

Jauna metode nanokompozītu materiālu fizikālo parametru spektrālā sadalījuma noteikšanai

Projekts Nr. 2011/0001/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/007/

4. etapa pētnieciskā darba rezultāti 01.03. 2012 – 31.07. 2012

ANOTĀCIJA

Projekta ceturtajā etapā izvērsti rūpnieciskie pētījumi aktivitātēs 1.1., 1.2. un 1.3, izmantojot iepriekšējos etapos izveidotās mēriekārtas koloīdu magnetizācijas, termiski ierosināto struktūru un termiskās separācijas procesu dinamikas, kā arī magnetooptiskās anizotropijas mērījumiem. Vienlaikus tiek izvērsti arī eksperimentālie pētījumi aktivitātēs 2.1 un 2.2. Aktivitātē 2.2. pētījumi tika uzsākti jau iepriekšējā etapā (skat. 3. etapa atskaites anotācijas 5. pozīciju), apsteidzot sākotnējo laika grafiku. Tas tika darīts apzināti ar mērķi radīt iespēju veikt lielāku uzmanību magnetogrammetrijas pētījumiem aktivitātē 2.1., kas projekta kopējā kontekstā uzskatāms par galveno uzdevumu un tā realizēšanai nepieciešams liels intelektuālā darba satura un laika resurss. Ceturtajā etapā iegūti sekojoši rezultāti:

1. Publicēti 2 raksti SCI žurnālos [1; 2] (**aktivitāte 3.2**). Projekta zinātniskie izpildītāji piedalījušies ar referātiem 2 starptautiskās konferencēs: „International Conference FMNT Functional Materials and Nanotechnologies 2012”, Institute of Solid State Physics, University of Latvia, April 17-20, 2012, Riga (5 dalībnieki) un „10th International Meeting on Thermodiffusion”, 4-8 June 2012, Brussels, Belgium (2 dalībnieki), kopā 7 referāti [8 – 12; 15; 16] (**aktivitāte 3.1**).
2. Sintezēti vairāki jauni magnētiskie koloīdi uz kobalta ferīta, mangāna-cinka ferīta un vairāku sarežģītāku gadolīniju saturošu komplekso ferītu bāzes [3; 8] ar paaugstinātām piromagnētiskām un magnētiskās relaksācijas īpašībām pielietošanai termomagnētiskās dzesēšanas iekārtās un medicīnas vajadzībām. ERAF projekta kontekstā šie koloīdi izmantojumi piedāvātās magnetogrammetrijas metodes attīstībai, jo sintezētajiem paraugiem mērķtiecīgi izvēlēti dažādi nanodaļiņu vidējie izmēri un atšķirīgas dispersā sastāva sadalījuma līknes. Iegūtie ferošķidrums paraugi tiek izmantoti pētījumiem **aktivitātēs 1.1. un 2.1.**

