



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. 12. (01.02.2023. - 30.04.2023.)

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

Izveidota darbības satura atskaite.

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

Izveidota darbības satura atskaite.

Darbība 1.3. Jonu paātrinātāja izstrāde un palaišana

Izveidota darbības satura atskaite.

Darbība 1.4. Mehāniskās konstrukcijas un ierīces iekārtas.

Izveidota darbības satura atskaite.

Darbība 1.5. Elektronikas apsaistes izgatavošana priekš iekārtas

Izstrādāta un papildināta Darbības 1.5. satura atskaite.

Iespiedpašu montāža barošanas avotiem pabeigta. Trūkstošās detaļas ar būtiski traucējošu kavēšanas saņemtas un nokomplektētas. Grūtības radīja sākotnēji izvēlētais TL594 ražotājrūpnīcas ieteiktais shemotehniskais risinājums, izmantojot bipolāros izejas kaskādes tranzistorus BUL216. Šim risinājumam piemīt pievilcīgs šo izejas tranzistoru lētums, diemžēl ieregulēšanas gaitā atklājās, ka pie lielākām izejas jaudām tie stipri karst, un karst arī pie mazām jaudām, turklāt parastas dzesēšanas metodes, kā radiatora virsmas palielināšana un piespiedu dzesēšanas gaisa plūsmas novirzīšana radiatora virzienā palīdz nepietiekami. Tāda defekta cēlonis izrādījās tranzistora bāzes pārsātināšana pie mazām izejas strāvām, vienlaikus to nepietiekami piesātinot pie lielām strāvām. Literatūras datos ieteikts šo problēmu mazināt ar atpakaļsaites tinumu ar specifisku 36:9:2 vijumu attiecību. To ar rūpību izmēģinājām, un, lai arī karšana bija stipri mazāka, tomēr 90-120 °C mums nebija pieņemami. Ar papildus pūlēm atradām ievērojami jaunāku TL494 ražotāja datašitu, kas jau bija orientēts uz Mosfet tranzistoru lietojumu, un tajā izmanto aizvara draiveri IR2110 vai IX4340. Izmēģinot šo shemotekniku, problēmas ar karšanu vairs neradās. Lai nebūtu no jauna jāsūta jaunas iespiedplašu sagataves un nevajadzētu atteikties no izgatavotām platēm, izgatavojām nelielu izmainītā iecirkņa iespiedplati un to montējām iekārtā uz pietiekamas cietības izvadiem. Risinājums apmierinošs, daļēji sakrīt ar lietotiem industriju standartiem un gana drošs laboratorijas iekārtā, tomēr pastāv varbūtība, testos var gadīties kļūmes.

Pabeigta montāža QMS apsaistes elektronikai un augsprieguma elektronikai, kā arī

augstsprieguma izvērse elektronikai. Rūpnieciski izgatavotas iespiedplates nepasūtījām, jo pie tik maza skaita tās būtu nesamērīgi dārgas un pati iepirkumu procedūra ir ietilpīga laikā un administratīvā darba apjomā. Paši tik lielu izmēru izgatavot nespējam, jo mūsu iekārtas ļauj izgatavot ierobežotu izmēru plates. Risinājām problēmu veidojot "iespiedplati" uz izolatora plāksnes ar ieburtām caurumu vietām, kurās nostiprinātas visas detaļas. Tā kā augstspriegumam visas detaļas ir izteikti masīvas un to skaits ir nedaudzi desmiti, tad plate ir pilnībā funkcionāla, bet izskats nav salīdzināms ar rūpniecisku iespiedplati. Šajā situācijā ir labi, ka izvēlējamies tieši šādu montāžas metodi, jo testi rāda, ka virknes slēgumā esošo augstsprieguma tranzistoru skaitu būstercaskādē vajadzēs palielināt no šobrīd ielodētajiem 10 gabaliem uz vismaz 40 gabaliem (*reiz divas plates - X izvērse kanāls un Y izvērse kanāls*). Kaut ir patērēti apjomīgi laika resursi, tomēr ir iegūta vērtīga praktiskā pieredze, jo izgatavotā versija ļauj sekmīgi strādāt pie dažāda eksperimenta parametru salikuma. Tas ir svarīgi, jo, lai ar izgatavoto implantēšanas laboratorijas iekārtu sasniegtu TLR 6-7 līmeni, tā būs jāuzlabo, izmantojot vairākus parametru optimizācijas ciklus un tai skaitā izmantotās elementu bāzes drošības pārbaudes, veicot implantēšanas procesus.

