



I E G U L D Ī J U M S T A V Ā N Ā K O T N Ē

Projekta Levitācija zinātnisko rezultātu pārskats Nr.6

Atskaites periods: projekta ceturksnis Nr. 6.

(01.07.2022. - 30.09.2022.)

Projekts: Nr. 1.1.1.1/20/A/070 “Nākamās paaudzes tehnoloģijas izstrāde augstas tīrības kristālu audzēšanā, izmantojot MHD pseido levitāciju”.

Projekta realizētāji: Latvijas Universitāte (*vadošais partneris*), SIA “AGL Technologies” un SIA “Cryogenic and Vacuum Systems”.

Projekta vispārējais mērķis: Vispārējais mērķis ir pirmo reizi pasaulē pārbaudīt eksperimentāli nākamās paaudzes iekārtas koncepciju ultra augstas tīrības pakāpes germānija kristālu audzēšanai ar MHD levitācijas metodi pseudolevitācijas apstākļos (*nākotnes vajadzības prasa tīrību viens svešais atoms uz 10^{13} germānija atomiem Ge kristālā*) ar virsmērķi nākotnē tādus ražot un lietot Latvijā, kā arī eksportēt, licencējot intelektuālo īpašumu.

Projekta darbības un paveiktais dotajā atskaites periodā:

Darbība 1. Izstrādāt detalizētu projekta "Levitācija" darba plānu un ar to saistīto iepirkumu plānu, lai nodrošinātu projekta mērķu sasniegšanu

Paveikts Darbībā 1. plānotais un pabeigta satura atskaites izstrāde par Darbības 1 izpildi.

Darbība 2. MHD datormodelēšana

Apakšdarbība 2.1. literatūras un konferenču rakstu krājumu, pētījumu atskaišu studijas.

Sagatavota Darbības 2 atskaites literatūras pārskata daļa, kas tiks papildināta ar pabeigtu sadaļu par notikušajiem zinātniskajiem kolokvijiem.

Darbībā 2 ir paredzēta iegūto datu kopu un zināšanu izmantošana, izvēloties izkausētai zonai magnetohidrodinamiskās stabilitātes nosacījumus. Šis darbs tiks optimizēts 2023.gadā.

Darbība 3. zemtemperatūras eksperimentālas iekārtas izveide alvas kristālu audzēšanai (300°C, atmosfēra)

Apakšdarbība 3.1. Zemtemperatūras iekārtas rasējumu un skiču detalizācija.

6. projekta ceturksnī tika strādāts pie nepieciešamo rasējumu un skiču kopuma un turpināta to uzlabošana. Vajadzība pēc uzlabojumiem radās analizējot pirmo koncepteksperimentu rezultātus, kuri tika veikti sakarā ar gatavošanos darba sarunām komandējumos Berlīnē -19.- 22. maijā un Tventē -29.maijs-1.jūnijs (*The Leibniz-Institut für Kristallzüchtung, German for Leibniz Institute for Crystal Growth un Institute for Nanotechnology*). Par tiem tika ziņots (*prezentācija*) un diskutēts projekta kolokvijos (ZK-14 24.05. un ZK-15 attiecīgi 02.06.) un tika ziņots Projekta padomei (5.sēdē 30.06.22.). Darba sarunās ar kolēģiem Berlīnē un iepazīstoties ar viņu eksperimentālo aprīkojumu tika diskutēta mūsu plānotās eksperimentālas iekārtas konstrukcija un darbināšanas režīmi. Īpaši lietderīga bija domu apmaiņa par iekārtas jaudas elektroniku, kuras rezultātā tika secināts, ka ir vajadzīga optimizācija. Berlīnes kolēģu pieredze germānija kristālu audzēšanā rādīja, ka ir lietderīgi palielināt ģenerators takta frekvenci ejot no tās nominālās vērtības uz maksimāli iespējamo. Tas prasīja atsevišķu ģenerators bloku elektronisko shēmu izmaiņas un

izmaiņas bloku ģeometrijā. Darba sarunās ar kolēģiem Tventē analizējām mūsu iekārtas induktoru ģeometriju un iepazīnāmies ar viņu iekārtām. Salīdzinošā analīze rādīja, ka visoptimālāk ir strādāt ar vijumu un pretvijuma attiecību 1:3.

Komandējuma zinātniskais rezultāts – skaidri redzamas vajadzības pēc jauninājumiem mūsu iekārtas konstrukcijā, kuras tika attiecīgi iestrādātas rasējumu un skīču kopuma detalizācijā un to digitālās versijās. Šis darbs tika veikts apakšdabības 3.1. pagarinājumā.

Apakšdarbība 3.2. Eksperimentālās iekārtas mehānisko daļu un sistēmu izgatavošana.

