

5. projekts. Nanodaļiņu, nanostrukturālo materiālu un plāno kārtiņu tehnoloģiju izstrāde funkcionālo materiālu un kompozītu izveidei

Vadītājs: Dr. hab. sc. ing. Jānis Grabis

Gāzes un šķidrās fāzes nanodaļiņu sintēzes un pārstrādes tehnoloģijas, to optimizācija

Vadītājs: Dr. hab. sc. ing. Jānis Grabis, RTU Neorganiskās ķīmijas institūts

Nanostrukturēto metālu un to kompozītu plāno slāņu elektroķīmiskā iegūšana uz metālu pamatnēm

Vadītāja: Dr. hab. chem. Ingrīda Vītiņa, RTU Neorganiskās ķīmijas institūts

Nanostrukturēti keramiskie materiāli kodolsintēzes enerģētikai

Vadītājs: Dr. chem. Gunta Ķizāne, LU Ķīmijas fakultāte

Ferokoloidālo daļiņu termoforēzes metodikas pārbaude, magnētisko nanodaļiņu sintēze un testēšana

Vadītājs: Prof., Dr. hab. phys. Elmārs Blūms, LU Fizikas institūts

Aktīvas ar elektromagnētisko lauku vadāmas nanosistēmas

Vadītājs: Dr. hab. phys. Andrejs Cēbers, LU Fizikas institūts

Jaunu platzonas funkcionālu materiālu plāno kārtiņu sintēzes MOCVD metožu izstrāde mikroelektronikai un optoelektronikai

Vadītājs: Dr. hab. phys. Ivars Tāle, LU CFI

Projekta uzdevumi (I)

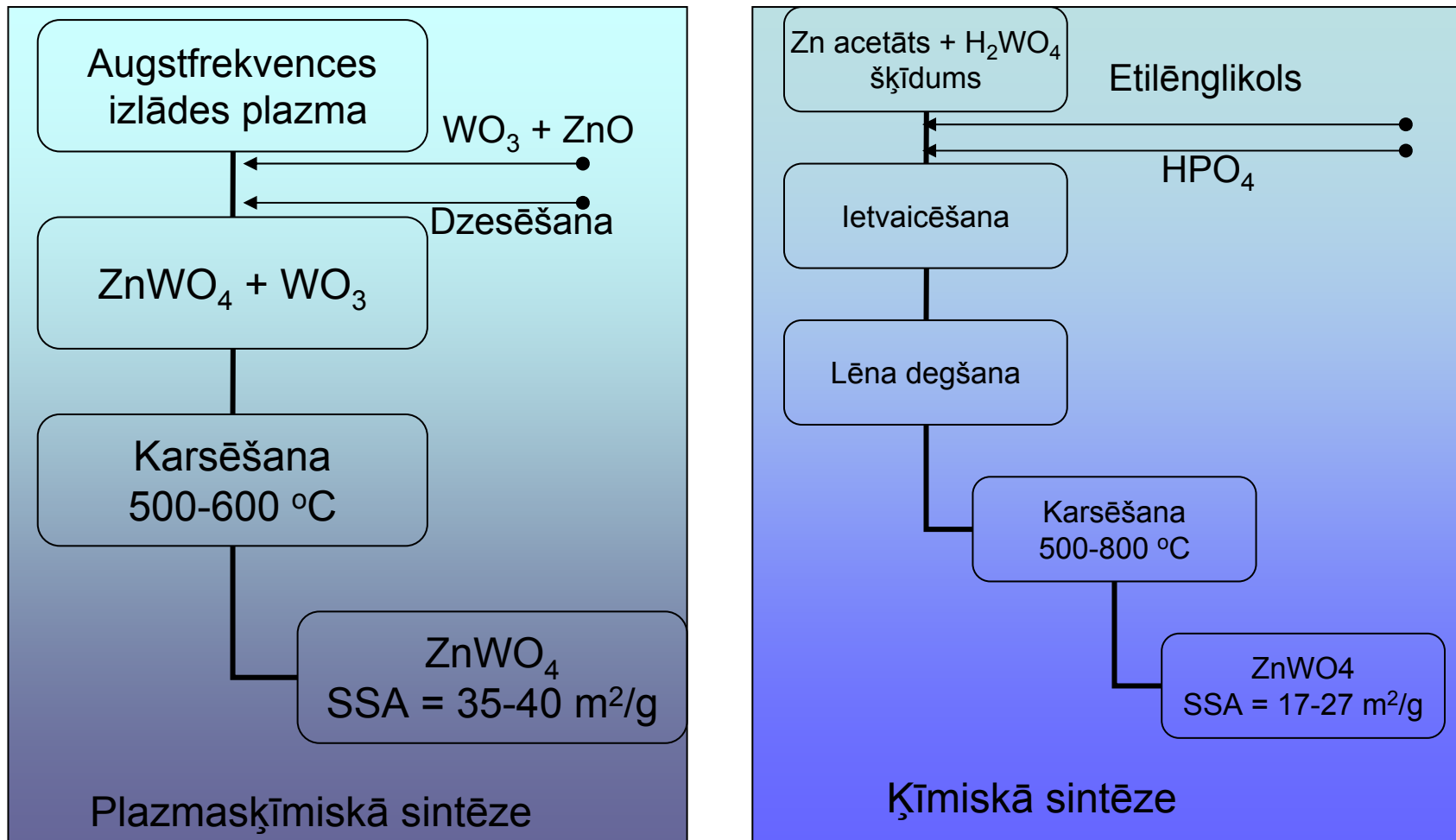
- 5.1.1. Modificētu ZnO nanodiegu sintēze organiskos šķīdinātājos un mikroviļņu krāsnī. Paraugi luminiscento īpašību noteikšanai.
- 5.1.2. ZnWO_4 un $\text{Zn}_2\text{SiO}_4\text{:Mn}$ nanodaļiņu plazmaskīmiskā sintēze un pārstrāde materiālos. Paraugi luminiscento īpašību pētījumiem.
- 5.1.3. AlN–retzemju oksīdu, Li_4SiO_4 , Li_2TiO_3 paraugu izgatavošana pārbaudēm.
- 5.2.1. Elektroizgulsnēto, nanostrukturēto, amorfo Ni–W sakausējumu plāno kārtiņu struktūras, fāžu sastāva un termiskās stabilitātes robežas noteikšana.
- 5.2.2. Ni–Mo rentgenamorfā pārklājuma fizikālās īpašības, fāžu sastāva un struktūras veidošanās likumsakarības un izmaiņas atkarībā no slogošanas režīma.
- 5.3.1. Kvazistehiometriska un nestehiometriska sastāva Li_4SiO_4 nanopulvera sintēze, mehāniskās izturības pārbaude.
- 5.3.2. Nestehiometrijas ietekme uz radiācijas defektu un radiolīzes produktu veidošanos Li_4SiO_4 nanopulveros.
- 5.3.3. Keramizācijas procesa ietekme uz nestehiometrisku Li_4SiO_4 nanopulveru radiācijas stabilitāti.
- 5.3.4. Gaismas termostimulētās luminiscences un difūzās izkliedes spektroskopijas radiācijas defektu izpēte Li_4SiO_4 nanopulveros.

