorbcijas šķērsriezums $\equiv\text{Si}-\text{H}$ grupām $\sigma_{\text{VUV}} < 4 \times 10^{-21} \text{ cm}^2$ pie 7.9 eV (fluora lāzera) fotonu enerģijas.

Secinājumi: ar ūdeņradi leģētiem nestehiometriskiem kvarca stikliem var panākt augstu caurspīdīgumu vakuuma UV apgabalā.

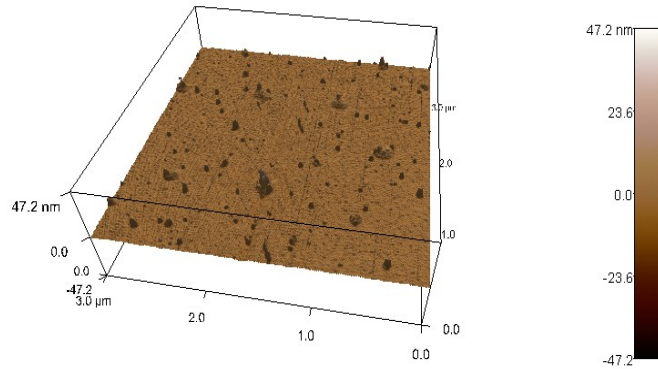
Stikla tīkls relaksē skābekļa vakanču (Si-Si saišu) vietās veidojoties mazabsorbējošām silīcija hidrīdgrupām

L. Skuja, K. Kajihara, M.Hirano, H.Hosono. Ultraviolet absorption of hydrogen-related species in glassy silica,

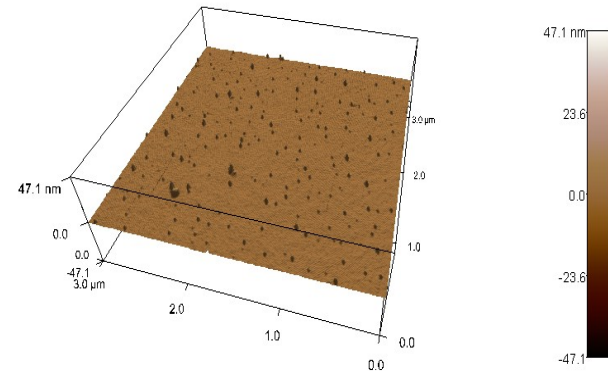
Physics and Chemistry of Glasses, European Journal of Glass Science and Technology B vol.48, No3, p.103(2007).

L. Skuja, K. Kajihara, M.Hirano, H.Hosono. Fluorine laser-induced silicon hydride Si-H groups in silica. J.Non-Cryst.Solids,353, 526 (2007).

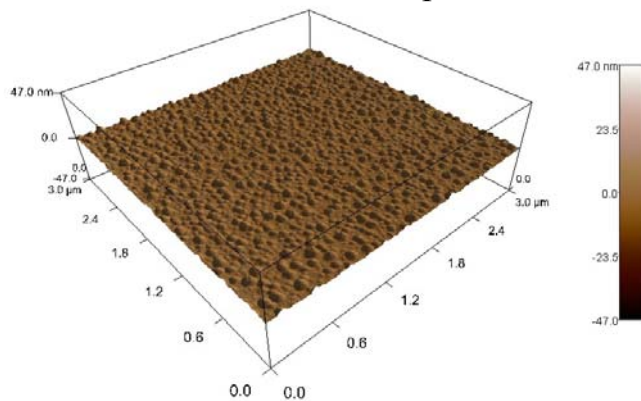
SiO₂ stikla spektroskopiskās bezelektrodu lampas iekšējās virsmas izmaiņas atkarībā no tīrīšanas tehnoloģijas



Lampas iekšējās sienas virsmas AFM attēls tikko atsūknētai lampai.



Lampas iekšējās virsmas AFM attēls pēc vakuum-termālās apstrādes.



