

Proiectarea și realizarea a două prototipuri de RPC,
simulări APLAC ale impedanței liniei de transmisie,
proiectarea zonei interne a subdetectorului de timp de
zbor al CBM bazat pe detaliile constructive ale
aceastora (partea I)

1 Introducere

În cadrul programului de implementare modulară a facilității de accelerare FAIR (Facility for Antiproton and ion Research) de la Darmstadt, Germania, denumit FAIR faza 0 (FAIR phase 0 Program), unul din pilonii principali îl reprezintă aranjamentul experimental mCBM care a fost instalat la acceleratorul SIS18 de la GSI Darmstadt. Acest aranjament experimental, prezentat în Fig. 1, este echipat cu versiuni "mini" ale principalelor subsisteme ce vor intra în componența aranjamentului CBM (Compressed Baryonic Matter) [1] la facilitatea de accelerare FAIR. Scopul acestui aranjament experimental este în primul rând de

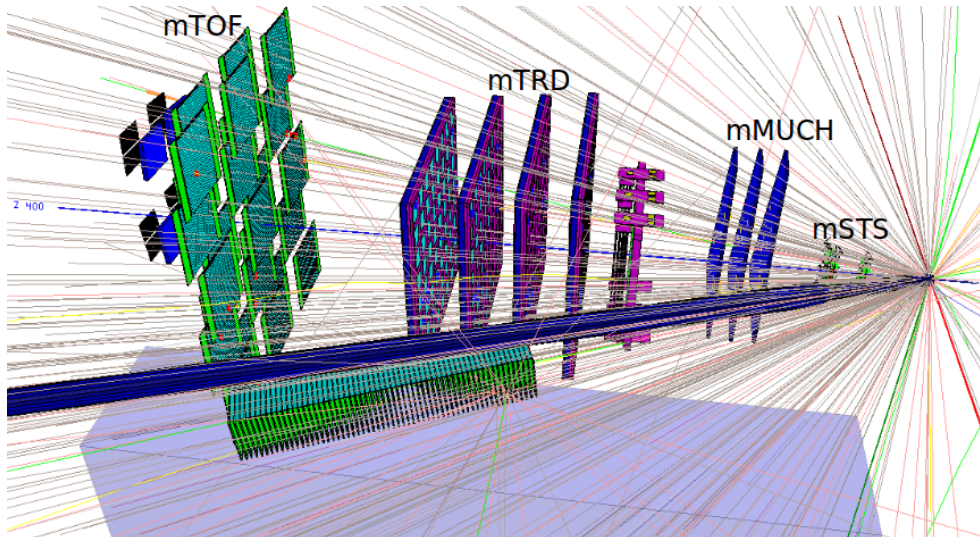


Figure 1: Aranjamentul experimental mCBM - SIS18, GSI Darmstadt.

a realiza o sincronizare sistematică a subsistemelor individuale în sistemul de achiziție continuă a datelor, de reconstrucție a evenimentului și procesare a datelor. Realizarea acestui prim obiectiv este esențial pentru trecerea la cel de al doilea care este dedicat reconstrucției hyperonului Λ , la energii sub prag. Un al treilea scop al mCBM, deosebit de important pentru realizarea viitorului aranjament experimental CBM, este testarea detectorilor ce vor fi utilizați la echiparea aranjamentului experimental CBM la fluxuri mari de particule, care să atingă valorile maxime la care ar trebui să facă față subsistemele acestui aranjament experimental în condițiile reale ale experimentului CBM. Pentru subdetectorul de timp de zbor, ce va fi echipat cu detectori cu electrozi rezistivi cu structură cu spații multiple [2] și citire a semnalelor pe electrod multi-strip (MSMGRPC) [3], valorile fluxurilor de particule incidente pe suprafața detectorului ajung până la 30 kHz/cm^2 în zona unghiurilor polare mici, în apropierea axei de fascicul. Granularitatea detectorului trebuie să satisfacă o probabilitate de ocupare a ariei active mai mică de 5% [4].

Grupul nostru din DFH/IFIN-HH a dezvoltat prototipuri de detectori cu electrozi rezistivi cu spații multiple și citire pe electrozi multistrip (MSMGRPC - Multi-Strip, Multi-Gap Resistive Plate Counter) destinate zonei centrale a subdetectorului TOF [5, 6], zona care trebuie să facă față celor mai critice cerințe, așa cum a fost detaliat anterior. În acest scop, pentru construcția prototipurilor de MSMGRPC dezvoltate s-au adoptat soluții tehnologice care să mențină performanțele la fluxuri mari de particule incidente pe suprafața detectorului. Activitatea raportată în carul acestei etape se referă la proiectarea unui prototip de detector pentru zona cu cea mai mare granularitate a subdetectorului CBM-TOF, ce urmează să fie testat cu radiații cosmice în laboratorul de detectori din DFH/IFIN-HH și în fascicul, în condiții reale de operare, în aranjamentul experimental mCBM.

