



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

Projekta zinātnisko rezultātu pārskats

Atskaites periods Nr. 10. (01.08.2022. - 31.10.2022.)

Projekts: Nr. 1.1.1.1/19/A/144 “Tehnoloģiski pētījumi, lai radītu nākamās paaudzes mazizmēra 100 keV bora jonu implantācijas iekārtu ar TRL līmeni tuvu pie 4”.

Projekta realizētāji: Latvijas Universitāte (vadošais partneris), SIA “Baltic Scientific Instruments”.

Projekta vispārējais mērķis: Vispārējais mērķis ir attīstīt jaunas paaudzes implantēšanas tehnoloģijas tehnisko nodrošinājumu / laboratorijas iekārtu aparātu kopumu ar virsmērķi nākotnē izstrādāt prototipu, kuru komercializēt un ražot Latvijā.

Projekta darbības un paveiktais dotajā atskaites periodā:

Darbība 1. Jonu implantācijas iekārtas laboratorijas prototipa izstrāde un attīstīšana.

Darbība 1.1. bora jonu avota izstrāde, attīstīšana un palaišana

Desmitajā atskaites periodā turpinājās atsevišķi darbi un eksperimenti, lai optimizētu bora jonu avota prototipa ģeometriju un izlādes parametrus. Sagatavota un iesniegta darbības 1.1. atskaite.

Sagatavota eksperimentiem negatīvo un pozitīvo jonu kūļu iekārta GRIBA(m)¹ un tā tiek izmantota projekta vajadzībām.

- 1) Sagatavots raksta plāns un melnraksts par QMS pielietošanas iespējām implantācijai, tam jāpievieno eksperimentālais materiāls un teksts jānoslīpē.
- 2) Sagatavošanā zinātniskais raksts par lielas reaktīvās jaudas kondensatoru inovatīvu risinājumu. Vairāku žurnālu redakcijas noraidījušas tām iesniegto rakstu inovatīva lielas reaktīvās enerģijas kondensatora jomā. Pēc Dr.Phys. R.Gaņejeva ierosinājuma raksts pārstrādāts. R.Gaņejevs to papildinājis ar savu ievadu un sola papildināt ar savu nobeigumu. Decembra mēnesī plānots rakstu iesniegt “*Plasma Physics*” žurnālā. Šis raksts ar Gaņejevu ir saīsināta sākotnējā raksta versija. Plānots arī pilno versiju piedāvāt vairākiem žurnāliem.
- 3) Ir sagatavots melnraksts par bora atoma un bora jona spektroskopiskām īpašībām un to spektru avotu. Publikācija tiks iesniegta publicēšanai žurnālā “*Physica Scripta*”, <https://iopscience.iop.org/journal/1402-4896>, Impact factor 3.08.
- 4) *Sagatavošanā publikācija par Stokholmas DESIREE iekārtā veiktajiem jonu eksperimentiem ar bārija joniem.*

Darbība 1.2. jonu kūļa apstrāde ar QMS filtru un filtra palaišana.

QMS barošanas bloks tiek pielāgots darbam, šai sakarā veikts eksperiments nepieciešamās elektriskās jaudas precīzākai noskaidrošanai. Iesniegta darbības 1.2. satura atskaite.

Saistībā ar QMS iebūvēšanu paveikts:

- 1) Uzdevums: iemontēt kvarca šūnā, regulēšana. Sarežģīts uzdevums - kā stiprināt pret sienām. *Realizētais risinājums – AISI.321 materiāla virpots/TIG_metināts bundulis ar indija pāreju uz kvarca cauruli. Jau realizēts un strādā.*
- 2) Uzdevums: kvadrupola masas selektora (*atommasas filtra QMS*) tehnoloģijas izmantošana; veikta pārbaude, jonu atstrāde un pārlicība, ka tehnoloģiju var izmantot. *Pārbažu rezultāti ir apmierinoši, bet pārbaudes vēl turpinās. Kad tas tiks paveikts, tad varēs plānoto rakstu papildināt ar vajadzīgiem eksperimentāliem datiem un publicēt.*