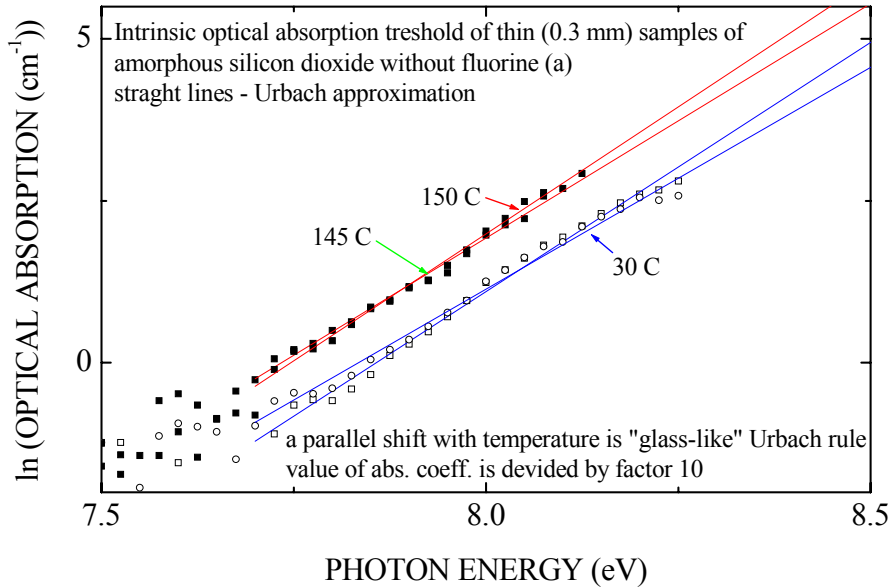
Lampas iekšējās virsmas AFM attēls pēc vakuum-termālās apstrādes un darbināšanas.

Parādīts, ka SiO₂ stiklu tīrīšanas procedūras maina virsmas struktūru, pie dažādām apstrādes metodēm.

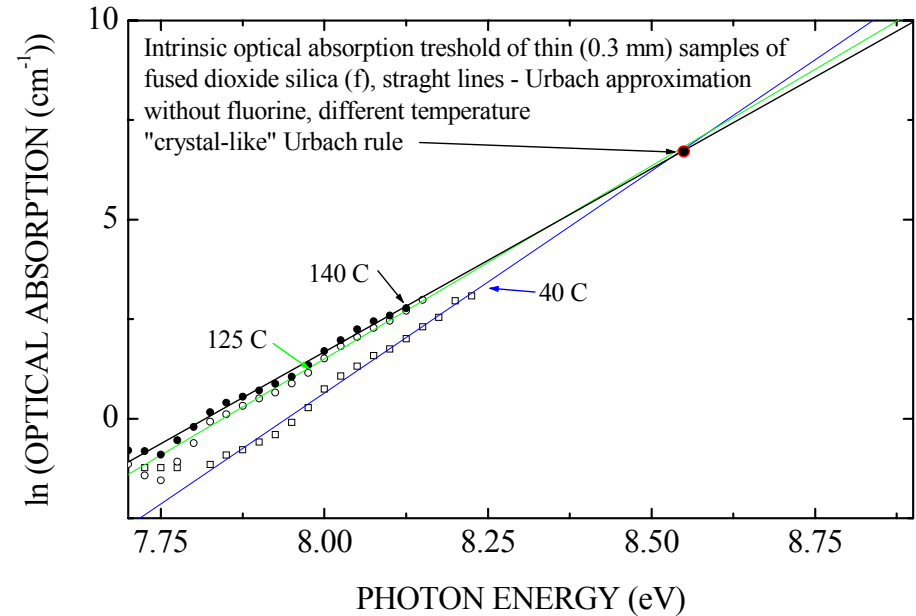
Iekšējās virsmas tīrība ir svarīgs nosacījums lampu ilgdarbībai.

Optiskā absorbcija PCVD SiO₂ stikla paraugiem izgatavotiem pie temperatūrām zemākām un augstākām par stiklošanās temperatūru T_g

PCVD (plasma chemical vapour deposition)