Projekta uzdevumi (II)

- 5.4.1. Magnetokonvektīvā siltumpārnese 2D kanālā ar recirkulāciju.
- 5.4.2. Ferokoloīdu termoosmoze un filtrācija kapilāri porainā membrānā.
- 5.4.3. Kompleksā magnētiskā uzņēmība salikto ferītu nanokoloīdos.
- 5.4.4. Nanokoloīdu termodifuzīvo struktūru hologrāfiski pētījumi magnētiskā laukā.
- 5.5.1. Lokanu feromagnētisku filamentu sintēze un to īpašību noteikšana.
- 5.5.2. Magnetotaktisku baktēriju orientācija mainīgā magnētiskā laukā. To termoflukuāciju modelēšana ar Brauna dinamikas metodi.
- 5.5.3. Magnētisku koloīdu ieguve ūdens vidēs un nanodaļiņu funkcionalizācija.
- 5.6.1. Fizikālķīmiskie procesi $\text{Al}_x\text{-Ga}_{1-x}\text{N}$ nukleācijā un monokristālisku kārtiņu veidošanās, ja $x > 0.53$.
- 5.6.2. $\text{Al}_x\text{-Ga}_{1-x}\text{N}$ struktūru elektriskās un optiskās īpašības.

Gāzes un šķidrās fāzes nanodaļiņu sintēzes un pārstrādes tehnoloģijas, to optimizācija

ZnWO₄ nanodaļiņu sintēze



Reducējot ZnCl₂ ūdens šķīdumā ar NH₄ vai NH₃, iegūtas cauruļveida ZnO nanodaļiņas