6. projekta ceturksnī, izmantojot apakšdarbībā sagatavoto tehnisko dokumentāciju izgatavotas:

- Divas modificētas karieses ar apsaistes aprīkojumu;
- Vadītā ar pēdu;
- Elektronikas iekārtu turētājs;
- Jaudas elektronikas ūdens dzesēšanas sistēmas;
- 5 dažādas konfigurācijas induktori;
- Optimizējot, t.i.meklējot labākos risinājumus secīgi divas mērgalvas (*Pirmā versija paredzēta tikai divu parametru mērīšanai nespējot korekti izskaidrot pirmo mēģinājumu rezultātus –t.i.spēka un enerģijas absorbcijas joslu nesakrītību radās nepieciešamība sinhroni mērīt arī citus elektromagnētiskā lauka parametrus.Vajadzēja izgatavot labāku mērgalvu*)
- Induktorā ievietotā parauga temperatūras mērījumu digitālai apstrādei tika uzstādīts datu logeris *PICO USB-TC-08 ar datoru un uzrakstīta datu apstrādes programma;*
- Hidrauliskā sistēma (*Abu kariesu vertikālās kustības nodrošina hidrauliskie cilindri. Karieses lēno kustību, sākot ar 0,5 mm/h ,procesā nodrošina plunžertipa hidrauliskais sūknis ar soļu dzinēja piedziņu. Karieses ātru pārvietošanu nodrošina hidrauliskā stacija ar 2.2 kWt motoru.*)

Pārskata periodā tika sākta jaunas zinātniskās publikācijas plānošana žurnālā *Journal of Physics D: Applied Physics*, <https://publishingsupport.iopscience.iop.org/journals/journal-of-physics-d-applied-physics/>. Raksta nosaukums (pagaidu variants): *Elektromagnētiskā lauka, parauga silšanas un iedarbības spēka maksimumu aksiālās nobīdes efekti induktorā ar pretvijumu (The effect of peak displacement for axial components of electromagnetic field, sample heating and acting force inside an inductor with a counter-turn.)*

Apakšdarbība 3.3. Kristālu audzēšanas iekārtas elektrisko shēmu un elektronikas bloku montāža zemtemperatūras kristālaudzēšanas iekārta.

Elektriskās un elektroniskās shēmas samontētas saskaņā ar rasējumiem un koriģētajiem bloku un elementu aprakstiem. Tika veikta indukcijas jaudas ģeneratora zemtemperatūras versijas „*Portable Electric Induction Heat Maschine*” modificēšana levitācijas un kvazilevitācijas eksperimentu veikšanai: izmainot dzesēšanas un sildīšanas sistēmas; induktora konfigurāciju; tika iebūvēta induktora barošanas ķēdes elektronisko trokšņu filtri; būtiski uzlabota rezonanses slēgumu izolācija – caursites drošība. Paveiktā darba rezultātā indukcijas ģeneratora raksturlielumi atbilst projekta uzdevumu veikšanai un tā izmantošanai zemtemperatūras kristālu audzēšanas eksperimentiem.

Eksperimentu gaitā daudzkārtīgi tika veiktas kontroles un kvalitātes testus sērijas ar attiecīgiem protokoliem datu bāzes failā „testa eksperimenti”.

Lai nodrošinātu iekārtas operatoru vispārējo elektrisko drošību, mēriekārtu aizsardzību pret statistisko lādiņiem un to izlādēm un radikāli palielinātu elektromagnētiskā lauka ekranēšanas efektivitāti tika izplānota un ierīkota neatkarīga zemējumu sistēma visiem elektrisko ķēžu elementiem.

Paveiktā rezultātā iekārta tika pasargāta no nevajadzīgiem elektriskiem traucējumiem un bija iespējams izmantot sērijveida temperatūras datu logeri *PICO USB-TC-08* pieslēgtu pie mērīšanas galvas K tipa termopāriem un inkorporētu procesu vadības datorsistēmā. Svarīgs logera *PICO USB-*

TC-08 raksturlielums ir ātrdarbība, kas dod iespēju veikt reāla laika temperatūras mērījumus un to dinamiku sagataves kausēšanas un kristālaudzēšanas eksperimentos.

Iekārta ir nokomplektēta ar digitālo mikrometrisko sliedi un devēju *DICO-32-0042* ar vadības bloku *Mechatronic systems EL402-L* karieses vertikālās virzības kontrolei.

Iekārta sagatavota saavstarpējo saišu organizēšanai.

Darbība 4.1. Alvas kristālu audzēšanas sērija, lai optimizētu eksperimenta apstākļus un uzlabotu teorētisko modeli tā pielietošanai germānija gadījumā augsttemperatūras apstākļos

Veikti pirmie daļēji veiksmīgie eksperimenti ar alvu un notiek korektīvā darbība, lai novērstu alvas mēra radītās problēmas dzesēšanas procesā. Notiek aktīva datu apmaiņa un konsultācijas starp projekta pētniekiem, lai precizētu tālāko teorētisko aprēķinu veikšanu un teorētiskā modeļa parametrus.

Darbība 7. Projekta vadība un koordinācija

Apakšdarbība 7.1. Projekta menedžments iepirkumi un darba komandējumi

Sestā ceturkšņa laikā ir inventarizēts detalizētais darba plāns, tas ietver arī sadarbības veidošanu ar projekta partneriem un darbu sadali. Precizēts iepirkuma plāns. Iesniegta un apstiprināta piektā perioda atskaite MP5. Noorganizēta 6. Projekta padomes sēde (29.09.2022.), zinātniskie kolokviji (Nr.16 - 19. – attiecīgi), 15.07., 28.07., 02.08. un 16.08.; kopā 4 kolokviji.

LU ERAF projekta mājas lapā un Rīgas Fotonikas centra mājas lapā izvietota atskaite par 6.periodu.

6. projekta ceturksnī notika gan regulāras, gan epizodiskas šaurākas darba sanāksmes un tikšanās laboratorijas ietvarā. Kontaktos ar partneriem projekta komanda apsprieda: aktuālus projekta realizēšanas inženiertehniskos jautājumus; metodiku uzlabošanu, iepirkuma jautājumus.

Pēdējās izmaiņas veiktas 14.10.2022.