2 Proiectarea prototipului MSMGRPC cu cea mai mare granularitate a subdetectorului CBM-TOF, folosind platformele QCAD și ORCAD

2.1 Proiectare mecanică folosind pachetul software QCAD

Pentru proiectarea mecanică a prototipurilor MSMGRPC dezvoltate de noi de-a lungul activității de R&D pentru acești detectori, precum și a suporturilor mecanici de susținere și a incintelor etanșe în care au fost instalate, a fost folosit pachetul software QCAD.

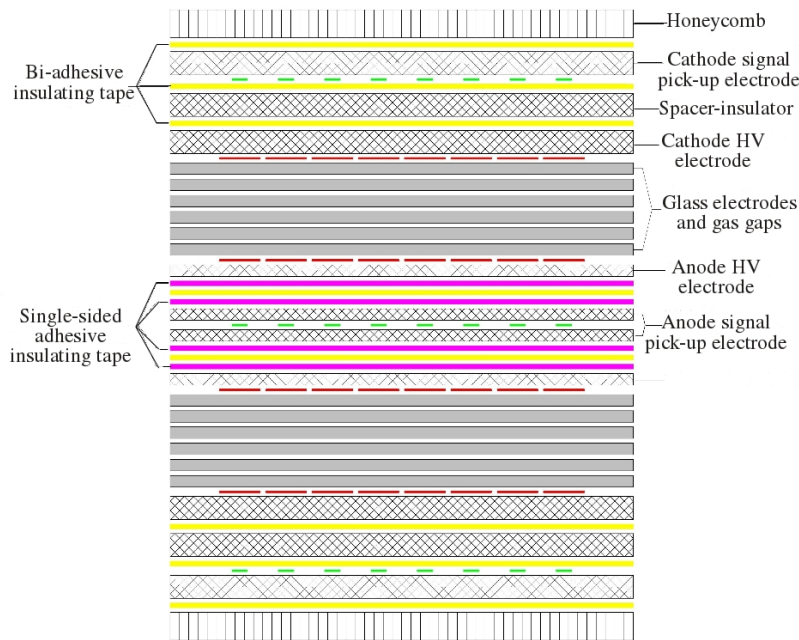
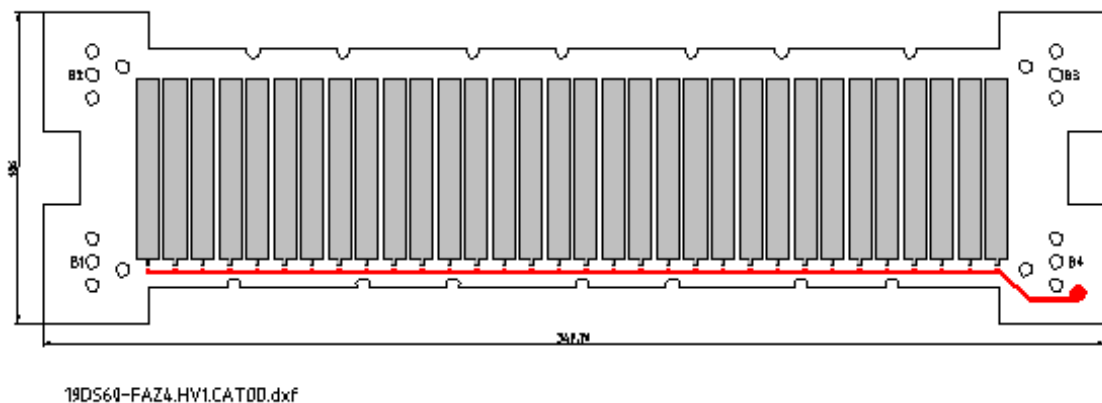


Figure 2: Secțiune transversală prin MSMGRPC.