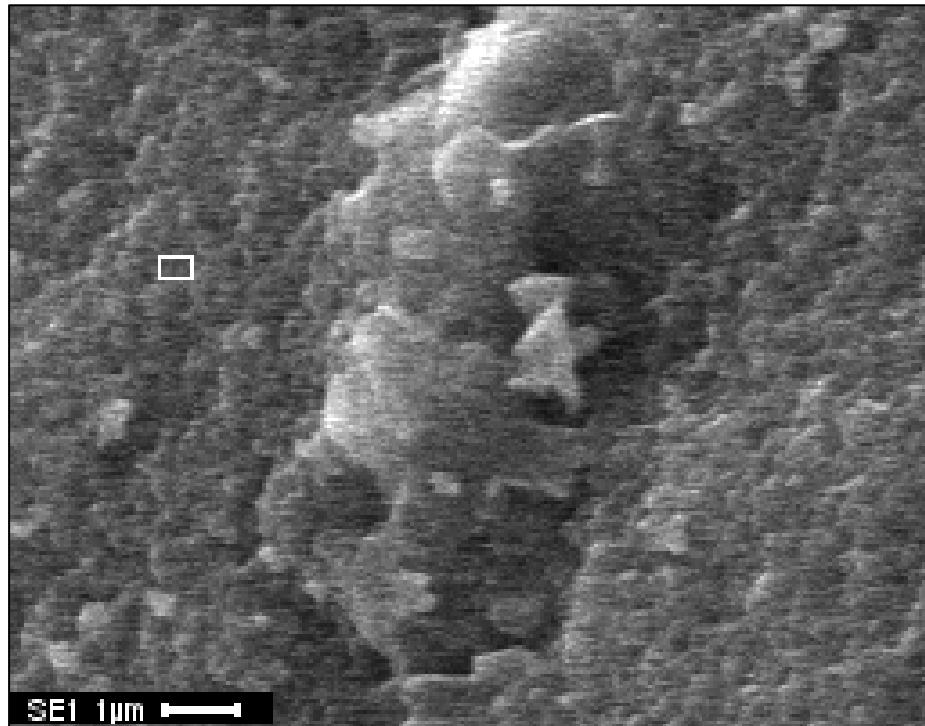
Modificēta AlN nanodaļiņas un keramika

Sintēze – AF slāpekļa plazmā iztvaicējot izejvielas

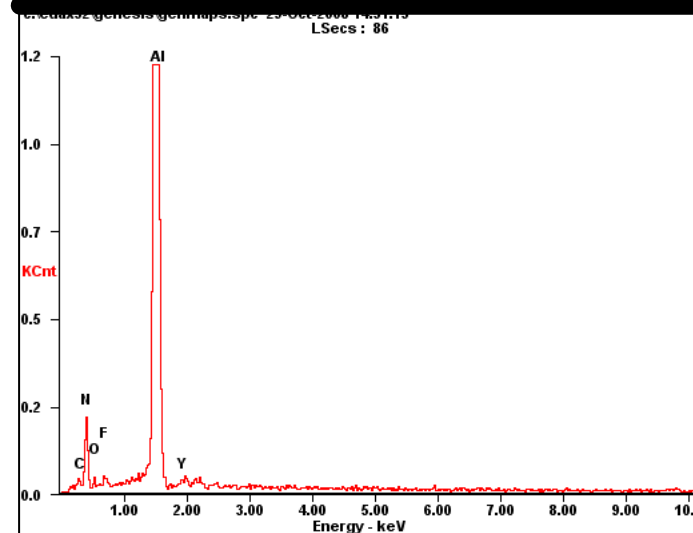
Sablīvēšana – dzirksteļizlādes plazmā

Izejvielas	Paraugi	Fāžu sastāvs			
		20 °C	1300 °C	1500 °C	1600 °C
Al	AlN	AlN	AlN	AlN, Al ₁₀ N ₈ O ₃	AlN, Al ₁₀ N ₈ O ₃
Al, Y ₂ O ₃	AlN- Y ₂ O ₃ (6%)	AlN, YN	AlN, Al ₅ O ₆ N	AlN, Al ₅ Y ₃ O ₁₂ , Al ₅ O ₆ N	AlN, Al ₅ Y ₃ O ₁₂ , Al ₅ O ₆ N
Al, YF ₃	AlN- YF ₃ (4%)	AlN, YN	AlN, α- Al ₂ O ₃	AlN, α- Al ₂ O ₃	AlN, Al ₅ O ₆ N
Al, YF ₃	AlN- YF ₃ (10%)	AlN, YN	AlN, α- Al ₂ O ₃	AlN, α-Al ₂ O ₃	AlN, Al ₅ O ₆ N

Ar Y modificēta AlN keramikas mikrostruktūra un elementsastāvs



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>CK</i>	05.60	09.25
<i>NK</i>	30.76	43.61
<i>OK</i>	01.68	02.09
<i>FK</i>	01.12	01.17
<i>AlK</i>	59.09	43.48
<i>YL</i>	01.75	00.39
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF



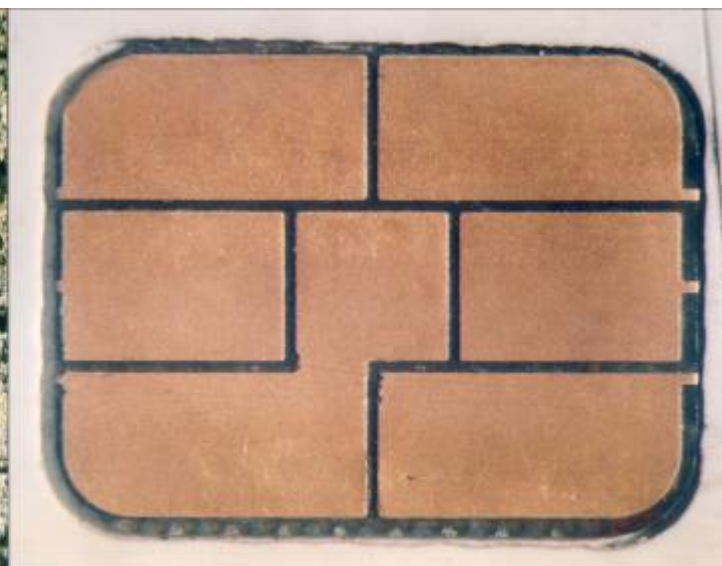
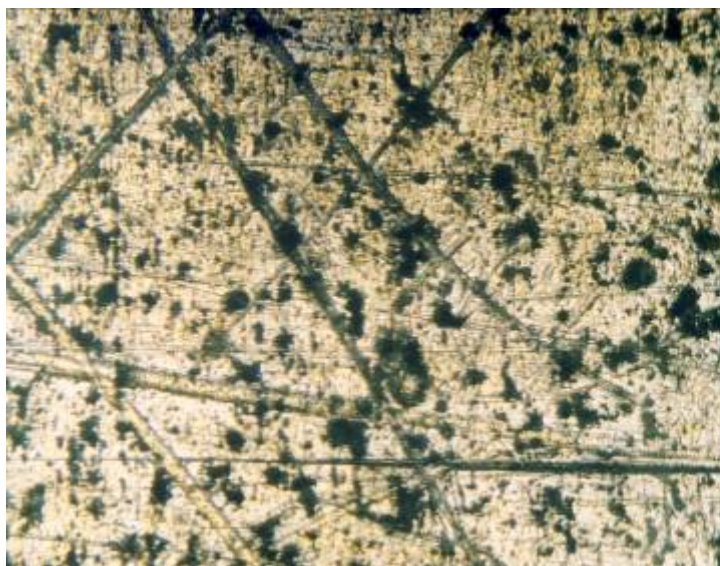
Nanostrukturēto metālu un to kompozītu plāno slāņu elektroķīmiskā iegūšana uz metālu pamatnēm

Noteikts, ka elektroķīmisko Ni/W plāno kārtiņu rentgenamorfās nanostrukturās saglabāšanos 300-400 °C augstā temperatūrā nodrošina W daudzums 45-50 masas% robežās, un tās sekmīgi izmanto par barjerslāni Sn/Ni-W/Cu/Sn slāņu struktūras un fāžu sastāva stabilizēšanā silšanas/lodēšanas procesos.

Noteikti rentgenamorfu nanostrukturētu Ni/Mo plāno kārtiņu uznešanas elektroķīmiskā proces parametri:

elektrolīta sastāvs, pH (7,4-7,8) un katodstrāvas blīvums (0,5-1,0 A/dm²).

Izstrādātās elektroķīmiskās tehnoloģijas izmantotas nolietotu inženierčipu atjaunošanai "Lattelecom" vajadzībām.



