

# 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

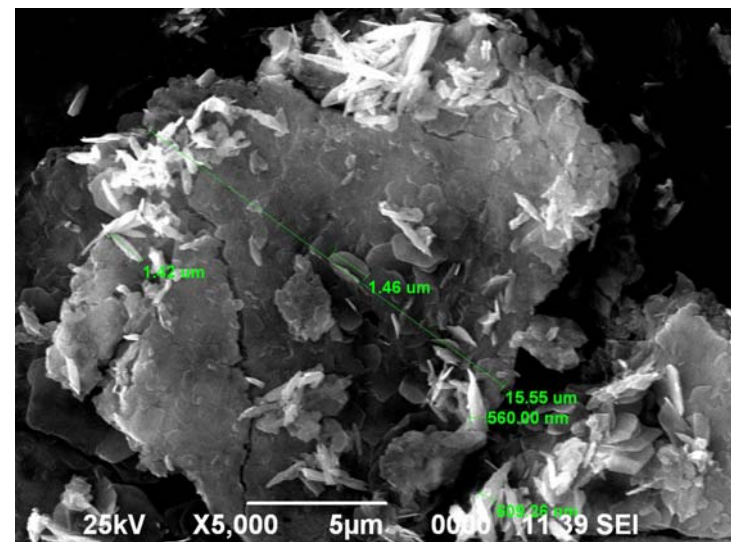
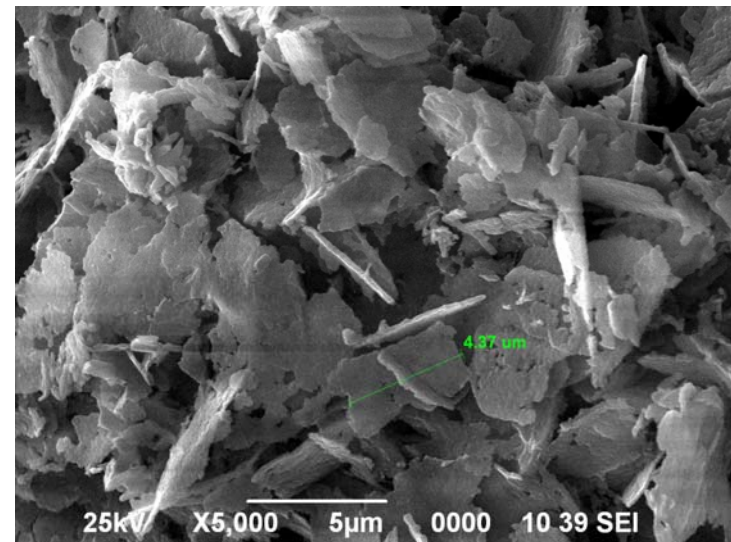
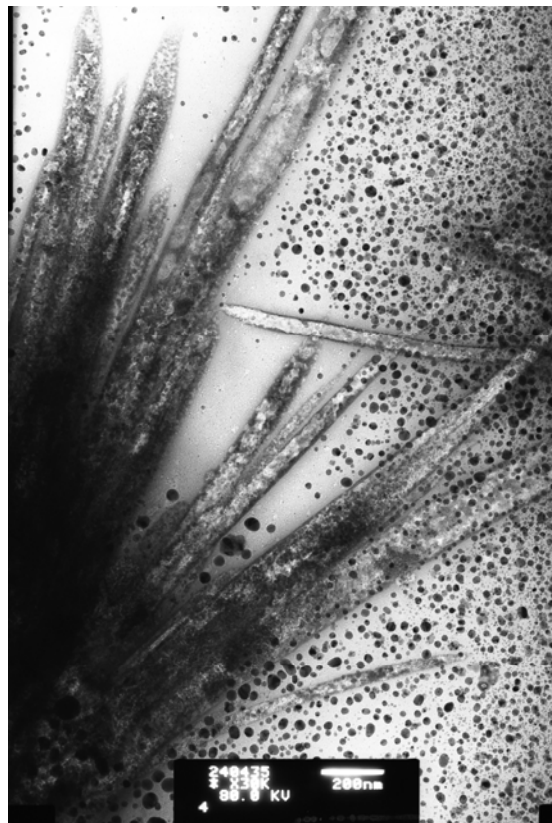
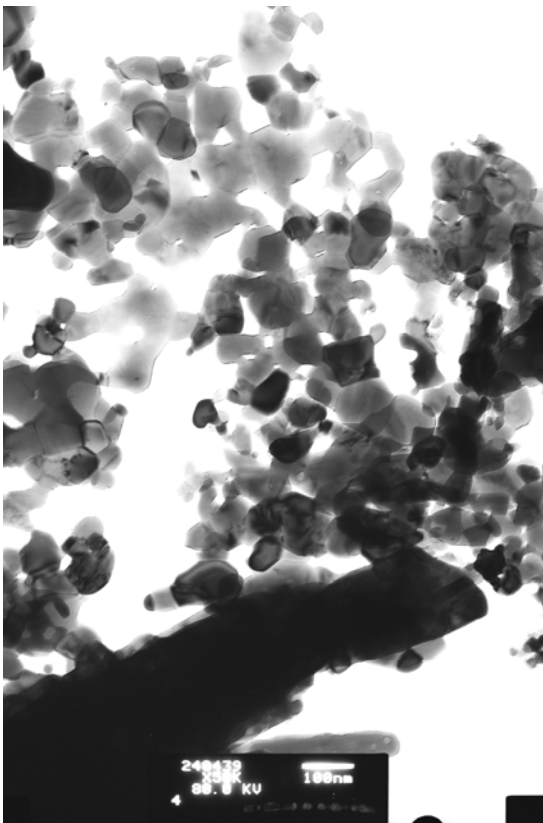
**Jaunu platzonas funkcionālu materiālu plāno kārtiņu sintēzes MOCVD metožu izstrāde mikroelektronikai un optoelektronikai**