3. Veikti gravitācijas un centrifugālās sparācijas eksperimenti ar vienu no iepriekšējā punktā minētajiem ferokoloīdu paraugiem DF-102. Abos gadījumos novērota selektīva nanodaļiņu separācija atkarībā no to izmēra. Magnētiskās fāzes koncentrācija un nanodaļiņu vidējie izmēri noteikti, izmantojot magnētiskās granulometrijas, indukcijas spoļu induktivitātes un paraugu magnetooptiskās anizotropijas relaksācijas mērījumus. Novērotās optiskās relaksācijas laika izmaiņas labi korelē ar vidējo nanodaļiņu izmēru, kas noteikts no koloīdu atbilstošo frakciju magnetizācijas mērījumiem. [5; 10]. Pētījumi veikti **aktivitāšu 1.2., 1.3. un 2.2.** ietvaros.
4. Veikti divu magnētisko koloīdu paraugu nanodaļiņu granulometriskā sastāva salīdzinoši pētījumi, izmantojot tiešo (transmisijas elektronmikroskopija) un netiešo (magnetogranulometrija) analīzes metodes. Vienam paraugam raksturīgs log-normāls daļiņu izmēru sadalījums, bet otram – bimodāls sadalījums, kas parasti sastopams salikto ferītu nanokoloīdos. Abiem paraugiem novērota laba daļiņu izmēru sadalījuma funkcijas formas, vietējo izmēru, kā arī vidējās standarta deviācijas koeficientu korelācija [4; 9]. Iegūtie rezultāti liecina, ka apsekoto koloīdu nelielo nanodaļiņu izmēru un zemas koncentrācijas gadījumā magnetogranulometrijas analīzei izmantojams subfrakciju magnetizācijas aditīvs Lanžvena funkciju superpozīcijas tuvinājums. Pētījumi veikti **aktivitātes 2.1.** ietvaros.
5. Izmantojot iepriekšējā etapā izveidoto mēriekārtu, uzsākti sistemātiski nanokoloīdu termoforētiskās translācijas separācijas pētījumi porainā slānī. Novērots, ka magnētiskais lauks, ja tas vērsts temperatūras gradienta virzienā, izsauc jūtamu efektīvā termodifūzijas koeficienta samazināšanos un būtisku efektīvā difūzijas koeficienta pieaugumu [7]. Novērota arī magnētiskā lauka ietekme uz šķidrums filtrāciju slānī, kas izraisa jūtamu separācijas procesa palēnināšanos [12]. Novērotā nanodaļiņu separācijas intensitāte ievērojami augstāka, nekā tā, kuru paredz līdz šim zināmais magnētiskais Soret efekts. Piedāvāts jauns magnētiskās nanodaļiņu separācijas mehānisms – reversā magnētiskā osmoze, saskaņā ar kuru nanodaļiņu pārneši intensificē termomagnētiskā spiediena gradients porainajā slānī. Šī hipotēze tiks pamatota, izdarot papildus eksperimentus un padziļinot iegūto rezultātu kvantitatīvu analīzi [17]. Eksperimentos ar magnētiskā koloīda slānīti, kuru ierobežo šķidrums caurlaidīgas tīklveida sienas, noskaidrots, ka anomāli intensīvā nanodaļiņu separācija magnētiskā garenlaukā izskaidrojama ar nemagnētisko sienu tīkla elementu izsaukto mikrokonvekciju [13; 15; 1]. Pētījumi tiek veikti **aktivitātes 1.3.** ietvaros.
6. Ja koloīdu dispersā sastāva pētījumi tiek veikti, izmantojot optiski ierosināto termodifūzīvo struktūru relaksāciju, magnētiskā lauka klātbūtnē novērojama virkne parazītisku termokonvektīvo parādību, kuras izjauc nanodaļiņu struktūru relaksācijas procesu termodifūzīvo raksturu, tādējādi neļaujot kvantitatīvi novērtēt pārnese koeficientus. Pētot magnētiski ierosināto konvekcijas virpuļveida struktūru stabilitāti, noteikti separācijas procesu raksturojošo parametru robežas, līdz kurām iespējama difūzijas nu termodifūzijas koeficientu analīze, izmantojot

optiskā signāla relaksāciju [14; 16; 18]. Teorētiskās analīzes rezultāti labi sakrīt ar eksperimentu. Šādā ceļā iegūti magnētiskā Soret efekta pētījumu rezultāti magnētiskā garenlauka gadījumā, kuri tika izmantoti, analizējot iepriekš minētos termomagnētiskās separācijas eksperimentus (skat. iepriekšējo punktu Nr. 5). Pētījumi tiek veikti **aktivitātes 1.3.** ietvaros.

7. Veikti magnētisko nanokoloīdu gravitācijas sedimentācijas eksperimenti vertikālā kolonā ar mērķi noskaidrot hidrodinamiskā Stoksa likuma piemērotību nanodaļiņu vidējo izmēru noteikšanai polidispersos koloīdos [6; 11]. Sakarā ar to, ka nelielu izmēru gadījumā separācijas process ļoti lēns, nepieciešami ilgstoši eksperimenti, veicot sedimentācijas mērījumus vairāku nedēļu, pat mēnešu, garumā. Līdz šim noskaidrots, ka jau relatīvi nelielu koncentrāciju gadījumā nanodaļiņu izmēru noteikšanai Stoksa likums papildināms ar Batčelora matricas locekļu korekcijām, kas atspoguļo ne tikai koloidālās sistēmas nanodaļiņu koncentrāciju, bet arī to disperso sastāvu. Visnozīmīgākās izrādās diagonālās korekcijas [19]. Magnētiskās separācijas gadījumā sedimentācijas spēks telpiski nehomogēns, tādēļ novērojamas daļiņu koncentrācijas izmaiņas ne tikai robežslāņos sedimentācijas kolonas galu tuvumā, bet arī visā koloīda tilpumā [2]. Pētījumi tiek veikti **aktivitāšu 1.3. un 2.2.** ietvaros.

Pielikumi:

1. E. Blums, A. Mezulis, G. Kronkalns, V. Sints, Transport of nanoparticles through non-isothermal ferrofluid layer with permeable walls, *Magneto hydrodynamics* Vol. **48** (2012), No. 2, pp. 43–50.
2. A. Mezulis, D. Zablotzky, E. Blums, Dynamics of concentration profiles of nano-sized magnetic particles in a non-uniform magnetic field, *Magneto hydrodynamics* Vol. **48** (2012), No. 2, pp. 43–48.
3. G. Kronkalns, M. Maiorov, Synthesis of Ferrite Nanoparticles for the Magnetic Fluids of Various Practical Applications, in: *International Conference FMNT Functional Materials and Nanotechnologies 2012*, Institute of Solid State Physics, University of Latvia, April 17-20, Riga 2012, Abstracts, p. 244.
4. M. Maiorov, V. Šints, M. Lubane, E. Blums, Direct and Indirect Determination of the Ferrite Nanoparticles Size Distribution, in: *International Conference FMNT Functional Materials and Nanotechnologies 2012*, Institute of Solid State Physics, University of Latvia, April 17-20, Riga 2012, Abstracts, p. 246.
5. M. Maiorov, A. Mezulis, The Relaxation Time of the Ferrofluid Optical Anisotropy as an Indicator of the Ferrite Nanoparticles Fractionation, in: *International Conference FMNT Functional Materials and Nanotechnologies 2012*, Institute of Solid State Physics, University of Latvia, April 17-20, Riga 2012, Abstracts, p. 247.
6. A. Mezulis, E. Blums, M. Maiorov, A. Lickrastina, Sedimentation of suspended nanoparticles, in: *International Conference FMNT Functional Materials and*

- Nanotechnologies 2012*, Institute of Solid State Physics, University of Latvia, April 17-20, Riga 2012, Abstracts, p. 248.
7. V. Sints, E. Blums, G. Kronkalns, A. Mezulis, Nonisothermal Transport of Ferrocolloid Particles through Porous Membrane under Transversal Magnetic Field, in: *International Conference FMNT Functional Materials and Nanotechnologies 2012*, Institute of Solid State Physics, University of Latvia, April 17-20, Riga 2012, Abstracts, p. 245.
 8. G. Kronkalns, M. Maiorov, E. Blums, Synthesis of Ferrite Nanoparticles for the Magnetic Fluids of Various Practical Applications *International Conference FMNT Functional Materials and Nanotechnologies 2012*, Institute of Solid State Physics, University of Latvia, April 17-20, Riga 2012, Poster.
 9. M. Maiorov, V. Šints, M. Lubane, E. Blums, Direct and Indirect Determination of the Ferrite Nanoparticles Size Distribution, *International Conference FMNT Functional Materials and Nanotechnologies 2012*, Institute of Solid State Physics, University of Latvia, April 17-20, Riga 2012, Poster.
 10. M. Maiorov, A. Mežulis, The Relaxation Time of the Ferrofluid Optical Anisotropy as an Indicator of the Ferrite Nanoparticles Fractionation , *International Conference FMNT Functional Materials and Nanotechnologies 2012*, Institute of Solid State Physics, University of Latvia, April 17-20, Riga 2012, Poster.
 11. A. Mezulis, E. Blums, M. Maiorov, A. Lickrastina, Sedimentation of suspended nanoparticles, *International Conference FMNT Functional Materials and Nanotechnologies 2012*, Institute of Solid State Physics, University of Latvia, April 17-20, Riga 2012, Poster.
 12. V. Sints, E. Blums, G. Kronkalns, A. Mezulis, Nonisothermal Transport of Ferrocolloid Particles through Porous Membrane under Transversal Magnetic Field, *International Conference FMNT Functional Materials and Nanotechnologies 2012*, Institute of Solid State Physics, University of Latvia, April 17-20, Riga 2012, Poster.
 13. E. Blums, G. Kronkalns, A. Mežulis, V. Sints, Non-isothermal separation of ferrofluid particles through grids: abnormal magnetic Soret effect, in: *10th International Meeting on Thermodiffusion*, 4-8 June 2012, Brussels, Belgium, Abstracts, p.79.
 14. D. Zablotsky, A. Mezulis, E. Blums, Convective stability of photoinduced microstructures in ferrofluid layers, in: *10th International Meeting on Thermodiffusion*, 4-8 June 2012, Brussels, Belgium, Abstracts, p. 53.
 15. E. Blums, G. Kronkalns, A. Mežulis, V. Sints, Non-isothermal separation of ferrofluid particles through grids: abnormal magnetic Soret effect, in: *10th International Meeting on Thermodiffusion*, 4-8 June 2012, Brussels, Belgium, Poster.

16. D. Zablotsky, A. Mezulis, E. Blums, Convective stability of photoinduced microstructures in ferrofluid layers, in: *10th International Meeting on Thermodiffusion*, 4-8 June 2012, Brussels, Belgium, Presentation.
17. E. Blums, New problems of mass transport in magnetic fluids, *13th International Conference on Magnetic Fluids*, New Delhi, 7-11 January, 2013, (submitted).
18. D. Zablotsky, E. Blums, Formation, evolution and stability of photoabsorptive microstructures in ferrofluid layers, *13th International Conference on Magnetic Fluids*, New Delhi, 7-11 January, 2013, (submitted).
19. A. Mezulis, E. Blums, M. Maiorov, A. Lickrastina, Sedimentation of Interacting Nanoparticles, *13th International Conference on Magnetic Fluids*, New Delhi, 7-11 January, 2013, (submitted).