

Jauna metode nanokompozītu materiālu fizikālo parametru spektrālā sadalījuma noteikšanai

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

2. etapa pētnieciskā darba rezultāti 01.07 – 30.09. 2011

ANOTĀCIJA

Projekta otrajā etapā bija paredzēts veikt vairākus rūpnieciskos pētījumus ar mērķi noskaidrot fizikālās īpašības tiem magnētisko nanokoloīdu paraugiem, kurus varētu izmantot turpmākos eksperimentālos darbos kā fizikālus modeļus projektā plānotajiem pētījumiem par polidispersu ferokoloīdu nanodaļiņu granulometriskā sastāva noteikšanu no paraugu magnetizācijas mērījumiem. Galvenie šajā etapā iegūtie rezultāti sekojoši:

1. Veikti elektriski lādētu nanodaļiņu termodifūzijas pētījumi. Apsekoti trīs sintezētie jonu-stabilizēto magnētisko hidrosolu paraugi un noskaidrots, ka nanodaļiņu negatīvās Soret koeficienta vērtības pietiekoši labi saskan ar teorētiski prognozētajām. Izmantojot dažādas nanodaļiņu elektriskā dubultslāņa teorētiskās aproksimācijas, novērtēts daļiņu virsmas elektriskais lādiņš. Veikti nanodaļiņu dispersā sastāva pētījumi, izmantojot optiski ierosināto struktūru difrakcijas signāla relaksācijas un gaismas dinamiskās izkliedes mērījumus, kā arī magnetizācijas mērījumus, uzskatot polidispersas sistēmas rezultējošo magnetizāciju kā noteikta skaita subfrakciju Lanževena procesu superpozīciju. Izmantotās metodes uzrāda jūtamas nanodaļiņu iegūto vidējo izmēru atšķirības, kas izskaidrojamas ar nemagnētiska virsmas slāņa eksistenci nanodaļiņās un ar agregātu veidošanos dispersijās [1]. Tas jāņem vērā, šos paraugus izmantojot projektā izstrādājamo granulometrijas metožu aprobācijā.
2. Veikti nanodaļiņu separācijas pētījumi plānā ferokoloīdu slānītī nehomogēna magnētiskā lauka iespaidā. Izmantojot optiskās interferometrijas metodi (Maha-Cendera interferometra shēma), veikti nanodaļiņu koncentrācijas profila dinamikas mērījumi pasīvas un necaurļaidīgas robežas tuvumā pie dažādām magnētiskā lauka telpiskā sadalījuma vērtībām. Eksperimentu rezultāti labi saskan ar tuvinātiem koncentrācijas lauka aprēķiniem koncentrācijas robežslāņa tuvinājumā, kā arī ar skaitliskiem difūzijas vienādojuma risinājumiem, kas veikti ievērojot reālu magnetoforētiskā spēka telpisko sadalījumu [2,7]. Magnetodifūzijas interferometriskie pētījumi izdevīgi papildina optiski ierosināto

struktūru difrakcijas relaksācijas pētījumus, tie abi var tikt izmantoti polidisperso koloīdu nanodaļiņu vidējo izmēru novērtēšanai.

3. Sintezēti magnētiski organosoli ar liofilizētām dzelzs ferīta nanodaļiņām, kā stabilizatoru izmantojot oleīnskābi. Noskaidrots, ka istabas temperatūras apstākļos ķīmiskās izsēdināšanas ceļā iegūst magnetītu, bet paaugstinot temperatūru, cietajā fāzē pakāpeniski pieaug maghemīta un goetīta saturs. Nanodaļiņu izmēri izvērtēti, izmantojot elektronmikroskopijas, rentgenstaru difrakcijas, dinamiskās gaismas izkliedes un magnētiskās metodes. Novērotās atšķirības izskaidrojamas ar daļiņu nehomogēno magnetizāciju (virsmas nemagnētiskais slānis). Līdzīgi rezultāti iegūti arī, apsekojot Latvijas Organiskās sintēzes institūtā iegūtos ferītu hidrosolus [8]. Veikti ultracentrifūgālās un augstgradienta magnētiskās separācijas pētījumi ar mērķi izdalīt nanodaļiņu frakcijas ar dažādiem vidējiem izmēriem turpmākiem granulometrijas pētījumiem aktivitātēs 1.1 un 1.3. Noskaidrots, ka ar abiem paņēmieniem iespējams iegūt ievērojamas nanodaļiņu vidējo izmēru vērtību atšķirības. Līdz ar to abas metodes izmantojamas projekta turpmākos pētījumos [3,6].
4. Veikti pētījumi par magnetīta nanodaļiņu translācijas pānesi caur caurlaidīgu sienu ierobežotu plakanu neizotermisku ferokoloīda slānīti. Novērotas eksponenciāla rakstura koncentrācijas izmaiņas laikā. Separācijas līkņu amplitūda raksturo nanodaļiņu efektīvo Soret koeficientu, bet relaksācijas laiks ļauj novērtēt efektīvo masas difūzijas koeficientu. Novērota būtiska abu pāneses koeficientu atkarība no magnētiskā lauka, kas konceptuāli apstiprina iepriekš veiktos teorētiskos pētījumus par lauka inducēto mikronkonvektīvo nanodaļiņu pānesi neizotermiskās magnētiskās dispersijās. Atrastās nestacionārās separācijas likumsakarības ļauj novērtēt koloidālo daļiņu vidējos hidrodinamiskos izmērus un dispersijas granulometrisko sastāvu [4,5]. Nepieciešami turpmāki pētījumi, analizējot pāneses parādības kapilārās vidēs un papildinot nanodaļiņu separācijas mērījumus ar osmotisko parādību pētījumiem.
5. Pilnveidota mēriekārta optiskā ceļā inducētas Releja izkliedes (Forced Rayleigh Scattering) pētījumiem plānā magnētiskā šķidrums slānītī. Nanodaļiņu telpiskās struktūras tiek ierosinātas vai nu lāzera divu laikā modulētu koherentu staru interferences ceļā, vai izmantojot augstspiediena dzīvsudraba lampas veidotu mehāniska tīkla optisku attēlu. Nanodaļiņu struktūras un to dinamika tiek pētītas, mērot mazas jaudas He-Ne lāzera difrakcijas signālu no inducētajām nanodaļiņu struktūrām vai vizualizējot nehomogēnas koncentrācijas ierosinātā interferences lauka topogrāfiju. Abu šo metodiku apvienošana vienā mēriekārtā ir jaunās izstrādes pamatbūtība. Mēriekārta paredzēta rūpnieciskajiem pētījumiem aktivitātē 1.3. [9] (auditējamā vērtība 1.3.M-1).
6. Veikti kompleksi magnetizācijas (VSM) un dinamiskās gaismas izkliedes (DSL) mērījumi ferītu nanodaļiņas saturošos koloīdos istabas temperatūrā atkarībā no magnētiskās fāzes koncentrācijas. Pētījumu mērķis - noskaidrot daļiņu koncentrācijas robežas, līdz kurām magnetogranulometrijas pētījumos