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

# Gāzes un šķidrās fāzes nanodaļiņu sintēzes un pārstrādes tehnoloģijas, to optimizācija (I)

1. Variējot sintēzes režīmu, izgatavota nesteheometriska  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  paraugi radiācijas izturības pētījumiem LU Ķīmiskās fizikas institūtā.
2. Optimizēta ZnO nanodaļiņu sintēze no  $\text{ZnCl}_2$  ūdensšķīduma, reducējot ar  $\text{NH}_3$ .

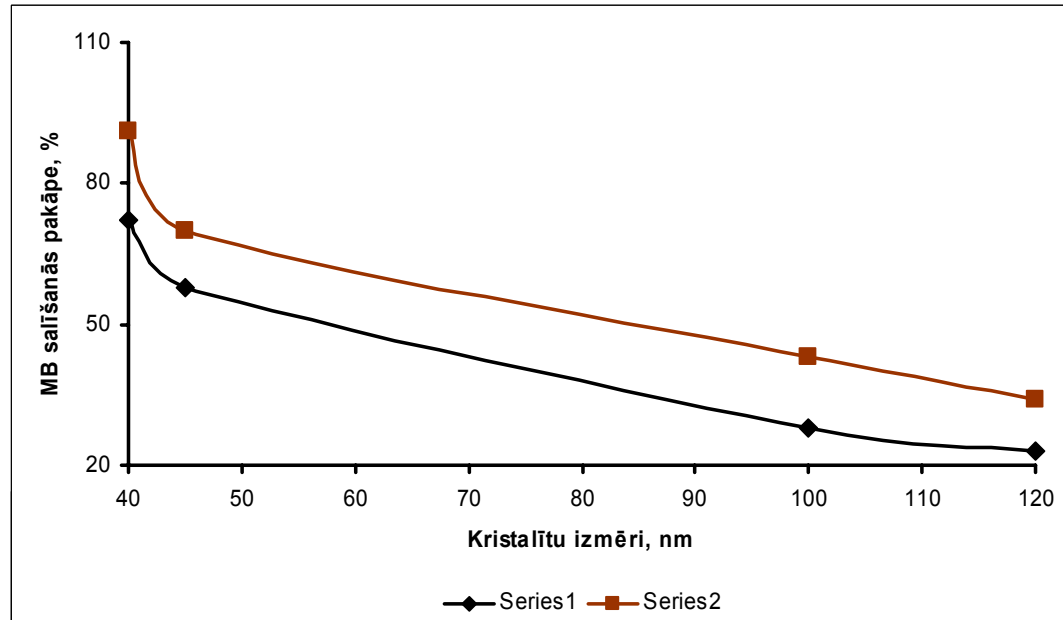
Atkarībā no  $\text{NH}_3$  plūsmas ātruma un temperatūras iegūtas dažādas formas ZnO daļiņas



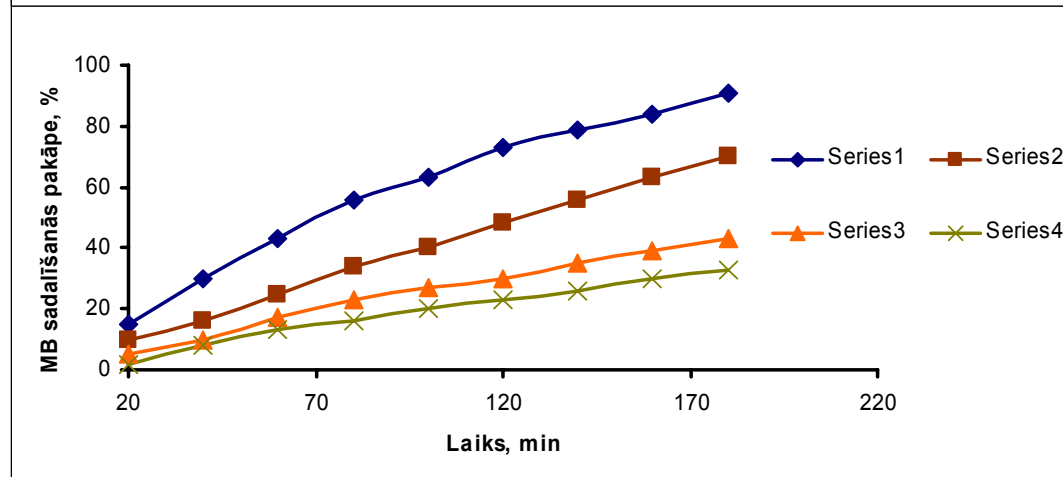
# Gāzes un šķidrās fāzes nanodaļiņu sintēzes un pārstrādes tehnoloģijas, to optimizācija (II)