Structura internă a prototipului raportat aici, prezentată în schița din Fig. 2, este una simetrică, de tip "double-stack", aceeași ca și pentru prototipurile anterioare dezvoltate în grupul nostru [5, 6]. Fiecare stack conține șase electrozi rezistivi separați între ei de cinci spații de $140 \mu\text{m}$, care împreună formează spațiul de detecție. Electrozii rezistivi sunt



19DS60-FAZ4.HV1.CAT00.dxf

Figure 3: Desen de proiectare a electrodului de înaltă tensiune.

realizați dintr-o sticlă specială de rezistivitate joasă, cu o rezistivitate medie de $1.5 \times 10^{10} \Omega\text{cm}$ [7], care le asigură detectorilor păstrarea performanței în condiții de expunere la fluxuri mari de particule incidente. Electrozii exteriori de sticlă sunt în contact cu stripurile electrozilor de înaltă tensiune a căror configurație este prezentată în Fig. 3. Tensiunea de polarizare este

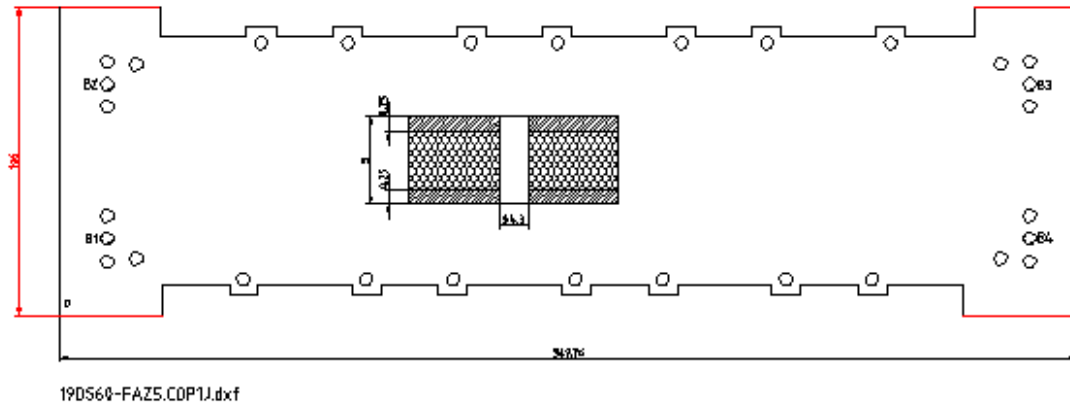


Figure 4: Desen de proiectare a plăcilor din material compozit cu structură internă de tip fagure.

distribuită printr-o linie comună către fiecare strip individual prin rezistențe de $12 \text{ k}\Omega$ care păstrează localizată orice posibilă perturbație a potențialului stripurilor de înaltă tensiune. Electrozii de înaltă tensiune pentru ambele polarități, negativă (catod) și pozitivă (anod)

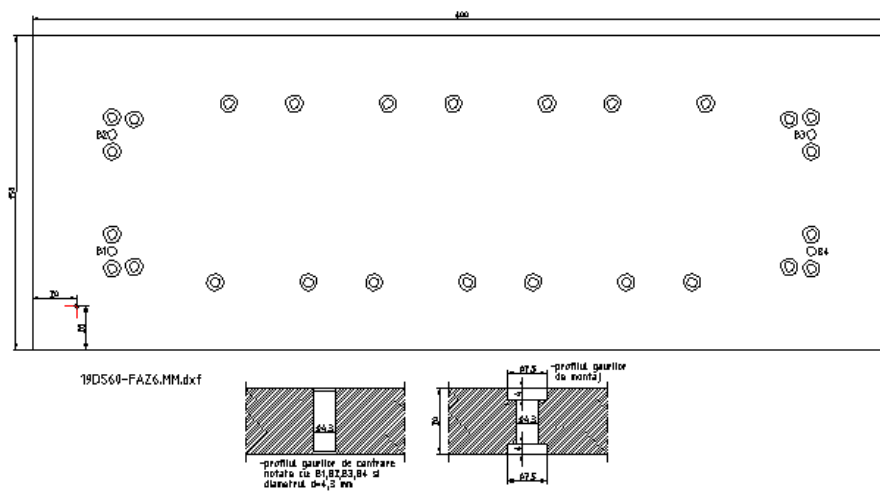


Figure 5: Desen de proiectare a suportului mecanic de montaj.

sunt izolați electric de cei de preluare a semnalelor prin straturi izolatoare care să împiedice orice posibilă descărcare electrică între electrozilor de înaltă tensiune și cel de preluare a semnalelor situat în imediata vecinătate. În componența structurii de detecție prezentate în Fig. 2 intră patru electrozii de înaltă tensiune, câte doi pentru fiecare polaritate. Aceștia sunt confecționați din plăci de FR4 de grosime de 0.5 mm, cu structură de stripuri de Cu pe fețele orientate către electrozii rezistivi de sticlă.

Două plăci din material compozit cu structură internă de tip fagure, a căror schiță de proiectare este prezentată în Fig. 4, au fost poziționate pe fețele exterioare ale structurii de detecție pentru a păstra alinierea relativă a stripurilor de semnal și de înaltă tensiune și pentru a asigura stabilitatea mecanică a detectorului.