¹ GRIBA(m) – Gotheburg-Riga Ion Beam Apparatus (mobile)

3) Uzdevums: regulējams maiņstrāvas ģenerators ar līdzkomponenti, jāveic izpēte, LIIsa, Matcad, modelis. *Izprojektēts, daļēji pārbaudīts, pabeigšana kavējas loģistikas piegādes globālajos kavējumos. Drīzumā gaidāmas piegādes un bloku varēs pabeigt. Datormodeļa vietā izlēmām veikt aprēķinus ar Excel iebūvētajām formulām.*

4) Uzdevums: Uzstādīts Faradeja kauss (Faraday Cup), regulācija, pareizā režīma atrašana. Izgatavots FC datu nolasītājs (*femtoampermetrs, notestēts un nograduēts. FC izgatavots un ievietots sistēmā, no kuras vēlāk tas tiks izvilks (jo traucēs nākošo kaskāžu darbību). FC lasītājam digitālā formātā izmantotas divas variācijas – ar 3 fA spējīgo LMP7721, kas izrādījās izteikti nestabils, un 60 fA spējīgo, toties stabilo AD549. Iegūta atziņa, ka stabilitāte ir svarīgāka par maksimālo jutību.*

5) Uzdevums: QMS filtra instalēšana, sūkņu uzstādīšana un testēšana. *Paveikts. QMS ražotāja deklarētā akurātība 0.25 mikroni. Korpus ierīcei izgatavots un sistēmai pievienots.*

6) Uzdevums: jonu kūļa attīrīšana līdz darba līmenim, piemaisījumu kontrole, veic papildus MS analīzi citur.

Darbība 1.3. Jonu paātrinātāja izstrāde un palaišana.

Izstrādāta darbības 1.3. satura atskaite.

- 1) Izveidots un uzstādīts vakuumbļīvēts elektrodu saišķis nolieces-izvēršanas sistēmai kopā ar galvenā paātrinātāja elektrodiem atbilstošā silīcija-stikla caurulē. Šobrīd notiek elektronikas apsaiestes izgatavošana.
- 2) Uzdevums: miniatūra lineārā paātrinātāja LINAC datormodelēšana. *Aizstāts ar aprēķinu rokas režīmā ar dažādiem variantiem un atsijāts mērķtiecīgākais režīms, kas izmantots elektronikas bloka konstruēšanai kā ieejas dati. Elektronikas modeļi taisīti ar programmatūru LT Spice. Iespiedplašu modelēšana veikta ar programmatūru Free-CAD.*
- 3) Uzdevums: LINAC izgatavošana – nerūsējošā tērauda vai molibdēna materiāls (*izgatavots izmantojot lāzergriezni - ar precizitāti virs 10 mikroni*). Montāžai izmantoti silica stikla stienīši, nerūsējošas Fe plāksnītes. Samontēts silica stikla caurulē. Katrai plāksnei vajadzīgs cits spriegums. *Izgatavots, samontēts, uzstādīts.*
- 4) Uzdevums: LINAC testēšana, sprieguma pārbaude. *Izprojektēts, daļēji pārbaudīts, elektronikas aprīkojuma izgatavošanas pabeigšanu kavē komponenšu globālās loģistikas piegādes kavējumi (“force majeure” situācija sakarā ar Krievijas agresīvo karu Ukrainā).*
- 5) Uzdevums: kamerā ar motoru griež paraugu 15° pret asi. *Projektēšana pabeigta, atrodas partneru mehāniskās apstrādes darbnīcā – būs gatavs decembrī..*
- 6) Uzdevums: LabView vides noformējums uz ekrāna, datorvide jāsaprogrammē. *Vēl nav uzsākama, kaut arī atsevišķi programmu bloki ir izveidoti. Vispārējā nostādne – ērtāk taisīt savu programmu no “nulle”, nekā adaptēt Labview Runtime vidi.*
- 7) Uzdevums: defokusēšana un kūļa izvērse starp paātrinātāju un kameru, alternatīvu analīze, vairāki augstsprieguma ģeneratori. *Atrasts, ka nolieces sistēma būs pēc galvenā paātrinātāja, nevis pirms, tāpēc nolieces ģenerators būs samērā augstvoltīgs (2 kV). Tas nozīmē, ka pie lieliem kūļa spriegumiem izvērse leņķis var izrādīties samērā šaurs, un tad nāksies palielināt distanci starp mezgliem. Tomēr tas nav trūkums, jo liela kūļa enerģija vajadzīga reti, biežāk lieto 10 kV, kam izvērse ir gana plata.*
- 8) Uzdevums: jonu kūļa paātrināšana ar klasisku lineārā paātrinātāja sistēmu, dozu līkne, piemaisījuma kontrole, dziļuma snieguma kontrole, izvērtēšana kopā ar BSI. *Atrodas sākuma etapā.*