Optimizēta  $\text{ZnWO}_4$  nanodaļiņu sintēzes metode. Izgatavoti  $\text{ZnWO}_4$  paraugi ar dažādiem kristalītu izmēriem luminiscento īpašību (LU CFI) un fotokatalītiskās aktivitātes noteikšanai

*MB sadalīšanās pakāpe 2 h (1) un 1 h (2) atkarībā no  $\text{ZnWO}_4$  kristalītu izmēriem*



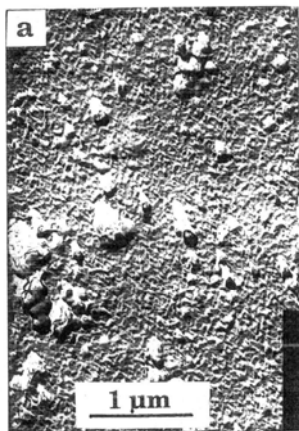
*MB sadalīšanās pakāpe  $\text{ZnWO}_4$  klātbūtnē atkarībā no procesa ilguma un  $\text{ZnWO}_4$  kristalītu izmēriem: 40 nm (1); 45 nm (2); 100 nm (3); 120 nm (4).*



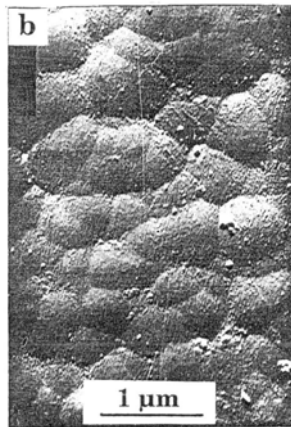
# Nanostrukturēto metālu un to kompozītu plāno slāņu elektroķīmiskā iegūšana uz metālu pamatnēm (I)

Variējot elektrolītu sastāvu, pH, temperatūru un elektroizgulsnēšanas strāvas stiprumu, izstrādāta rentgenamorfu Co-Mo elektroķīmiskā plāno kārtiņu uznešanas tehnoloģija uz Cu pamatnēm. Elektrolīts:  $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 39,5 g/l;  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – 29 g/l;  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – 70,5 g/l

Co-Mo/Cu<sub>folija</sub>



pH 3,8;  $D_k$  3,0 A/dm<sup>2</sup>

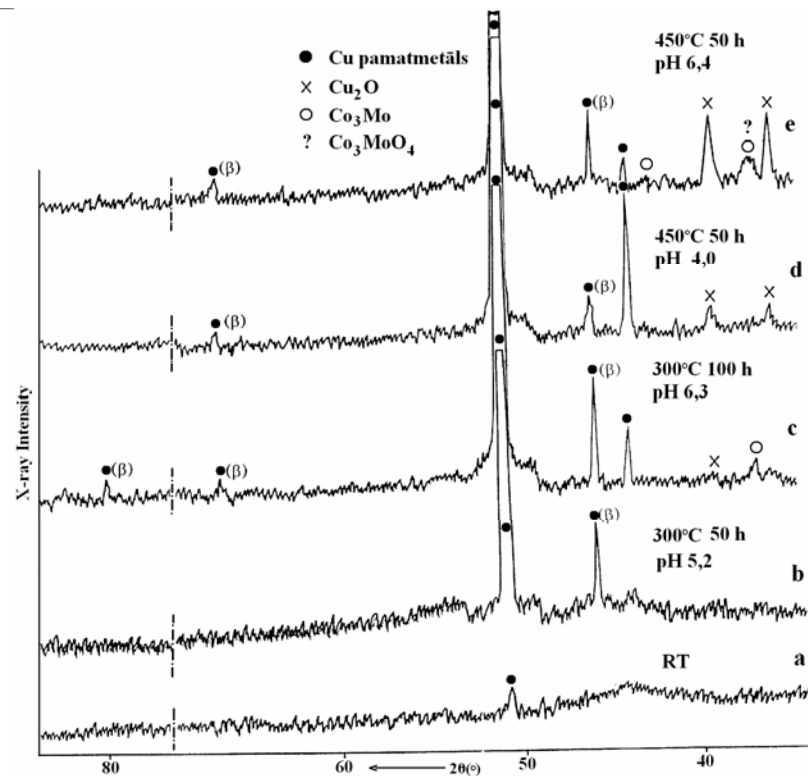


pH 4,0;  $D_k$  1,5 A/dm<sup>2</sup>



pH 6,3;  $D_k$  3,0 A/dm<sup>2</sup>

Termiskā apstrādē līdz 450° 50–100 h laikā uznešās Co-Mo kārtiņas saglabā rentgenamorfo struktūru. Iegūto Co-Mo plāno kārtiņu lietošana elektroniskās ierīcēs par buferslāni starp Au kārtiņu un Cu pamatni stabilizē zelta struktūru, novērš atomu difūziju, intermetalīdu veidošanos un ļauj samazināt Au kārtiņas biezumu.



