

Jauna metode nanokompozītu materiālu fizikālo parametru spektrālā sadalījuma noteikšanai

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

3. etapa pētnieciskā darba rezultāti
01.10. 2011 – 29.02. 2012

ANOTĀCIJA

Projekta trešajā etapā tika veikti vairāki rūpnieciskie pētījumi ar mērķi noskaidrot fizikālās īpašības dažādiem, no praktiskās pielietojanas viedokļa (magnētiskā hipertermija, termomagnētiskās dzesēšanas ierīces) interesantiem, ferokoloīdu paraugiem ar sarežģītu magnētisko momentu spektrālo sadalījumu, kurus varētu izmantot turpmākos eksperimentālos pētījumos kā fizikālus modeļus projektā plānotajām izstrādņēm nanodaļiņu granulometriskā sastāva noteikšanā. Vienlaikus tika izveidotas jaunas iekārtas turpmākiem rūpnieciskiem pētījumiem un veikti eksperimentālie pētījumi koloīdu pārnesei procesu relaksācijas spektrālā sadalījuma analīzē. Darba gaitā iegūti sekojoši rezultāti:

1. Veikti saliktu $\text{Co}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ferītu nanodaļiņas saturošu koloīdu magnētisko īpašību pētījumi. Šādiem koloīdiem raksturīgas spēcīgas piromagnētiskās īpašības, kas nodrošina to potenciālu izmantošanu termomagnētiskās konvektīvās dzesēšanas iekārtās. Nanodaļiņu sintēzei izmantota oriģināla sonoķīmiska metode, emulsificējot un iztvaicējot saliktajā ferītā ietilpstošo metālu katijonu ūdens šķīdumu emulsiju eļļā. Šādi iespējams iegūt koloīdus ar šauru nanodaļiņu izmēru spektrālo sadalījumu, kas nodrošina augstu dispersijas koloidālo stabilitāti. Iegūto koloīdu termiska apstrāde būtiski paaugstina ferīta piesātinājuma magnetizāciju [1]. Veikti dažādu paraugu magnetogranulometriskie pētījumi, pielietojot konvenciālo Lanževena funkciju superpozīcijas metodi. Salīdzinot iegūtos rezultātus ar elektronmikroskopiskajiem un rentgenoskopiskajiem datiem, noskaidrota būtiska nanodaļiņu magnetizācijas nehomogenitāte un paramagnētisku nanodaļiņu klātbūtne dispersijā. Magnetogranulometrisko rezultātu precizēšanai kalpotu ERAF projektā plānotās jaunās analīzes metodes izmantošana.
2. Veikti kompleksi magnētiski „cietu” CoFe_2O_4 ferītu nanodaļiņu īpašību pētījumi. Salīdzinājumā ar ferošķidrumos parasti izmantoto magnetītu Fe_3O_4 , kobalta ferīta nanodaļiņas atšķiras ar ievērojami augstāku magnētiskās Brauna tipa relaksācijas laiku, kas nodrošina spēcīgāku zemfrekvences magnētiskā lauka enerģijas disipāciju koloīdā. Tas nodrošina šo dispersiju izmantošanu medicīniskās