Nanostrukturēti keramiskie materiāli kodolsintēzes enerģētikai

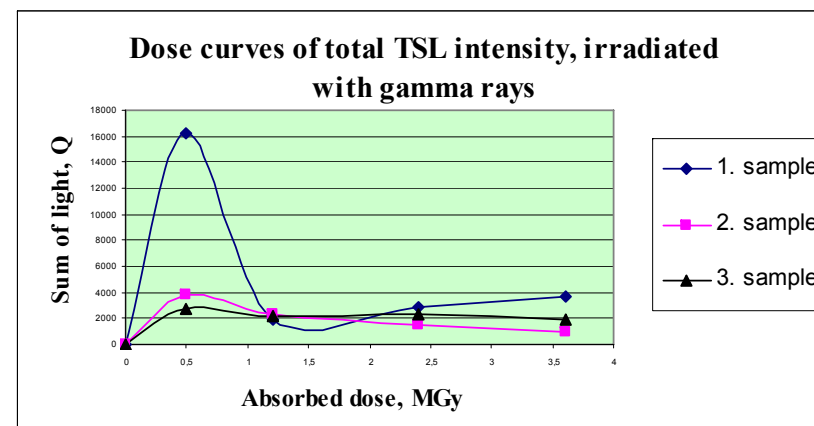
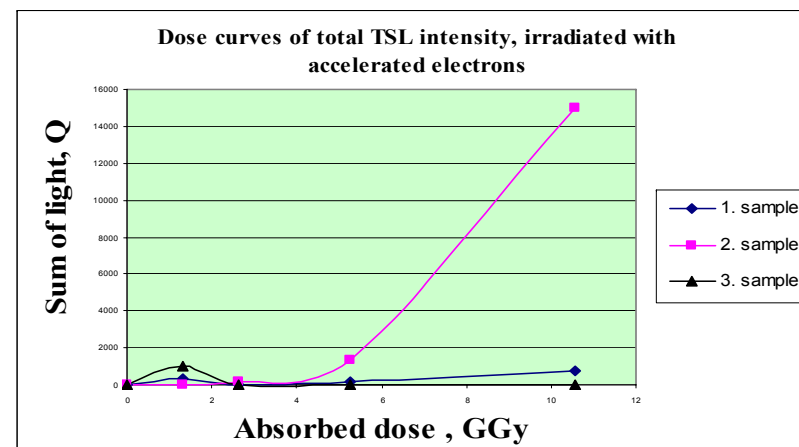
Pētīti sintezētie, kodoltermiskās sintēzes reaktoros perspektīvie Li_4SiO_4 nanopulveri un no tiem izgatavotās keramikas radiācijas un mehāniskā stabilitāte.

Keramikas paraugi:

Apstrādes temperatūra, ilgums	Parauga izmēri, μm	Graudu izmēri, μm
800 °C/1h	<50	1
900 °C/128h	<50	8
970 °C/168h	450-560	10

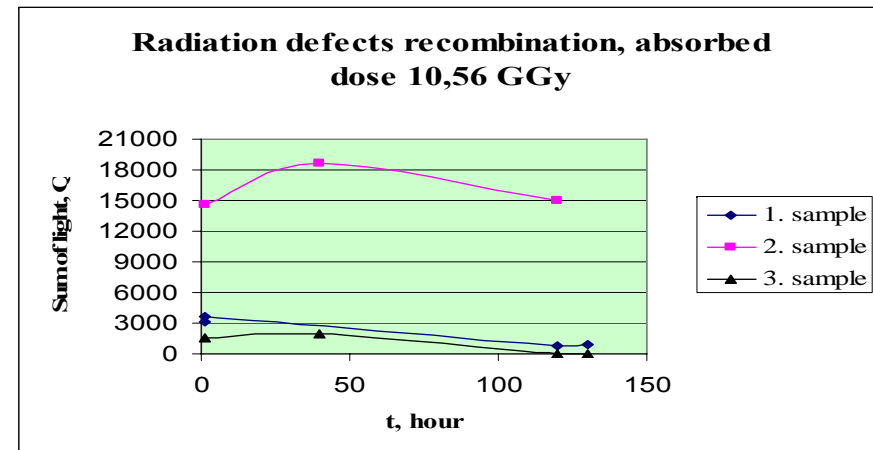
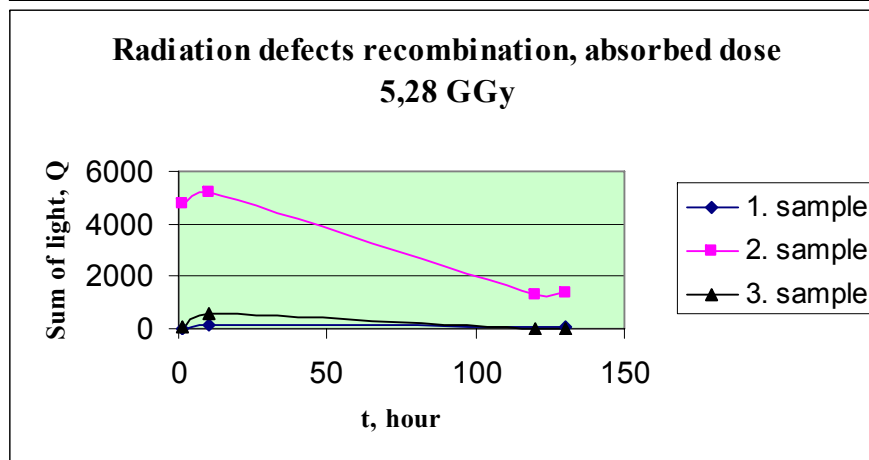
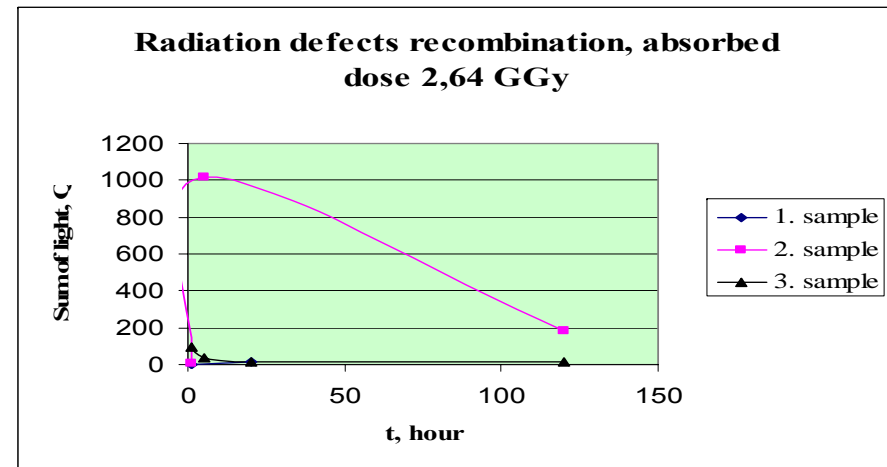
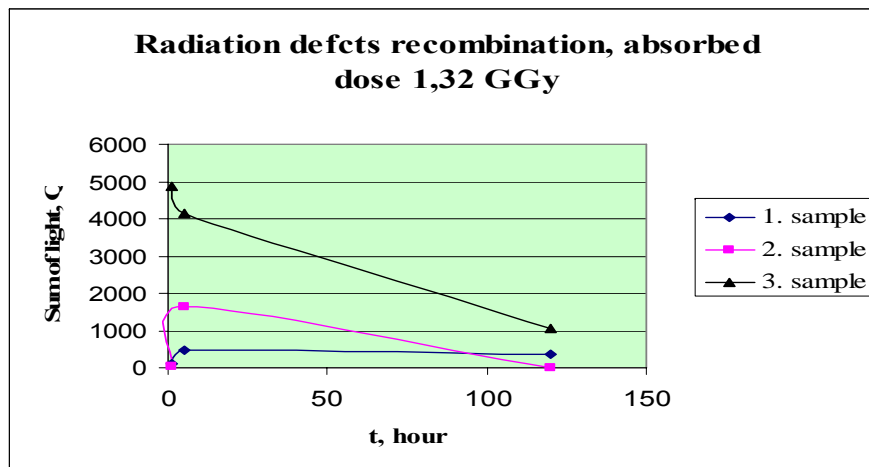
Noteikts, ka TSL spektros maksimālā starojuma intensitāte novērojama pie 3,5 eV, apstarojot ar paātrinātiem elektroniem, un pie 3,6 eV, apstarojot ar γ -starojumu.