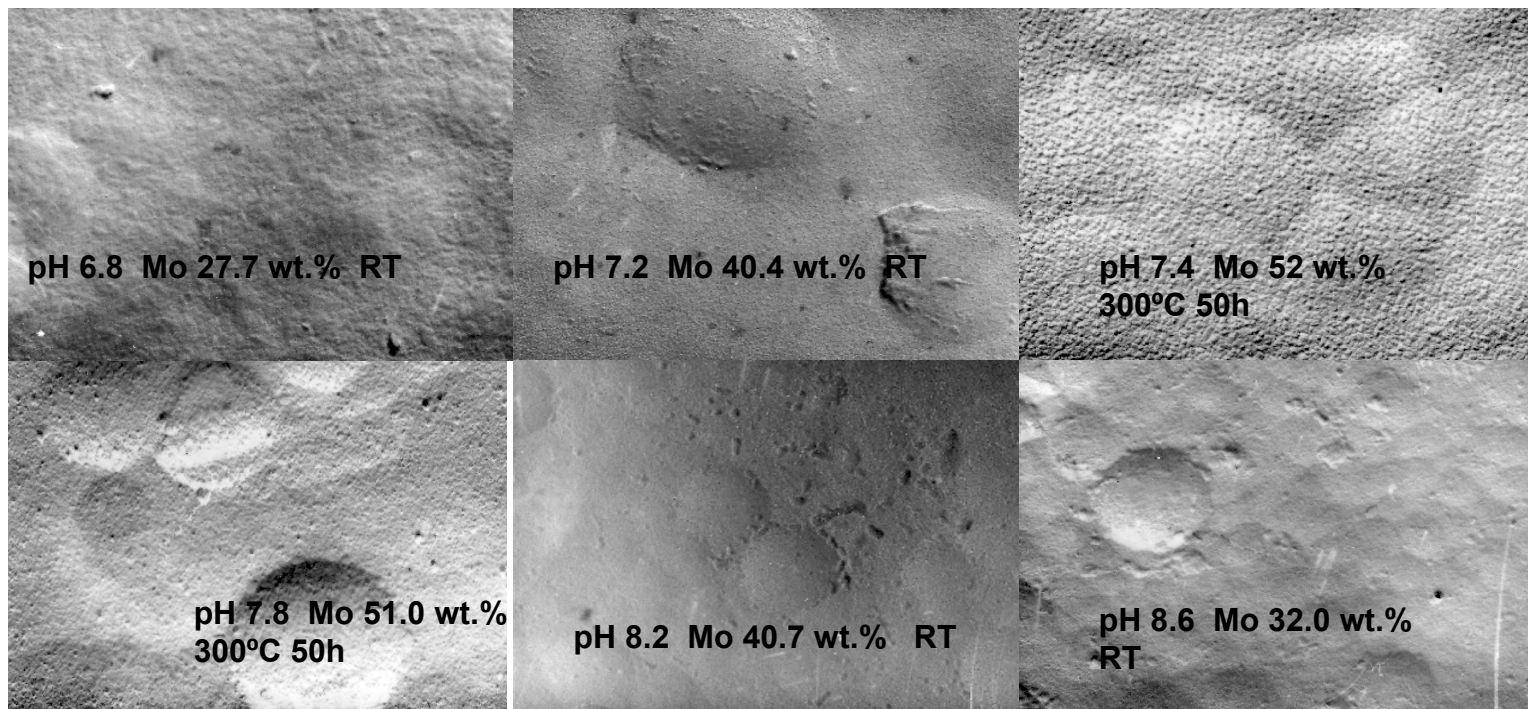
# Nanostrukturēto metālu un to kompozītu plāno slāņu elektroķīmiskā iegūšana uz metālu pamatnēm (II)

Izstrādāti Ni/Mo amorfu pārklājumu uznešanas paņēmieni uz Cu pamatnes. Pārklājuma fāžu sastāvu un komponentu attiecību nosaka elektrolīta pH.