Kausēts stikls



Pēc PCVD tehnoloģijas sintezētā amorfā paraugā izpildās stikliem raksturīgais Urbaha likums

$$\alpha = I_0 \exp[AE + T/T_1]$$

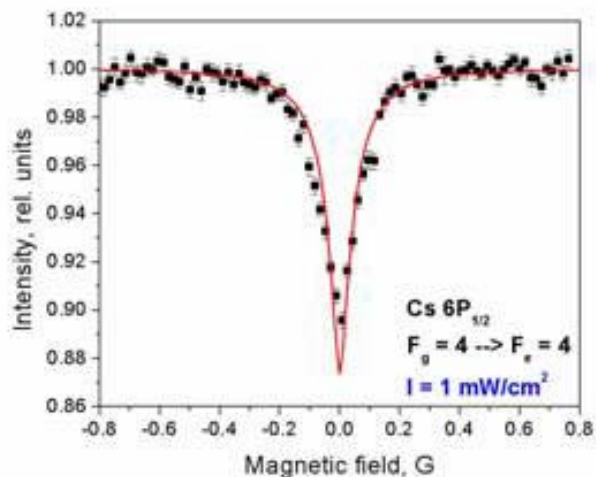
Kausētā kvarca stiklā izpildās “parastais” Urbaha likums ar no temperatūras neatkarīgu krustpunktu:

$$\alpha(E) = \alpha_0 \exp[(E - E_0) / E_u], \quad E_u = \frac{\hbar\omega}{2\sigma} \coth\left(\frac{\hbar\omega}{2kT}\right)$$

Virsmas elektrisko lauku vizualizācija ar lāzerspektroskopiskām metodēm: teorija

LU FMF Atomfizikas un spektroskopijas institūts

Izmanto kvantu-mehānisku efektu cēzija atomos—
tumšās rezonances, ko rada gaismas lauka un koherento kvantu
stāvokļu interference



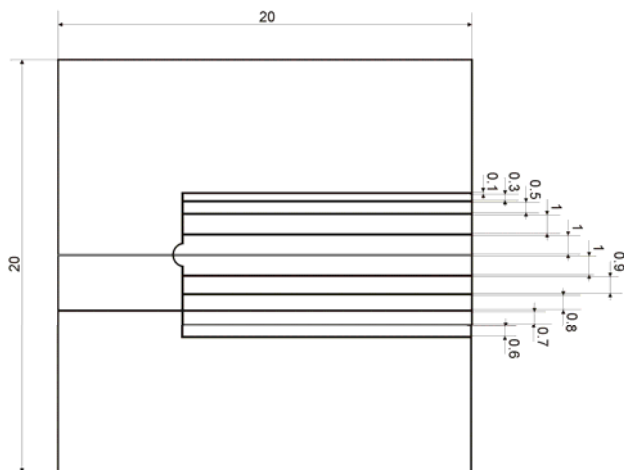
Piemērs: tumšās rezonances (fluorescences *minimums* pie nulles lauka)
 $F_g = 4 \rightarrow F_e = 4$ supersīkstruktūras pārejā $6S_{1/2} \rightarrow 6P_{1/2}$ cēzija atomā
pie nelineārās ierosmes ar diodes lāzeru pie dažādām lāzera starojuma
intensitātēm: 1 mW/cm², 7.5 mW/cm², 60 mW/cm². Doti
eksperimentālie punkti un teorētiskais aprēķins (sarkanā līnija).
Var saskatīt signāla paplašināšanu, pieaugot jaudai,
kas izcili aprakstās izveidotā teorētiskā modelī

.M. Auzinsh, K. Blush, R. Ferber, F. Gahbauer, A. Jarmola, M. S. Safronova, U. I. Safronova, and M. Tamanis,
Level Crossing Spectroscopy of the 7, 9, and 10D_{5/2} states of ¹³³Cs and validation
of relativistic many-body calculations of the polarizabilities and hyperfine constants,
Physical Review A, **75**, 022502 (2007)(12 pages).

M. Auzinsh, K. Bluss, R. Ferber, F. Gahbauer, A. Jarmola, and M. Tamanis,
Optical Non-Contact Electric Field Mapping by LIF in Cs Vapor, OSA Conference:
2007 Frontiers in Optics, San Jose, California, USA, Sept 16-20, 2007

Virsmas elektrisko lauku vizualizācija ar lāzerspektroskopiskām metodēm: pielietojumi

