

Projekta Levitācija zinātnisko rezultātu pārskats Nr.7

Atskaites periods: projekta ceturksnis Nr. 7.

(01.10.2022. - 31.12.2022.)

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 pseidolevitācijas 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, 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.

Darbība 2 turpinājās darbs ar iegūto datu kopu un zināšanu izmantošanu, izvēloties izkausētai zonai magnetohidrodinamiskās stabilitātes nosacījumus. Šis darbs tiks optimizēts 2023.gadā. Projekta 7. ceturksnī tika turpināti EML spoles EM lauka, spēku lauka un Džoula silšanas lauka mērījumi, kā arī tika izveidots mērītās EML spoles 3D modelis. Šos datus varēs izmantot MHD procesu datormodelēšanas optimizācijai..

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

Apakšdarbība 3.1. Zemtemperatūras iekārtas rasējumu un skiču detalizācija.

Projekta 6. ceturksnī veikto mērījumu (EM lauka, spēku lauka un Džoula silšanas lauka mērījumi EML spolē) rezultātā tika konstatēta nepieciešamība vienlaicīgi mērīt gan aksiālo, gan radiālo EM lauka komponenti. Līdz šim izmantotās mērgalvas (Nr.1 un Nr.2) spēja mērīt tikai aksiālo EM lauka komponenti. Projekta 7. ceturksnī tika izstrādāti rasējumi divām jaunām mērgalvām (Nr.3 un Nr.4), kuras ir uzlabotas ar iespēju mērīt arī EM lauka radiālo komponenti. Atšķirība starp mērgalvām Nr.3 un Nr.4 ir tajā, ka 4. mērgalva ir paredzēta mazāka diametra paraugu pētīšanai. Mērgalvu rasējumi tika izgatavoti gan papīra, gan digitālā formātā un tiks izmantoti publikācijas manuskripta veidošanā, eksperimentālā apraksta nodaļā. Par jaunajām mērgalvām un ar tām iegūtajiem

rezultātiem tika ziņots (prezentācija) un diskutēts projekta kolokvijos (ZK-20 18.10. un ZK-21 attiecīgi 25.10.) un tika ziņots Projekta padomei (7. sēdē 27.12.22.).

Apakšdarbība 3.2. Eksperimentālās iekārtas mehānisko daļu un sistēmu izgatavošana.

Projekta 7. ceturksnī, saskaņā ar apakšdarbībā 3.1. izstrādātajiem rasējumiem, tika izgatavotas divas jaunas mērgalvas (Nr.3 un Nr.4), kas tika izmantotas Darbībā 2 pieminētajos mērījumos.

Pārskata periodā tika sagatavots un noformēts publikācijas manuskripta teksts, kuru pēc “proofreading” procedūras ir plānots iesniegt žurnālā *Journal of Physics D: Applied Physics*, <https://publishingsupport.iopscience.iop.org/journals/journal-of-physics-d-applied-physics/>.

Publikācijas nosaukums tika nomainīts uz “*Experimental discovery of the effect of peak axial displacement for lifting force, Joule heating and axial/radial components of EM field inside an electromagnetic levitation coil.*” (no “*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 iekārtai.

Zemtemperatūras iekārtas vadības bloka izveidei tika sagatavotas un atbilstoši saslēgtas kopā sekojošas komponentes: temperatūras vadības bloks, daudzkanālu oscilogrāfs elektromagnētiskā lauka kontrolei un vadībai, daudzkanālu (24) rūteris ar optisko interneta pieslēgumu iekārtu komunikācijai, iekārtas vadības monitors, jaudas ģeneratora un vakuumsistēmas-gāzu vadības sistēma, vakuumsūkņi “Edward”, temperatūras daudzkanālu logeris.

Apakšdarbība 3.4. Iekārtā inkorporēta datu apstrādes un vadības bloka izveide ar attiecīgu “hardware” un “software” nodrošinājumu un iekārtas funkcionalitātes pārbaude. Kļūdu un pāviršību tests.