Elektrolīts:

$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 168,59 g/l;  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – 1,2 g/l;  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – 205,8 g/l

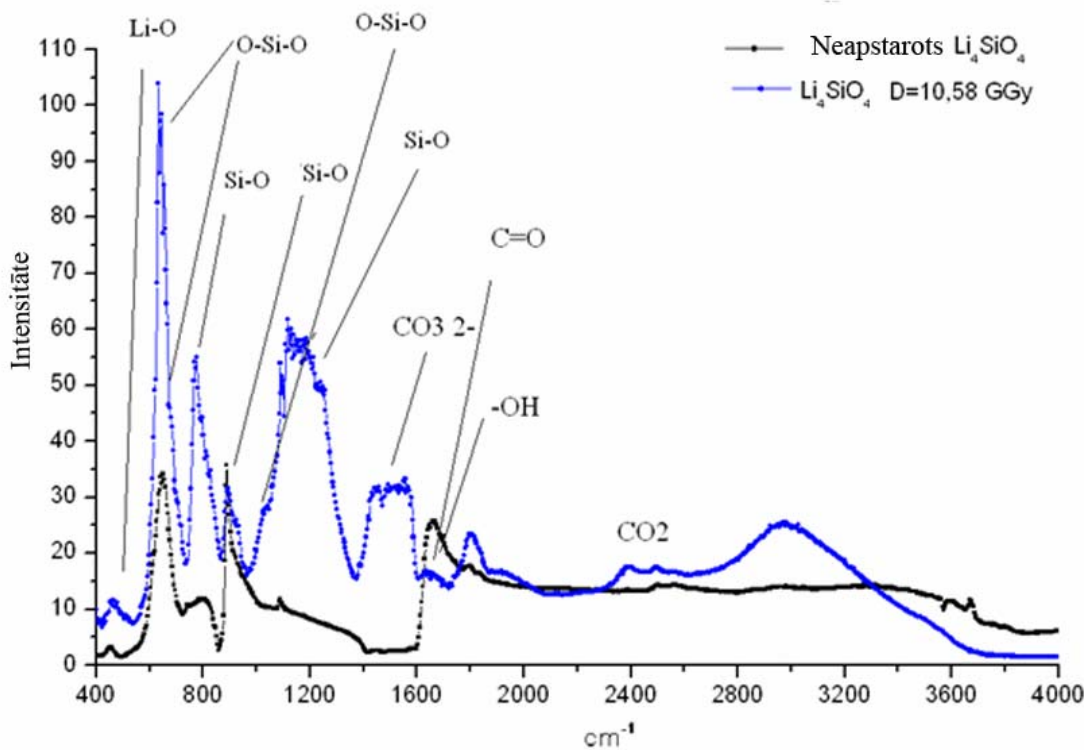
Ni/Mo kārtiņas saglabā rentgenamorfo struktūru termiskā apstrādē līdz 300 °C.



1 μm



# Nanostrukturēti keramiskie materiāli kodolsintēzes enerģētikai (I)



Litija ortosilikāta, starota un nestarota, FTIS spektrs

1. Noskaidrojot plazmaskīmiskā sintēzē (RTU NKI) iegūto nesteheometriska sastāva  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  radiācijas parametrus, parādīts:

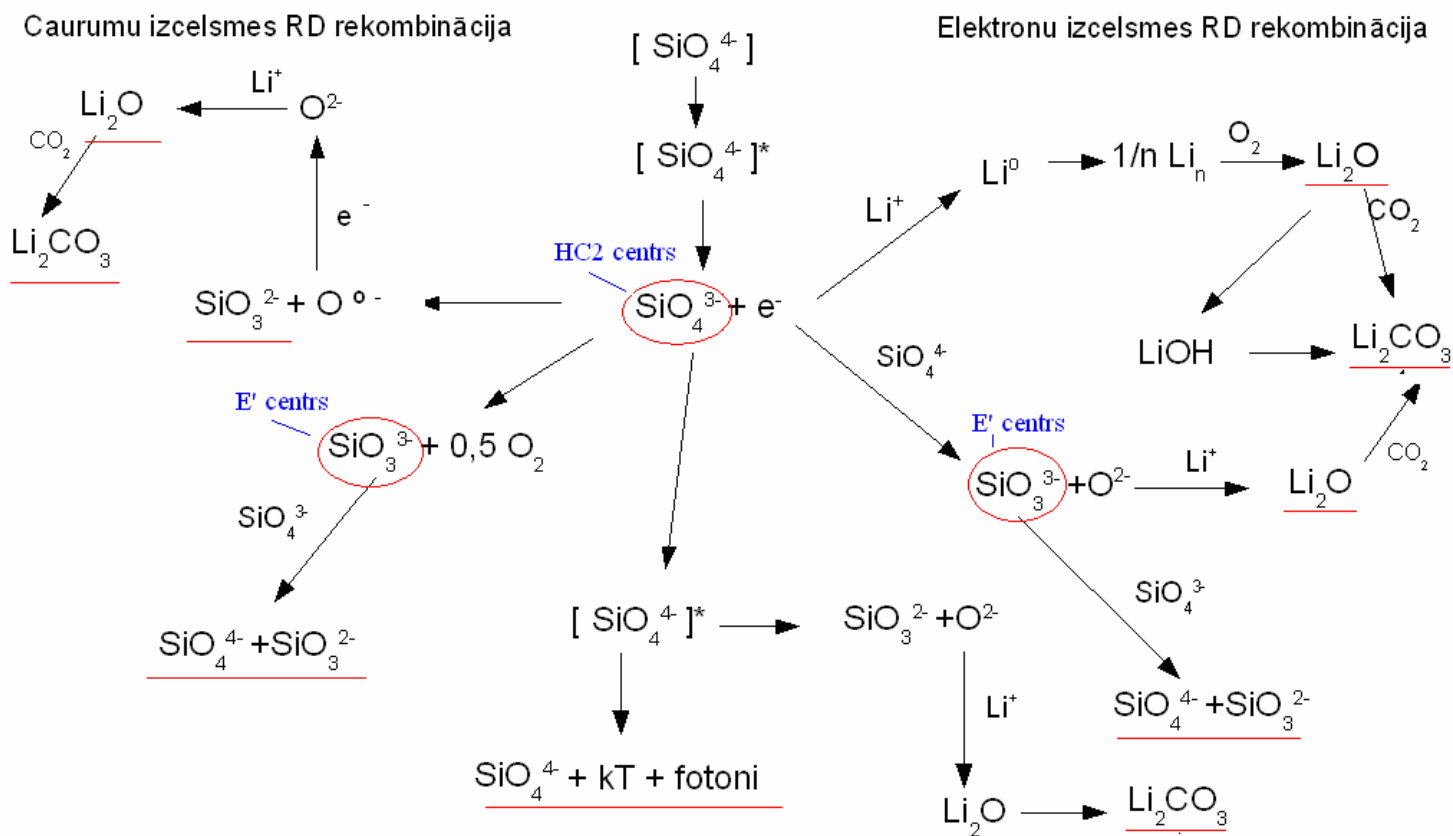
a) nesteheometriska  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  sadalīšanās pakāpe, ja absorbētā doza ir 10,5 GGy, ir 1,5%, bet steheometriska sastāva  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  tā sasniedz 10%;