Paraugu termostimulētā luminiscence



Li_4SiO_4 paraugu radiācijas defektu rekombinācija atkarībā no absorbētās dozas un glabāšanas laika

Palielinoties starojuma dozei, radiācijas defektu stabilitāte palielinās. Tas saistīts ar defektu vienmērīgāku sadalījumu lielu starojuma dozu gadījumos.



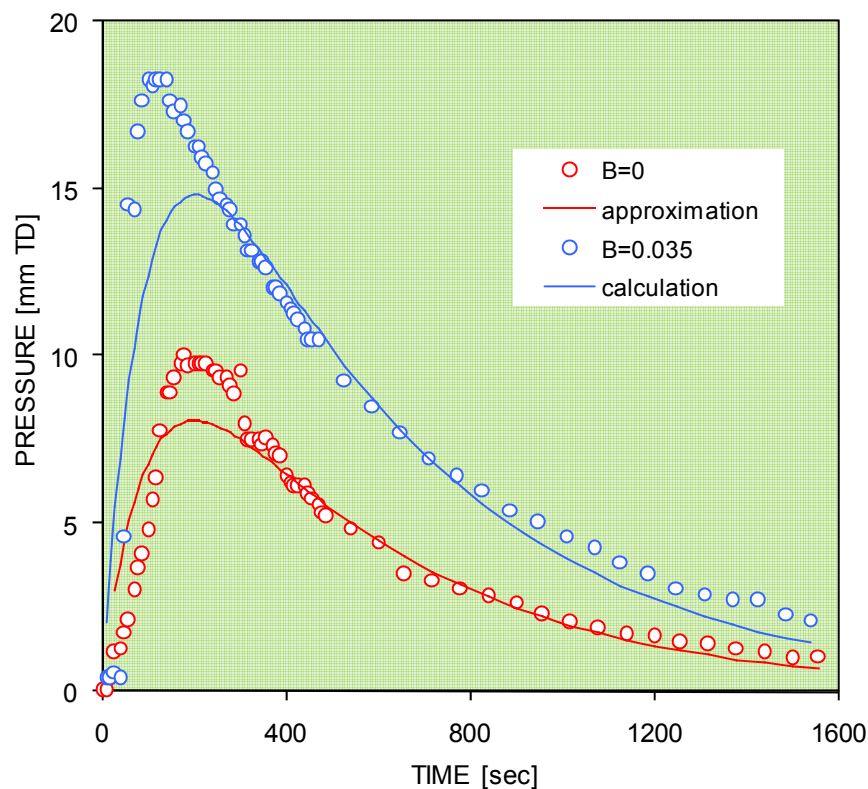
Pētījumos noskaidrots, ka:

radiācijas defektu koncentrāciju paraugos ietekmē keramizācijas temperatūra un gk. keramizācijas ilgums; nanostrukturētā Li_4SiO_4 keramika ir daudzkārt radiācijas izturīgāka par standartkeramiku ar 10 - 20 μm keramiskajiem graudiem; nanostrukturētā keramikā neveidojas LiT, kas ir galvenais tritija aiztures avots; nanostrukturētas keramikas lietojumam kodoltermiskās sintēzes reaktoros nepieciešama turpmāka keramikas lodīšu mehāniskās izturības palielināšana, variējot nanodaļiņu sintēzes un to pārstrādes parametrus, kā arī Li/Si attiecību.

Ferokoloidālo daļiņu termoforēzes metodikas pārbaude, magnētisko nanodaļiņu sintēze un testēšana

Jauna pārneses parādība: Ferokoloīdu magnētiskā termoosmoze kapilāri porainā membrānā

Laukā, kas vērsts perpendikulāri porainam slānim, novērojams izteikts termoosmozes koeficienta pieaugums, ko izsauc galvenokārt magnētiskā spiediena izmaiņas slānī.