Minēto plašu laboratorijas līmeņa aprobēšana, montāža un ieregulēšana ir paveikta, bet vajadzīgo darba ilgtspējas pārbaudi nav iespējams veikt sakarā ar to, ka daudz no projekta laika tika pazaudēts COVID-19 krīzes un kara radītiem traucējumiem elektronikas komponentu piegādes ķēdēs, t.i. iepirkuma procedūrās, piegādes laikā pieaugumā un dažkārt sakarā ar tradicionālo piegādātāju atteikumiem. Uz šo brīdi, uzbūvētais barošanas avots, kā laboratorijas prototips ir gana stabils, un var notikt tā pilnveidošana līdz TLR 6-7 līmenim.

Darbība 2. Jonu implantēšanas iekārtas testēšana.

Laboratorijas līmeņa testēšanas darbi 2.1.-2.3. ir paveikti. Konkrēti, izmērīta jonu kūļa strāvas iestatīšanas robežas, un pie nelielām strāvām bora jonu kūļa avots funkcionē. Iepriekš minētie laika zudumi elektroniskās apsaites izgatavošanā nedeva iespēju eksperimentēt variējot jonu strāvu bora jona kūlī un attiecīgi kontrolēt šo procesu. Implantēšanas iekārtas produktivitāte būs atkarīga jonu kūļa intensitātes, tam būs nepieciešams celt elektronu temperatūras, gan dobā katoda izlādes plazmā, gan induktīvi saistītā plazmā pārbaudot dažādas pieejas un konstrukciju ģeometrijas. Tās ir problēmas, kuras būs jārisina pilnveidojot laboratorijas iekārtu līdz TLR 6-7. Šobrīd pieejamā bora jonu kūļa intensitāte ir apmierinoša, un ar esošais risinājumu var pārbaudīt visu iekārtas jonu optikas traktu no avota līdz mērķim.

Regulēšana, testēšana, precizēšana

2.4. galvenā paātrinātāja ieregulēšana noris ar nepieciešamā sprieguma izvēli. Pēc stāvokļa uz šo brīdi barošanas avots, ja to iegroza uz maksimumu, dod arī ievērojami virs 100 kV, tomēr pie šāda sprieguma sākas caursite starp paātrinātāja mazgla elektrodu izvadiem vakuuma pusē. Respektīvi, ja darbu varētu atkārtot, tad ar 10 mm starp selektrodiem ir viegli par maz, un labāk būtu turēties pie 12 mm vai 13 mm standartattāluma. Tomēr šo mezglu pārtaisīt vairs nevar un intervālā 10 kV paātrinātājs strādā nevainojami līdz pat 80-90 kV, respektīvi, solītie līdz 100 kV ir izpildīti, lai arī virs 90 kV darbs kļūst apgrūtināts, bet ne neiespējams.