b) augsto radiācijas izturību materiālos nodrošina efektīvi notiekoši primāro eksitonu dezaktivācijas procesi defektēto daļiņu virsmas slānī;

c) radiācijas izturības pieaugums nodrošina arī pārējo  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  lodīšu parametru (gāzveida produktu izdalīšanās, termiskā stabilitāte, mehāniskā izturība) uzlabošanās, kas nepieciešama materiālu praktiskās lietojumā kodoltermiskās sintēzes iekārtās.

# Nanostrukturēti keramiskie materiāli kodolsintēzes enerģētikai (II)

Analizējot radiācijas defektus un radiolīzes veidošanos un uzkrāšanos  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  keramikā (EPR, FTIR, TSL spektri, XRD), izstrādāta kopējā litija ortosilikāta radiolīzes procesu shēma.

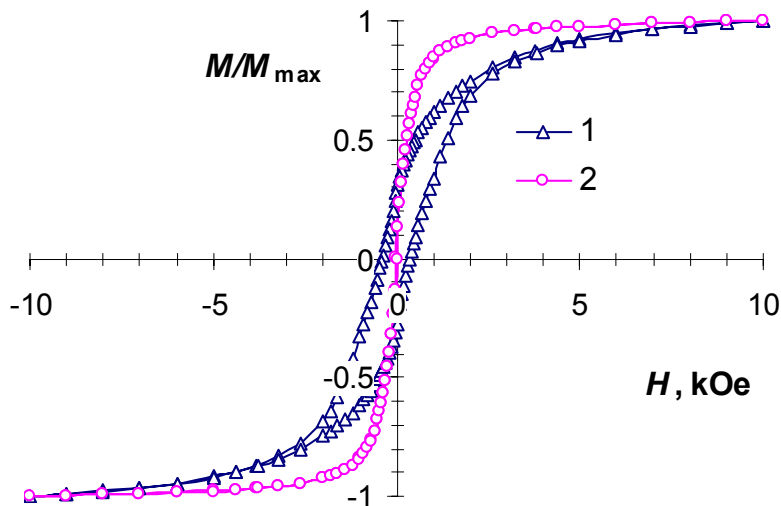


*Radiācijas defektu (RD) un radiolīzes produktu veidošanās litija ortosilikātā*

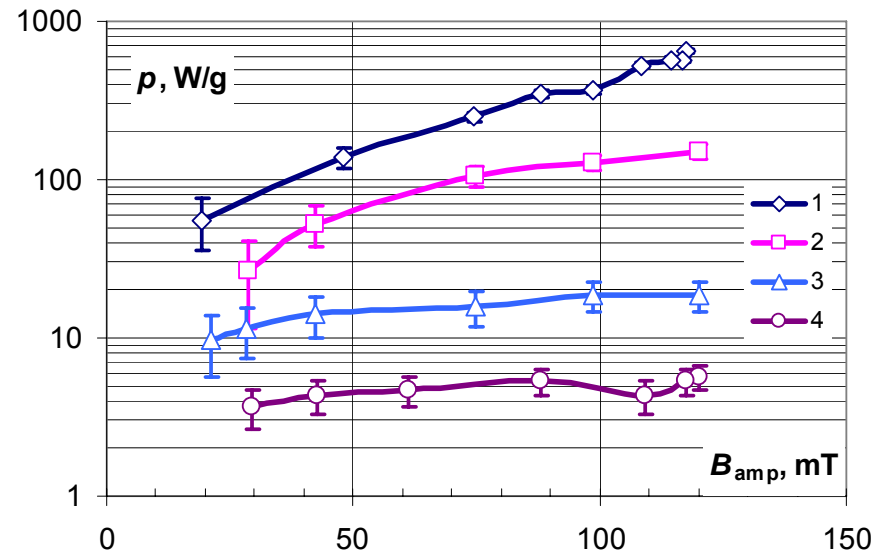
# Ferokoloidālo daļiņu termoforēzes metodikas pārbaude, magnētisko nanodaļiņu sintēze un testēšana