izmantojams koloīda magnetizācijas līknes vienkāršots Lanževena funkciju superpozīcijas modelis. Lai nodrošinātu mērījumus nemainīgos koloīda dispersā sastāva apstākļos, nanodaļiņu koncentrācija katrā paraugā tika mainīta, iztvaicējot daļu nesējšķidrums zema spiediena apstākļos. Salīdzinot iegūtās dažādu koloīdu nanodaļiņu dispersijā sastāva līknes, fiksētas koncentrācijas, virs kurām granulometriskā sastāva noteikšanai nepieciešams izmantot sarežģītākus magnetizācijas modeļus, kuros tiek ņemta vērā nanodaļiņu magnētiskā mijiedarbība [10]. Iegūtie rezultāti satur būtisku informāciju turpmākiem eksperimentāliem pētījumiem aktivitātē 2.1 [10] (auditējamā vērtība 1.1.R-1).

7. Iegūtie rezultāti ziņoti starptautiskā konferencē „8th International PAMIR Conference on Fundamental and Applied MHD”, Borgo, Corsics, France, September 5 – 9, 2011.

Pielikumi

1. A. Mezulis, O. Petricenko. *Thermodiffusion motion of electrically charged nanoparticles*, *Central European Journal of Physics*, accepted for publication, 10 pages.
2. Mezulis, A., D. Zablockis, E. Blums, Dynamics of concentration profiles of nanosized magnetic particles in non-uniform magnetic field, *Proc. 8th International PAMIR Conference on Fundamental and Applied MHD*, Borgo, Corsics, France, September 5 – 9, 2011, Vol.2, 963 – 968.
3. G. Kronkalns, M. Kodols, M. Maiorov, Change of phase composition of magnetic fluid nanoparticles after HGMS, *Proc. 8th International PAMIR Conference on Fundamental and Applied MHD*, Borgo, Corsics, France, September 5 – 9, 2011, Vol.2, p. 957 – 962.
4. E. Blums, A. Mezulis, G. Kronkalns, V. Sints, Transport of nanoparticles through nonisothermal ferrofluid layer with permeable walls, *Proc. 8th International PAMIR Conference on Fundamental and Applied MHD*, Borgo, Corsics, France, September 5 – 9, 2011, Vol.2, p. 1033-1037.
5. E. Blums, A. Mezulis, G. Kronkalns, V. Sints, Transport of nanoparticles through nonisothermal ferrofluid layer with permeable walls, Presentation, 8th International PAMIR Conference on Fundamental and Applied MHD, Borgo, Corsics, France, September 5 – 9, 2011.
6. G. Kronkalns, M. Kodols, M. Maiorov, Change of phase composition of magnetic fluid nanoparticles after HGMS, Presentation, 8th International PAMIR Conference on Fundamental and Applied MHD, Borgo, Corsics, France, September 5 – 9, 2011.
7. Mezulis, A., D. Zablockis, E. Blums, Dynamics of concentration profiles of nanosized magnetic particles in non-uniform magnetic field, Poster, 8th International PAMIR Conference on Fundamental and Applied MHD, Borgo, Corsics, France, September 5 – 9, 2011.

8. Segal, I, A. Zablotskaya, A. Svarinsky, A. Mishnev, M. Maiorov D. Zablotsky, E. Blums, V. Nikolajeva, Iron oxide/oleic acid magnetic nanoparticles stabilized with long-chain derivatives of N-(2-hydroxyethyl)-1,2,3,4-tetrahydroisoquinoline possessing antimicrobial properties, Poster, 8th International PAMIR Conference on Fundamental and Applied MHD, Borgo, Corsics, France, September 5 – 9, 2011.
9. Modernizēta mēriekārta termiski ierosināto optisko struktūru pētījumiem ferokoloīdos, apraksts un pieņemšanas akts 1.3.M-1.
10. Nanodaļiņu izmēru sadalījums magnētiskos koloīdos: inversā uzdevuma analīze nesadarbojošos daļiņu ansamblim, mērījumu rezultātu kopa (14 lp.) un pieņemšanas akts 1.1.R-1.

Pievienotais foto: modernizētās mēriekārtas 1.3.M-1 kopskats