Darbība 1.4. Mehāniskās konstrukcijas un ierīces iekārtas.

Izstrādāta darbības 1.4. satura atskaite. Paveiktie darbi:

- 1) Uzdevums: adaptēt klasiskas jonu kūļa fokusēšanas, stūrēšanas un kolimēšanas sistēmas uz Einzell lēcu pamata, kā arī parauga grozīšanas un antistatikas sistēmas. Antistatiku pieņemts

kolektīvs lēmums sistēmā neintegrēt, pamatojoties uz pieredzējušu implantēšanas ekspertu no BSI Ltd rekomendāciju. *Jonu optika izgatavota un samontēta un gaida barošanas avotus, kas kavējas piegāžu dēļ.*

- 2) Uzdevums: adaptēs citus sistēmas elementus, tai skaitā vakuumsūkņus, vakuumkameras, iekārtas rāmi, turbomolekulārie pumpji. *Lielā mērā paveikts, vēl ir problēmas ar elektronikas apsaistes izgatavošanu. Sistēma uzbūvēta uz divu optikas sliežu vadotnes – tas ir veiksmīgs un viegli adaptējams risinājums, kas nodrošina jebkura elementa brīvu pozicionēšanu telpā ar jebkādu precizitāti.*

Darbība 1.5. Elektronikas apsaistes izgatavošana priekš iekārtas

Izstrādāta Darbības 1.5. satura atskaite.

Visi shemotehniskie risinājumi izstrādāti un aprobēti izmēģinājuma versijās pa mezgliem.

- 1) Uzdevums: elektronikas u.c.komponentu, dokumentācijas, instrukciju izstrāde. *Tiks uzsākts pēc tikšanas galā ar rakstu sarakstīšanu un iesniegšanu redakcijās.*
- 2) Uzdevums: PCB modelēšana, montāža un izstrāde ASI uz vietas, PCB testēšana ASI. *Uzdevums paveikts daļēji, plates atrodas ražošanā, bet nav samontētas. Divas plates esam izkodinājuši pašu spēkiem, taču tās nav iespējams izgatavot ar caurejošo metalizāciju, tāpēc cieš attiecīgo bloku izskats.*

Darbība 2. Jonu implantēšanas iekārtas testēšana.

Laboratorijas līmeņa testēšanas darbi ir uzsākti plašā frontē un parādīti pie katras apakšaktivitātes.

2.1. jonu strāvas nomērīšana un jonizācijas pakāpes noteikšana. Jonu strāvas mērīšana prasa vakuumu traktā aiz QMS filtra, kas nav iespējams, kamēr nav pabeigta elektronikas apsaiste un palaista jonu filtrācija.

2.2. jonu kūļa saformēšana un kolimēšana, izkliedes garuma izmērīšana, kūļa nevienmērības novērtēšana. Jonu kūļa mehāniskās detaļas izgatavotas un samontētas, bet elektronikas apsaistei maijā pasūtītās iespiedplates joprojām nav piegādātas, līdz ar to kūļa formēšana aizkavējas.

2.3. QMS masas filtra ieregulēšana uz Bora atommasu un zudumu faktora eksperimentāla noteikšana. Gaidām detaļu iepirkumu QMS apsaistes elektronikas izgatavošanai. Plate ir izkodināta un pieejamās detaļas uz tās jau samontētas.