Salīdzinājums ar eksperimentu

Līkne $B = 0.035$ ir aprēķināta, ņemot vērā d , d_T and a vērtības, ja magnētiskais lauks ir nulle.

Pārneses koeficienti, ja $B = 0$:

Osmoze $d = 1.1 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$

Termoosmoze $d_T = 2.9 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$

Teorētiskā bāze

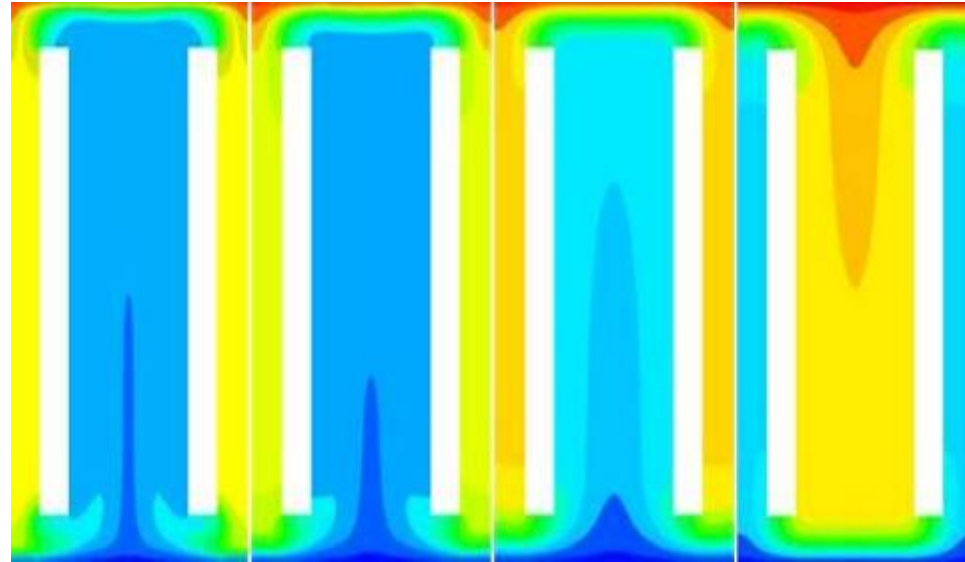
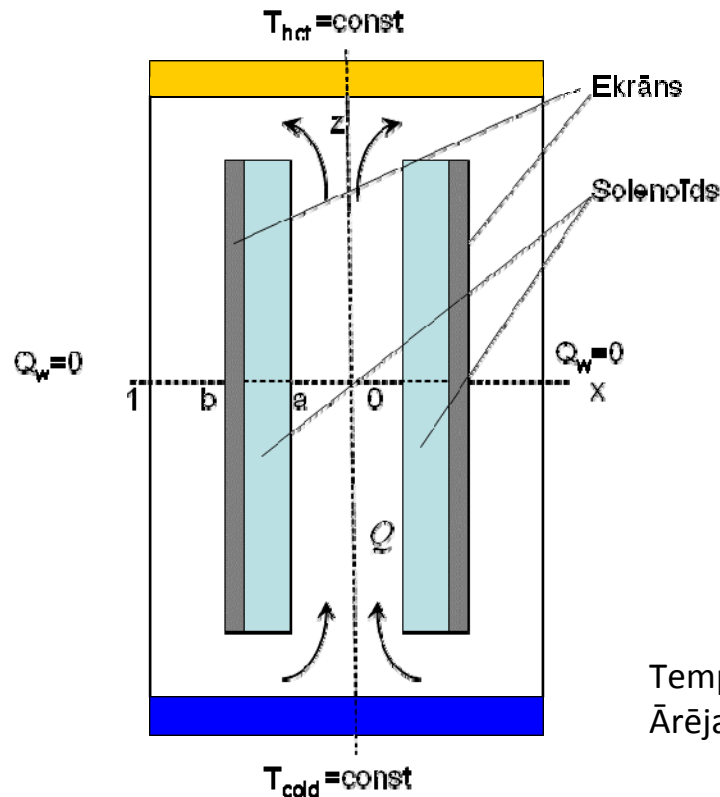
Magnetizācija: $M = \varphi_2 M_s L(\xi) = \varphi_2 M_s (\coth \xi - \frac{1}{\xi})$

Spiediens $\Delta p = p_h - p_c + \frac{\mu_0}{\gamma} (M_c^2 - M_h^2)$

Ķīmiskais potenciāls $\mu_2 = kT (\ln(\frac{\varphi}{1-\varphi}) - \ln \frac{\sinh \xi}{\xi})$

E. Blums, G. Kronkalns, 2008

Magnētiskā konvekcija un siltumpārnese recirkulācijas termosifonā



Temperatūras sadalījuma kontūri dažādām magnētiskā lauka intensitātēm. Ārējais temperatūras gradients ir virzīts augšup.

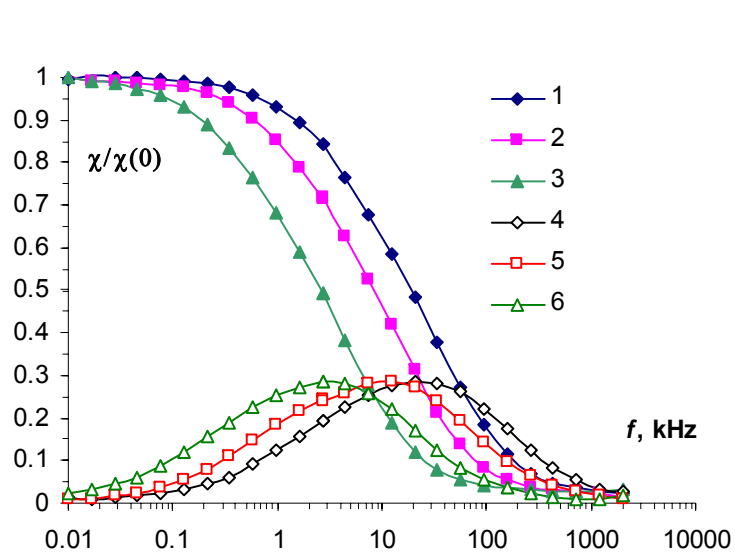
D. Zablockis

Veikti skaitliskie un eksperimentālie pētījumi par magnētiskās konvekcijas ietekmi uz translācijas siltumpārnesi divdimensionālā termosifona modelī. Izmantojot pastāvīgos magnētus, panākta jūtama siltumplūsmas intensifikācija kanālā ar mangāna ferīta bāzes koloīdu.