- hipertermijas vajadzībām. Salīdzinot pētāmo koloīdu paraugu kompleksās magnētiskās uzņēmības un enerģijas disipācijas intensitātes korelāciju ar magnetogranulometriskā ceļā iegūtiem nanodaļiņu izmēriem, noskaidrota nanodaļiņu magnētiskās relaksācijas atkarība no daļiņu izmēru spektrālā sadalījuma [2].
3. Izstrādāta un izgatavota ierīce vibrācijas magnetometra LakeShore Model 340 parauga temperatūras automātiskai regulēšanai. Temperatūras režīms tiek nodrošināts un kontrolēts cilindriskā kamerā, kurā iegremdēts pētāmais paraugs. Kameru aptver vakuuma apvalks, kas savienots ar vakuumsūkni. Lai nodrošinātu efektīvu temperatūras kameras dzesēšanu un novērstu sienu apledošumu, apvalkā tiek nodrošināts retinājums 10^{-3} mm Hg. Kameras apakšējā daļa savienota ar teflona pamatni, caur kuru kamerā iepludina aukstumnesēju (šķidrslāpekļis). Kameras aukstumnesēja plūsmā ievietots regulējamas strāvas nihroma sildelements un hromela-alumela termopāris temperatūras režīma kontrolei. Iekārta nodrošina mērāmā parauga temperatūru intervālā no šķidra slāpekļa vārīšanās temperatūras (-195 C) līdz +150 C ar soli 1 C. [3].
 4. Izstrādāta eksperimentālā šūna un komplektēta mēriekārta magnētisko koloīdu termiskās separācijas pētījumiem porainā slānī. Separācijas šūnu veido poraina materiāla membrāna (biezums 1 mm), kas ieslēgta starp divām cilindriskām magnētisko šķidrums kamerām. Kameras tiek uzturētas pie dažādām temperatūrām, termostatējot tās caur ārējām galu sienām. Kameru cilindriskajās sienās izveidoti U-tipa manometra cauruļu ievadi un iemontētas elektriski izolētas magnētiskās indukcijas spoles. Kameras tiek piepildītas ar pētāmo magnētisko šķidrums un ar termostatu palīdzību tiek nodrošināta to atšķirīga temperatūra. Termiskās separācijas rezultātā kamerās notiek nanodaļiņu koncentrācijas izmaiņas laikā, tās tiek noteiktas, mērot spoļu indukciju. Tinumu omiskā pretestība ļauj noteikt magnētisko šķidrums vidējo temperatūru katrā kamerā. Osmotiskā spiediena izmaiņas tiek reģistrētas ar miniatūras WEB kameras palīdzību. Separācijas šūna ievietota ūdens dzesējamā solenoidā, kas nodrošina homogēnu aksiālu magnētisko lauku intervālā no 0 līdz 80 mT. Eksperimentu režīms tiek datorizēti kontrolēts, sensoru signālu mērījumi ir automatizēti un rezultāti tiek uzkrāti datorā. Iekārta aprīkota ar dzesēšanas un elektriskās jaudas drošības sensoriem, tā darbojas automātiskā režīmā un nodrošina nepārtrauktus un ilgstošus eksperimentus vairāku nedēļu garumā [4].
 5. Veikti pētījumi, lai nodrošinātu polidispersu koloīdu rimstošu procesu eksponenciālo funkciju parametru spektrālā sadalījuma analīzi. Izstrādāta metode attiecīgā apgrieztā matemātiskā uzdevuma analīzei. Problēmas skaitliskā risināšana nav stabila un prasa īpašas regularizācijas metodes, piemēram, mazas vērtības papildus matemātisko locekļu ieviešanu, kas palīdz stabilizēt atrisinājumu. Izstrādāts skaitlisko risinājumu algoritms un izveidota FORTRAN datorprogramma eksperimentālo datu apstrādei. Programmas pārbaudei tika izmantotas dažādas rimstošu procesu parauglīknes. Metodes pielietojamība demonstrēta, analizējot magnētisko koloīdu optiski ierosināto termisko nanodaļiņu struktūru relaksācijas signāla spektrālo sastāvu [5].

Pielikumi

1. Manickam Sivakumar, Atsuya Towataa, Kyuichi Yasuia, Toru Tuziuti, Teruyuki Kozuka, Yasuo Iida, Michail M. Maiorov, Elmars Blums, Dipten Bhattacharya, Neelagesi Sivakumar, M. Ashok. Ultrasonic cavitation induced water in vegetable oil emulsion droplets – A simple and easy technique to synthesize manganese zinc ferrite nanocrystals with improved magnetization. *Ultrasonics Sonochemistry* **19** (2012) 652–658.
2. G.Kronkalns, M.M.Maiorov, E.Blums. Heating of magnetic fluids by a low frequency alternating magnetic field. *Magnetohydrodynamics* 47 (2011), No. 3, 249–264.
3. Plaša temperatūras diapazona magnētisko mērījumu papildierīce vibrācijas magnetometram, Atskaite, 8 lp.
4. Eksperimentāla iekārta magnētisku nanodaļiņu separācijas pētījumiem neizotermiskos apstākļos, Atskaite, 6 lp.
5. Rimstošu procesu relaksācijas spektra noteikšana ar mazāko kvadrātu metodi, Atskaite, 8 lp.