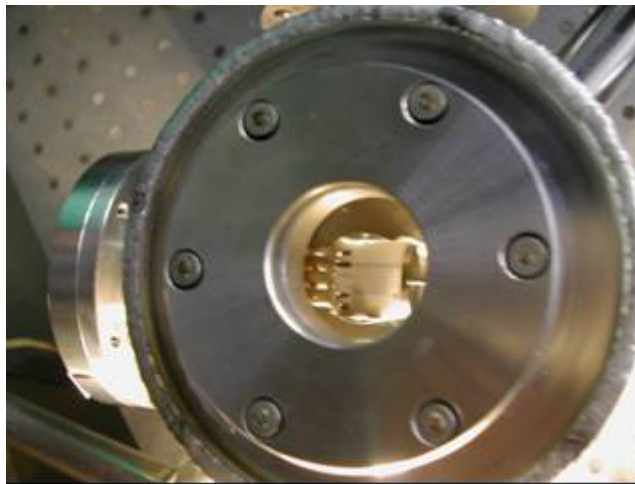
LU FMF Atomfizikas un spektroskopijas institūts



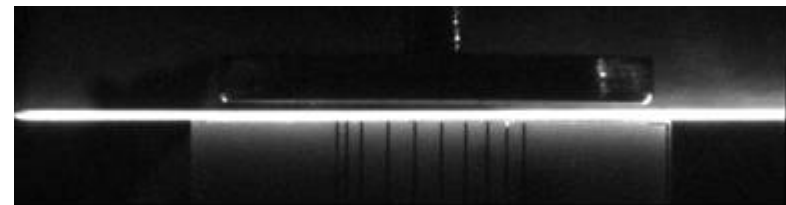
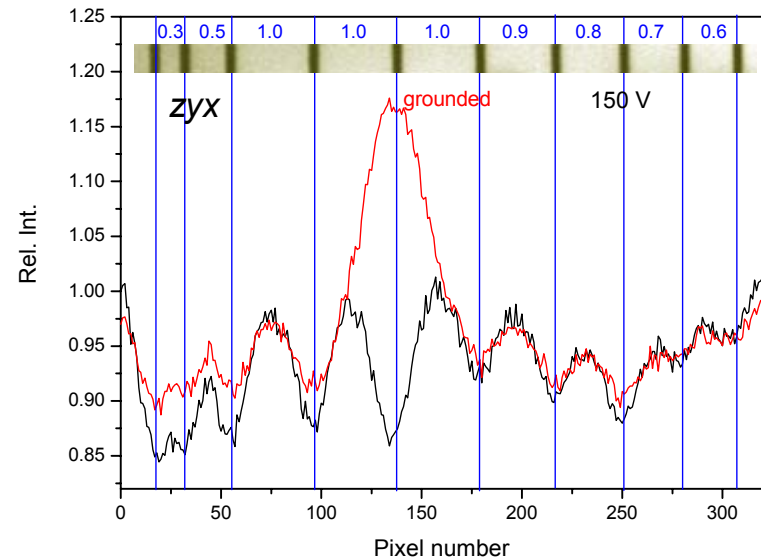
Testēšanas objekts tika modelēts un izgatavots sadarbībā ar zinātniski-ražošanas firmu Baltic Scientific Instruments (BSI). Tas simulē svītru-detektora (BSI produkcija) virsmu. Elektrodam ir desmit svītras, kuras ir izvietotas dažādā attālumā viena no otras diapazonā no 0.3 līdz 1 mm. Tika paredzēta arī iespēja pieslēgt vienu noteiktu svītru pie potenciāla, kas varētu atšķirties no citu svītru potenciāla. Telpiskā izšķiršana šajā eksperimentā bija ievērojami uzlabota safokusējot lāzera starus līdz 90 μm .

Virsmas elektrisko lauku vizualizācija ar lāzerspektroskopiskām metodēm: pielietojumi

LU FMF Atomfizikas un spektroskopijas institūts



Svītru elektrods vakuumkamerā sagatavots testēšanai.