legūtas  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  un  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  magnētiskās nanodaļiņas un ferokoloīdi ar paaugstinātām magnētiskās anizotropijas īpašībām, kurās nestacionārā magnētiskās laukā panākta ievērojama enerģijas disipācija (lielāka par 100 W/g).

Modeļa eksperimentos parādīts, ka magnētiskās karsēšanas intensitāte ir pietiekama izmantošanai hipertermijai medicīnā vēža šūnu iznīcināšanai.



Magnetic hysteresis of ferrite nanoparticles in solid matrix: 1 -  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  (hard), 2 -  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (soft)



Heating intensity of samples at frequency 18 kHz:  
1 -  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  (solid matrix), 2 -  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  (liquid matrix), 3 -  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (liquid matrix), 4 -  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (solid matrix).



# Aktīvas ar elektromagnētisko lauku vadāmas nanosistēmas (I)

Izveidots principiāli jauna magnētiska mikropeldētāja modelis, kurš balstās uz lokana feromagnētiska filamenta deformācijām mainīgā magnētiskā laukā. Šādi filamentu tiek sintezēti, saistot mikronu lielas funkcionalizētas feromagnētiskas daļiņas ar 1 kb gariem DNS fragmentiem. Šo stīgu īpašības eksperimentāli noskaidrotas.

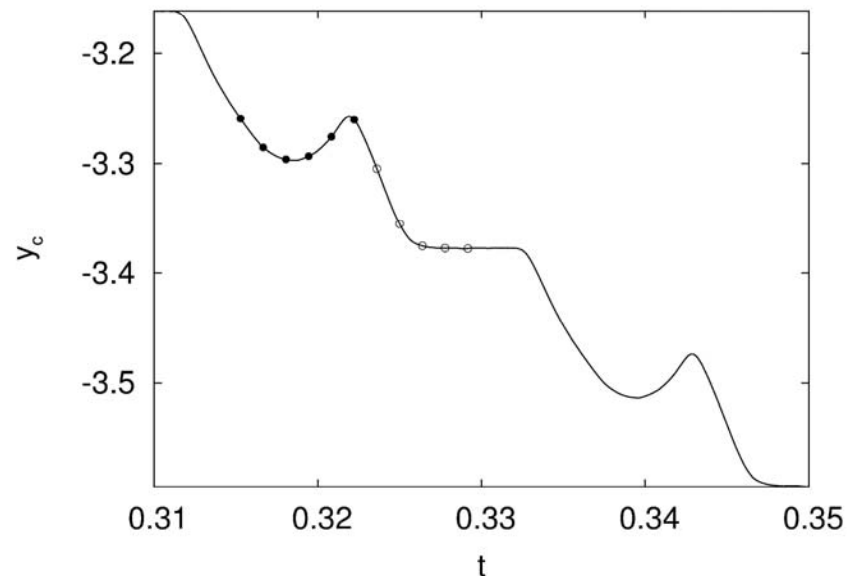
Izveidots lokanu feromagnētisku stīgu modelis, ņemot vērā to vērpi.

Radīta jauna magnētiskās mikroreoloģijas metode, kas balstās uz supramagnētiskas stīgas kustības mainīgā magnētiskā laukā.

Sadarbībā ar ārzemju partneriem veikti domenu dinamikas pētījumi feromagnētiķu plānās plēvētēs.

Sintezētas fluorescējošas un biosavienojamas magnētiskas nanodaļiņas to lietojumiem biomedicinā.

Pētījumi publicēti 6 rakstos citējamās žurnālos.