Regulēšana, testēšana, precizēšana

2.4. galvenā paātrinātāja ieregulēšana un tā ienestās kūļa nevienmērības elektro-optiska novērtēšana. Pagaidām šis mezgls atrodas izgatavošanas etapā.

2.5. Izvērtes sistēmas nodrošinātā leņķa un nevienmērības eksperimentāla novērtēšana. Šie eksperimenti vēl nevar tikt uzsākti.

2.6. pretuzlādes sistēma kūļa defokusēšana un nevienmērības elektrooptiska novērtēšana. Šie eksperimenti vēl nevar tikt uzsākti. Tomēr izpētīts balstoties uz pieredzi ar citām implantācijas iekārtām, ka šī sistēma mazo koncentrāciju apgabalā nav vajadzīga, jo implantācija strauji samazina mērķa elektropretēstību un uzlāde ir minimāla.

2.7. pretuzlādes kūļa intensitātes salāgošana ar jonu avota kūļa intensitāti neitrāla parauga iegūšanai. Cik saprotams uz šo brīdi, nebūs nepieciešama.

Pārbaudes eksperimenti

2.8. germānija parauga apstarošana un iegūtā rezultāta kvalitātes laboratorisks mērījums. Šie eksperimenti vēl nevar tikt uzsākti.

2.9. Vakuuma kvalitātes mērījumi dažādās zonās dinamiskas kontekstā: jautājums, cik ilgi jāsūc un vai vajadzīgs ečings noteiktās tīrības sasniegšanai. Šie eksperimenti vēl nevar tikt uzsākti.

Darbība 3. Projekta rezultātu izplatīšana un intelektuālā īpašuma tiesību aizsardzība.

Darbība 3.1. Tehnoloģiju tiesību - zinātības apraksts.

Paveiktais: turpinās 1.-9.ceturkšņos iesāktais, pamatā literatūras analīzes apkopojums.

Darbība 3.2. Citas darbības 3 aktivitātes.

Līdz ar projekta uzdevumu izpildi tiek apkopoti pētījumu rezultāti distertācijām: J.Blahinam un A.Bžiškjanam. Notiek bora atomu un jonu spektroskopiskie pētījumi, kuri ir nepieciešami ierīču parametru optimizācijai.

1. Trīs mājas lapas aktualizētas paredzētajos termiņos ar paredzēto 9.ceturkšņa saturu. Sagatavots pārskats par sasniegto 10.ceturksnī.
2. Divi raksti no plānotajiem publicēti (*viens indeksēts Scopus datu bāzē, otrs augsta profila tematiskā žurnālā, kurš ir apritē ASV*), četri atrodas rakstīšanas etapā (*par reaktīvo jaudu kondensatoros, par QMS lietošanu magnētisko masas filtru lietās un par bora spektroskopiju, kā arī par kopēji veiktajiem Stokholmas eksperimentiem*).
3. Bžiškjans un Bērziņš apmeklēja DESIREE starpt.zin.konferenci 2022.gada 21.augustā Stokholmā (**skatīt vairāk komandējuma satura atskaitē**).

Darbība 4. Projekta vadība un koordinācija.

Projekta īstenošanas periodā notikuši regulāri zinātniskie kolokviji, vairākas darba sanāksmes (*semināri, parasti otrdienās, plkst.10.00 FOTONIKA-LV platformas darba semināru ietvaros*). Piemēram, “Jaunāko publikāciju pasaulē apskats par Bora implantācijas un ar to saistīto tematiku”. Notikusi Projekta Padomes sanāksme Nr. 10 (*27.10.2022.*). Iesniegta un apstiprināta 9.ceturkšņa atskaite, iesniegts pieprasījums un saņemts 8.starpposma maksājums.

Pārskata periodā notika gan regulāras, gan šaurākas darba sanāksmes un tikšanās laboratorijas ietvaros un arī ar partneri – BSI Ltd, kurās apspriesti aktuāli projekta realizēšanas inženiertehniskie jautājumi; metodikas; primāro iegūto testu rezultātu atbilstība lietišķajām vajadzībām.

Rīgā, 2022.gada 7.novembrī