2.5. Izvērse sistēmas ieregulēšana. Izvērse sistēmu bija iespējams uzstādīt pirms galvenā paātrinātāja vai pēc. Ja to uzstādītu pirms, tad būtu ļoti viegli nostūrēt stara izvērsi, lai implantācijas procesa "nokrāsotais" kristāla laukums būtu apstrādāts vienmērīgi, pēc tāda paša principa kā strādā izvērse kineskopa tipa televizoros - ļoti resna galvenā paātrinātāja sistēma ar izrietošu smagnējību un lietošanas neērtumu. Tāpēc izvēlējamies likt izvērse elektrodus aiz paātrinātāja, bet tad izvērse spriegumiem jāspēj konkurēt ar paaātrināšanas spriegumu (no 10 līdz 100 kV). Spējām izgatavot izvērse sprieguma ģeneratoru līdz 2 kV, kas nozīmē gandrīz 12 grādu stara saliekumu pie 10 kV bet mazliet virs 0.6 grādiem pie 100 kV - kas nozīmē, ka vajadzīgs būtiski pagarināt attālumu starp paātrinātāju un implantācijas kambari (kas ir elementāri un ātri paveicams, taču palielina iekārtas gabarītus. Tāpēc šāds leņķis ir par maz, tomēr te vēl ir perspektīvas izvērse ģeneratora izejas būstera mezgla tālākai attīstībai (papildinot shēmu ar papildus kaskādēm) vismaz līdz 10 kV, kas dotu izejas stara nolieci ap 6 grādi, kas jau būtu pietiekami. Respektīvi, pie maziem spriegumiem jonu kūļa trakts

strādā, bet, nākotnē pārveidojot laboratorijas iekārtu uz TLR 6-7 līmeni būs jāmeklē optimizācija jonu optikas ģeometrijai un elektroniskās apsaites detaļu komplektējumam. Šobrīd tāds darbs nav aktuāls, jo vismaz 90% no iedomājamiem iekārtas uzdevumiem, pēc projekta partnera BSI Ltd ekspertu vērtējuma, var tikt veikti pie 10-20 kV kūļa paātrināšanas spriegumiem, kur darbs ir stabils jau šobrīd.

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

Darbība 3.1. Tehnoloģiju tiesību - zinātības apraksts.

Sagatavots, iesniegts, apmaksāts un pieņemts Latvijas patenta pieteikums.

Darbība 3.2. Citas darbības 3 aktivitātes.

Līdz ar projekta uzdevumu izpildi tiek apkopoti pētījumu rezultāti distertācijām: J.Blahinam un A.Bžiškjanam.

1. Trīs mājas lapas aktualizētas paredzētajos termiņos ar paredzēto 11.ceturkšņa saturu. Sagatavots pārskats par sasniegto 12.ceturksnī. Tiek veikti regulāri aktivitāšu atslogojumi Projekta mājaslapā, tai skaitā, par notikušajiem PR pasākumiem.
2. Divi raksti no plānotajiem publicēti (*viens indeksēts Scopus datu bāzē, otrs augsta profila tematiskā žurnālā, kurš ir apritē ASV*), četri atrodas sarakstes ar redakcijām etapā (*par reaktīvo jaudu kondensatoros (Blahins, Bžiškjans, Apsītis), par QMS lietošanu magnētisko masas filtru vietā (Blahins, Sniķeris), par bora atomu un jonu spektroskopiju (Ūbelis), kā arī par kopēji veiktajiem Stokholmas eksperimentiem (Bērziņš).*

Darbība 4. Projekta vadība un koordinācija.

Projekta īstenošanas periodā notikušas regulāras darba sanāksmes un projekta rezultāti skatīti Fotonika-LV platformas zinātniskajos kolokvijos (*darba semināri, parasti otrdienās, plkst.10.00*). Piemēram, “Jaunāko publikāciju pasaulē apskats par Bora implantācijas un ar to saistīto tematiku”. Ieplānota Projekta Padomes sanāksme Nr. 12 (maija pirmajā nedēļā). Iesniegta un apstiprināta 11.ceturkšņa atskaite. Panākta vienošanās ar CFLA par gala atskaites termiņa pagarināšanu par 1 mēnesi.

Pārskata periodā notika gan regulāras, gan šaurākas darba sanāksmes un tikšanās projekta grupas ietvaros un arī ar partneri – BSI Ltd, kurās apspriesti aktuāli projekta realizēšanas inženiertehniskie jautājumi, metodikas un primāro testu rezultāti.

Rīgā, 2023.gada 28.aprīlī