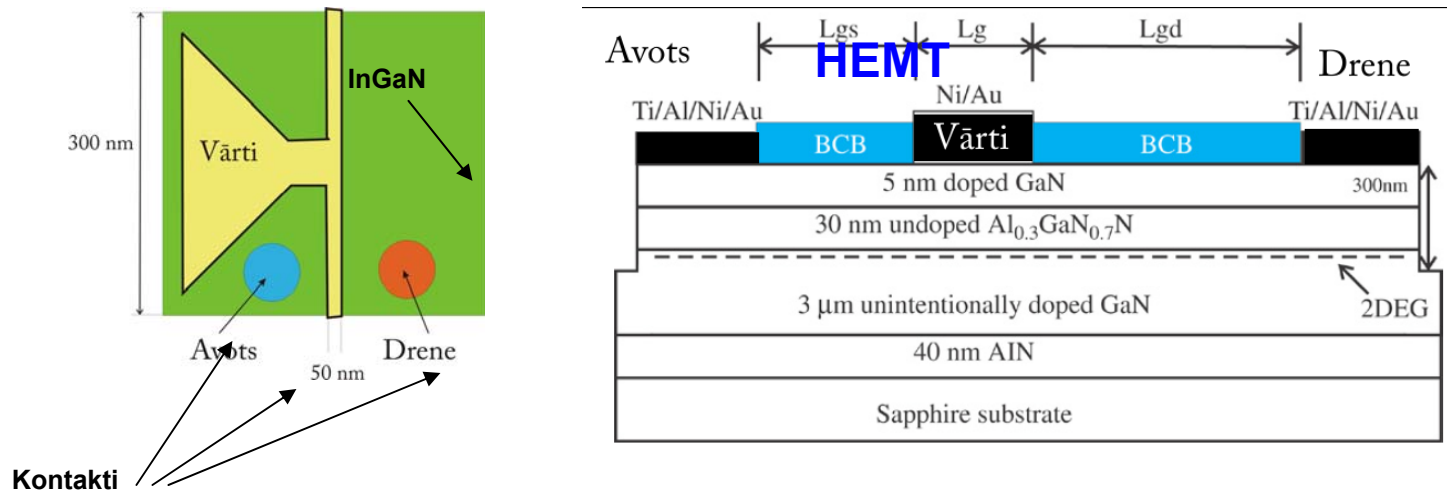
*Feromagnētiskas stīgas kustība perpendikulāri mainīgam laukam. Bezdimensionāla frekvence 300, magnetoelastīgais skaitlis 72*

# Aktīvas ar elektromagnētisko lauku vadāmas nanosistēmas (II)

- M.Belovs, and A.Cēbers. Ferromagnetic microswimmer. Phys.Rev.E – 2009, v.79, 051503;Erratum:Ferromagnetic microswimmer [Phys.Rev.E 79,051503 (2009)]. Phys.Rev.E – 2009, v.79, 069906(E).
- K.Ērglis, M.Belovs, A.Cēbers. Flexible ferromagnetic filaments and the interface with biology. Journal of Magnetism and Magnetic Materials – 2009, v.321, P.650-654.
- M.Belovs, T.Cīrulis, and A.Cēbers. Equilibrium shapes of twisted magnetic filaments. J.Phys.A:Math.Theor. – 2009,v.42, 235206
- M.Belovs, A.Cēbers. Properties of twisted ferromagnetic filaments. Journal of Physics:Conf.Ser. -2009, v.149, 012103.
- K.Ērglis,V.Ose,A.Zeltins,A.Cēbers. Viscoelasticity of the bacteriophage Pf1 network measured by magnetic microrheology. Magnetohydrodynamics (pieņemts publicēšanai)
- C.Gourdon,V.Jeudy, A.Cēbers, A.Dourlat, Kh.Khazen, and A.Lemaitre. Unusual domain-wall motion in ferromagnetic semiconductor films with tetragonal anisotropy. Phys.Rev. B – 2009, v.80, 161202(R).

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

Attīstīt augsta elektronu kustīguma tranzistoru (HEMT) struktūru iegūšanas MOCV tehnoloģiju; iegūt uzdots biežuma robežās no 18 līdz 26 nm  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  ( $x=0.2-0.4$ ) barjeras slāņus.



## Darba saturs

1. Monokristāliska GaN iegūšana uz safīra pamatnes : atomu gludas, bez makro plaisām
2. Monokristāliska  $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$  iegūšana bez makro plaisām: slāņa biezuma vienmērība
3. AlGaN un GaN slāņu atvēršana karakterizācijai.
4. Slāņu karakterizācija; Optiskās īpašības, elektriskās īpašības, atbilstība HEMT izveidei

Lietojumi: Terahercu jaudas komutācijas ierīces; satelītu sakari; daudzjoslu mobilie sakari; radari.



# Secinājumi

1. Valsts pētījumu programmas 5. projekta uzdevumi ir izpildīti. Projekts veikts 4 zinātniskās institūcijās. Pētījumu rezultāti ir atspoguļoti 24 zinātniskās publikācijās (14 zinātniskos citējamos žurnālos) un ziņoti 8 starptautiskās konferencēs. Projektā kopumā piedalījās 46 izpildītāji, to skaitā 14 zinātņu doktori, 6 studenti.
2. Izstrādātas nanodaļiņu, plāno kārtiņu un magnētiskā mikropeldētāja iegūšanas tehnoloģijas, noskaidrotas to īpašības un perspektīvais lietojums optoelektronikā, elektronikā, medicīnā, dzesēšanas sistēmās, kodoltermiskās sintēzes iekārtās.
3. Attīstot projekta izpildītāju sadarbību ar uzņēmējiem, nepieciešams veikt pasākumu kompleksu iegūto materiālu un izveidoto tehnoloģiju ieviešanu ražošanā.