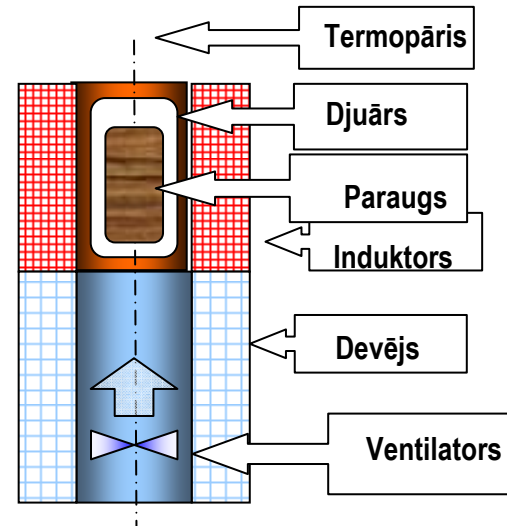
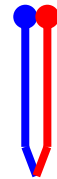
Eksperimentālie pētījumi pamatā apstiprina aprēķinu rezultātus

A. Mežulis (2008)

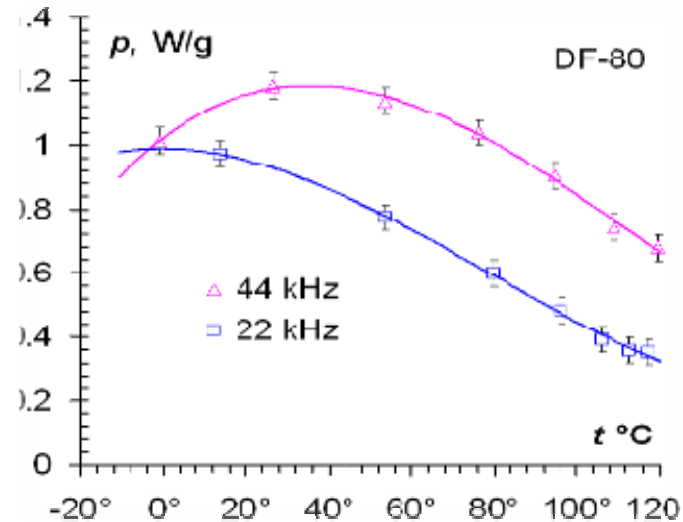
Balstoties uz liela apjoma dažāda sastāva komplekso ferītu nanodaļiņu magnetizācijas mērījumiem dispersijā, novērtēta iespēja izmantot nanodaļiņas bioloģisko audu magnētiskās hipertermijas vajadzībām.



Magnetic susceptibility spectra of ferrofluids at different carrier viscosity: 0.65 mPa*s (1, 4), 1.22 mPa*s(2, 5),4.54 mPa*s (3, 6), 1,2,3-real susceptibility, 4, 5, 6- imaginary susceptibility.



Eksperimenta shēma



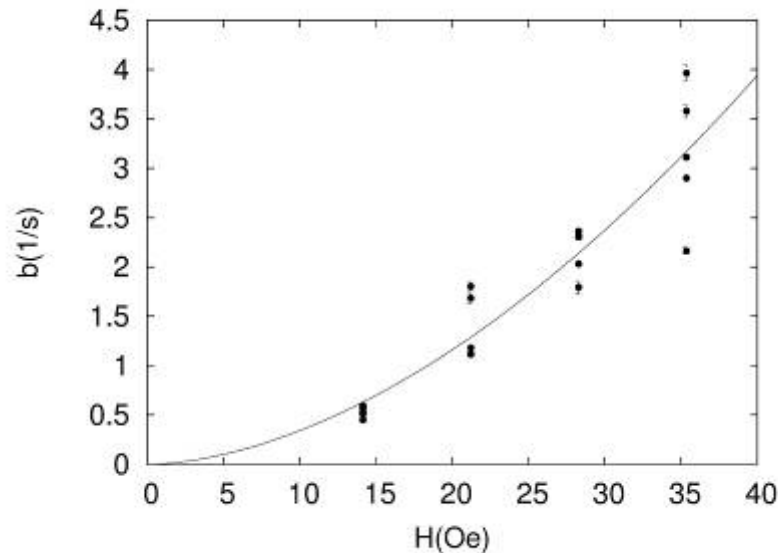
Ferošķidruma parauga DF-80 karsēšanas intensitāte p ($H_{amp} = 6.5 \text{ kA/m}$).

Karsēšanas intensitāte 1 W/g dod iespēju realizēt intensīvu hipertermiju !

M. Maiorov (2008)

Aktīvas ar elektromagnētisko lauku vadāmas nanosistēmas

Ferostīgas relaksācijas kinētika. Sintezētas feromagnētiskas stīgas un eksperimentāli noskaidrota to anomāla orientācija mainīgā magnētiskā laukā, kura agrāk tika paredzēta teorētiski.