Zemtemperatūras iekārtas vadības blokam tika izveidota programmatūra, kas ļauj automātiski kontrolēt alvas parauga pozīciju spolē un spolei padoto spriegumu, balstoties uz programmā ievadītajiem parametriem - parauga kušanas temperatūras un citām fizikālajām īpašībām. Tika pārbaudīta hidrauliskās mikropadeves soļu dzinēja darbība, un tika konstatēta tā darbības atbilstība programmatūrā uzdotajiem parametriem.

Apakšdarbība 3.5. Darbam gatava alvas kristālu audzēšanas iekārta un attiecīga dokumentu failu kopa.

Zemtemperatūras iekārta ir nokomplektēta un ir gatava darbam. Ir uzsākti pirmie alvas kristālu audzēšanas eksperimenti. Zemtemperatūras iekārtai ir uzrakstīta iekšējai lietošanai paredzēta lietotāja instrukcija, kas apraksta iekārtas ieslēgšanas, darba un izslēgšanas procedūras, kā arī iekārtas apkopes procesu un vispārējos darba drošības noteikumus strādājot ar iekārtu.

Darbība 4. Alvas kristālu audzēšanas sērija, lai optimizētu eksperimenta apstākļus un uzlabotu teoretisko modeli tā pielietošanai germānija gadījumā augsttemperatūras apstākļos

Pirmajos iekārtas izmēģinājuma rezultātos ir izaudzēti aptuveni 35 mm gari un 15 mm plati alvas kristāli. Grūtības sagādā alvas blīvums (par 37% augstāks nekā germānijam), kas ierobežo masas apjomu, ko ir iespējams pacelt EM levitācijas režīmā. Vēl viens faktors, kas šobrīd ierobežo EM levitācijā maksimāli paceļamo materiāla apjomu, ir mūsu pētījumos novērotā nobīde starp levitācijas zonu un parauga silšanas maksimumu (paraugs visvairāk silst zem tās vietas, kur levitē), kas izraisa izkusušā parauga nestabilitāti un izlīšanu no spoles. Šis efekts ir jāpēta un jāņem vērā EM levitācijas spoļu dizainā. Ir cerības, ka tas ļaus palielināt levitējamo paraugu masu un audzēt lielāka izmēra augstas kvalitātes kristālus.

Darbība 5. Augsttemperatūras germānija kristālu audzēšanas eksperimentālās iekārtas izveide un komplektācija (*līdz 1000°C, vakuumā vai inerti gāzu atmosfērā*).

Apakšdarbība 5.1. Zemtemperatūras iekārtas konstrukcijas analīze un tehniskās dokumentācijas sagatavošana *tas pārveidei darbam augsttemperatūras režīmā.*

Projekta 7. ceturksnī ir uzsākta rasējumu un blokshēmu papildināšana sekojošām sistēmām, kas nepieciešamas augsttemperatūras iekārtas izveidei:

- Vakuumsistēmas un gāzu piegādes sistēmas;
- Modificēta hidrauliskā sistēma, ar pielāgotām karietēm.

Apakšdarbība 5.2. Augsttemperatūras iekārtas mehānisko sastāvdaļu izgatavošana atbilstoši koncepcijai un tehniskajai dokumentācijai.

Paralēli 5.1. apakšdarbībā pieminēto sistēmu plānošanai tiek veikta gatavošanās šo sistēmu izgatavošanai - materiālu meklēšana, detaļu izveide.

Darbība 7. Projekta vadība un koordinācija.

Apakšdarbība 7.1. Projekta menedžments iepirkumi un darba komandējumi.

Septītā ceturkšņa laikā ir aktualizēts detalizētais darba plāns, tas ietver arī sadarbības veidošanu ar projekta partneriem un darbu sadali. Precizēts iepirkuma plāns. Iesniegta sestā perioda atskaite MP6. Noorganizēta 7. Projekta padomes sēde (27.12.2022.), *zinātniskie kolokviji (Nr.20 - 21. – attiecīgi), 18.10 un 25.10.; kopā 2 kolokviji.*

LU ERAF projekta mājas lapā un Rīgas Fotonikas centra mājas lapā izvietota atskaite par 7.periodu.

7. 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 30.12.2022.