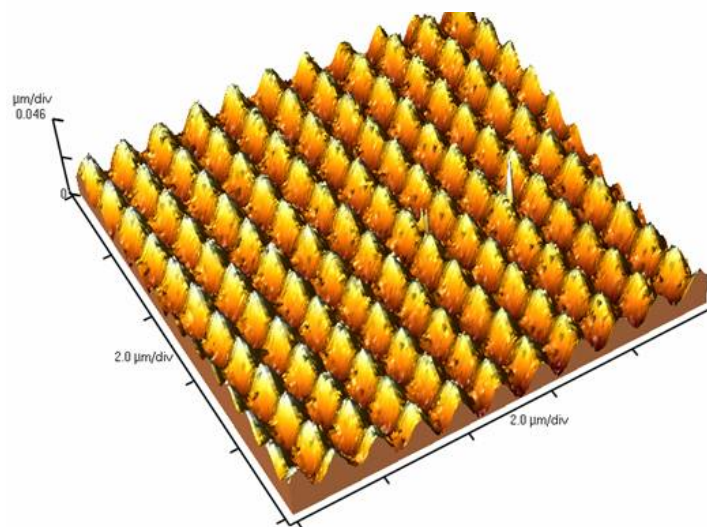
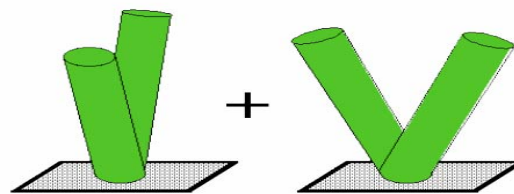


CCD kameras reģistrētie optiskie attēli, kuri rāda elektriskā lauka sadalījumu gar lāzera staru. Augšējais attēls: LIF digitāli apstrādāts attēls: melnā līnija –150 V pielikti uz visiem svītru elektrodiem; sarkanā – viens elektrods pie nulles potenciāla

Hologrāfiskais ieraksts amorfajos pusvadītājos

- Etapa uzdevums bija izpētīt fotoinducēta reljefa veidošanās procesus amorfo halkogenīdu pusvadītājos hologrāfiskā ieraksta laikā. Tika veikti eksperimenti As-S un As-S-Se plāno kārtiņu sistēmās, izmantojot ierakstam sekojošus lāzeru viļņu garumus 532 nm, 442 nm un 325 nm. Tika novērota efektīva sinusoidāla reljefa veidošanās hologrāfiskā ieraksta laikā ar reljefa dziļuma modulāciju līdz 150 nm. Novēroto parādību izskaidro ar masas pārnesi gaismas intensitātes gradienta dēļ. Pētījumi ar gaismas polarizācijas plaknes stāvokļa ietekmi rāda, ka noteicošā loma ir elektriskā vektora virzienam.
- Pētījumiem ir ne tikai zinātniska nozīme gaismas un vielas mijiedarbības izpētē, bet arī praktiskā pielietojamībā tiešā ieraksta fotorezistu izstrādē litogrāfijas vajadzībām.

Direct recording of 2D structure in As₂S₃



V.Gerbreders, J.Teteris, E.Sledevskis, A.Bulanovs, Photoinduced changes of optical reflectivity in As₂S₃-Al system, Journ. Optoelectronics and Advanced Materials, **9** (2007) 3153-3156.
V.Gerbreders, E.Sledevskis, G.Liberts, J.Teteris, V.Pashkevich, Optical recording on surface and inside As₂S₃ thin films, Journ. Optoelectronics and Advanced Materials, **9** (2007) 3161-3163.

1. projekta rezultātu kopsavilkums

- Projektā piedalījās 43 cilvēki, no tiem 30 ar zinātņu doktora grādu
- Darbu rezultāti publicēti 15 darbos starptautiskos zinātniskos žurnālos
- Rezultāti prezentēti 22 zinātniskās konferencēs
- Aizstāvētas 2 doktora disertācijas
Līga Grīnberga CFI *Jauni kompozītmateriāli ūdeņraža uzkrāšanai.*
Andrejs Jarmola LU FMF ASI *Skanējamo lāzeru spektroskopija un elektriskā lauka efekti sārnu metālu tvaikos*
- Ievērojama daļa projekta līdzekļu, ap 25% ir investēti ilgtermiņa eksperimentālās infrastruktūras attīstībai (spektrometru aprīkojums, krāsnis, svāri, optiskie galdi, optomehāniskās detaļas, lāzeri, elektronika u.c.) – pašlaik ļoti svarīgā iespēja atbilstoši aprīkot/adaptēt par struktūrfondu līdzekļiem iegādāto jauno aparatūru.