Stīgas relaksācijas ātrums atkarībā no magnētiskā lauka intensitātes. Līnija – teorētiskā sakarība

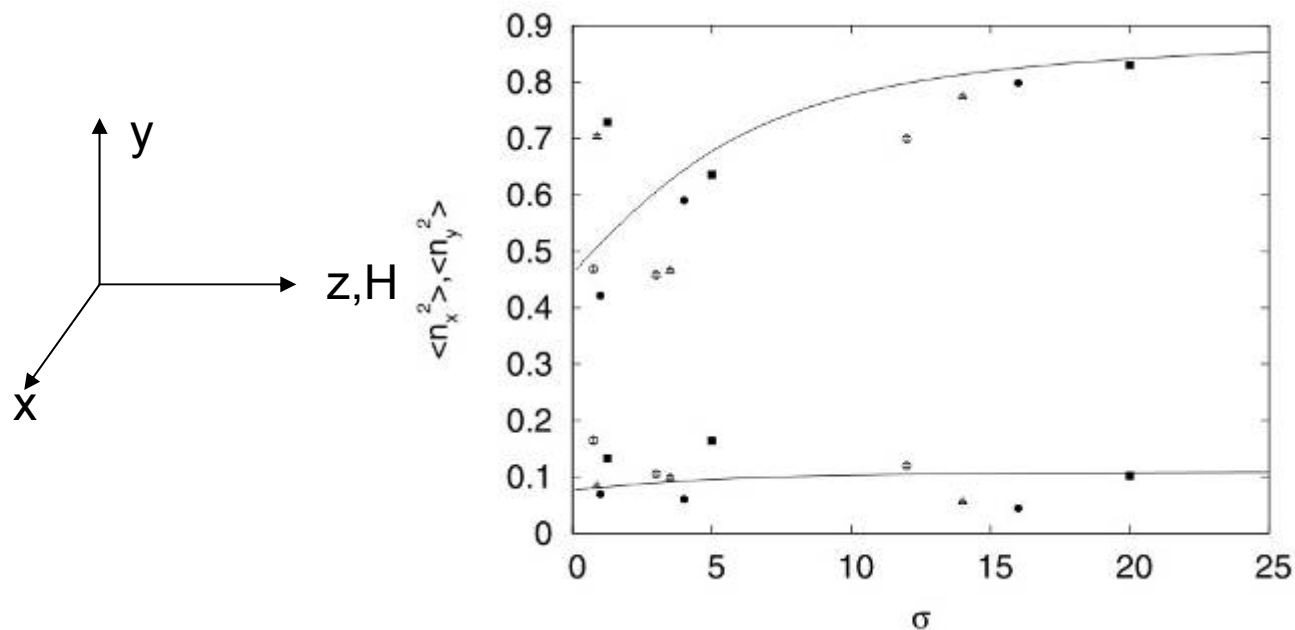
$$\frac{2\zeta L^3}{3} \frac{d\beta}{dt} = \frac{2(MLH)^2 L}{C} \chi_1(\omega) \sin(2\beta)$$

$$C \cong 10^{-12} \text{ erg.cm}; C_m = 11 (H = 28 \text{ Oe})$$



Feromagnētiskas stīgas relaksācija perpendikulāri mainīga magnētiskā lauka spēka līnijām.

Parādīts, ka magnetotaktiskas baktērijas orientējas perpendikulāri mainīgam magnētiskam laukam. Izteikta hipotēze, ka dotā parādība varētu tikt izmantota baktēriju citoskeleta elastības noteikšanai. Skaitliskās modelēšanas rezultātā noskaidrots jauns efekts – ‘šķietama’ baktērijas rotācijas bremzēšanās, ja frekvence tuva kritiskai. Līdzīga parādība novērota arī eksperimentāli.



Magnetotaktisku baktēriju orientācijas sakārtotības parametrs atkarībā no lauka. Lauka frekvence 25 Hz

$$\sigma = mH^2/4/H_e/k_B T \quad H_e = 2 \div 3.3 kOe$$

Jaunu platzonas funkcionālu materiālu plāno kārtiņu sintēzes MOCVD metožu izstrāde mikroelektronikai un optoelektronikai

Izstrādāta MOCVD tehnoloģija un izprasti fizikālķīmiskie aspekti $\text{Al}_x\text{-Ga}_{1-x}\text{N}$ cieto šķīdumu kārtiņu uznešanai uz safīra pamatnēm pie lielām Al koncentrācijām $x > 0,5$. Atrastas optimālās temperatūras un gāzu plūsmu ātrumi kvalitatīvu nanokārtiņu sintēzei.

Veikta $\text{Al}_x\text{-Ga}_{1-x}\text{N}$ ($x > 0.5$) struktūru elektrisko un optisko īpašību izpēte. Augstfrekvences liela kustīguma tranzistoru radīšanai nepieciešami pētījumi AlGa_N/Ga_N superrežģu tehnoloģijas izstrādei, lai novērstu plaisu veidošanos, ko nosaka režģa konstanšu atšķirība dažāda sastāva nitrīdu cietiem šķīdumiem.

Secinājumi

1. 2008. gadā Valsts pētījumu programmas 5. projekta uzdevumi ir izpildīti. Pētījumu rezultāti ir atspoguļoti 34 zinātniskās publikācijās un ziņoti 18 starptautiskās konferencēs.
2. Izstrādātas nanodaļiņu un plāno kārtiņu iegūšanas tehnoloģijas, noskaidrotas to īpašības un perspektīvais lietojums optoelektronikā, elektronikā, medicīnā, dzesēšanas sistēmās, kodoltermiskās sintēzes iekārtās.
3. Balstoties uz projekta izpildītāju iegādāto moderno aparatūru, nepieciešams veikt kompleksu iegūto materiālu īpašību un lietojuma optimizāciju saistībā ar materiāla iegūšanas tehnoloģiju.

2008.gada laikā 5. projekta ietvaros iegūtie rezultāti
(projekts veikts 4 zinātniskās institūcijās)

apkopoti:

34 publikācijās, no tām 19 zinātniskos citējamos
žurnālos;

aprobēti

15 konferencēs ar 18 ziņojumiem.

Projektā kopumā piedalījās

52 izpildītāji,

to skaitā

14 zinātņu doktori,

10 studenti,

2 maģistranti,

5 doktoranti,

Izstrādāti 8 bakaluru darbi,

5 maģistra darbi

kursa darbi