Pentru a asigura precizia mecanică de aliniere și stabilitate, s-a proiectat și construit un suport mecanic denumit "matriță de montaj", prezentat schematic în Fig. 5, care asigură o asamblare cu o precizie de 0.1 - 0.2 mm.

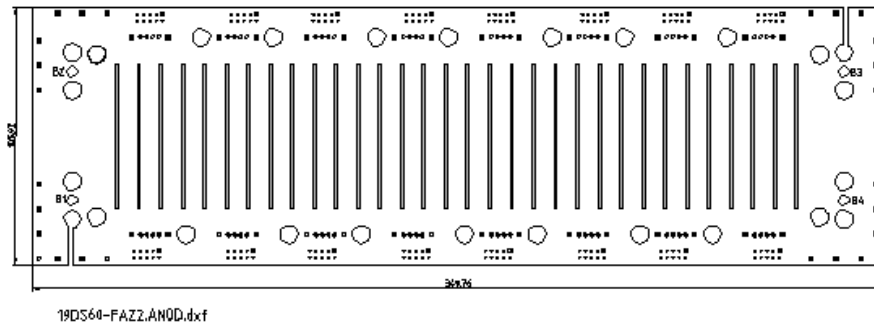


Figure 6: Desen de proiectare a anodului de preluare a semnalelor.

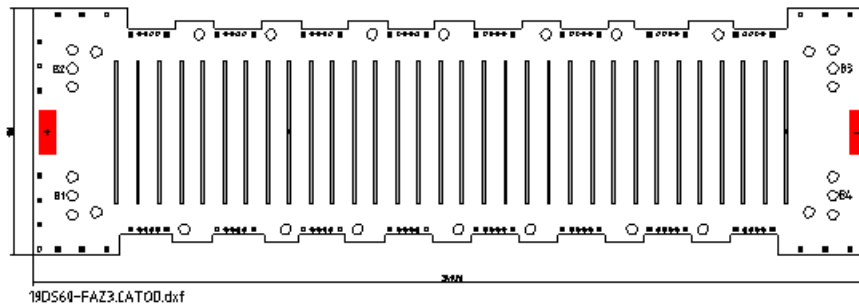


Figure 7: Desen de proiectare a catodului de preluare a semnalelor.

Pentru proiectarea electrozilor de citire a semnalelor s-a folosit o metodă inovativă dezvoltată în grupul nostru [8] care se bazează pe arhitectura cu structură multi-strip atât pentru electrozii de preluare a semnalelor cât și pentru cei de înaltă tensiune a prototipurilor dezvoltate. Metoda folosită permite să se ajusteze impedanța liniei de transmisie a semnalului astfel încât să fie adaptată la impedanța de intrare a electronicii front-end pentru a evita semnalele parazite provenite din reflexii. Aplicând această metodă, s-a obținut o lățime a

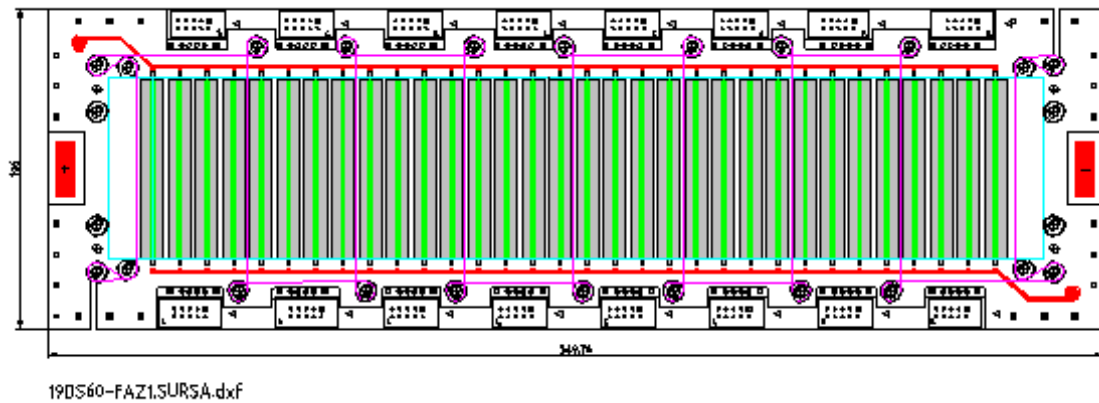


Figure 8: Secțiune frontală a structurii de detecție multi-componente MSMGRPC.

stripului de citire a semnalului de 1.27 mm și o lățime a stripului de înaltă tensiune de

7.4 mm. Valoarea pasului stripurilor, de 9 mm, este aceeași pentru ambele tipuri de electrozi. Lățimea stripului de înaltă tensiune definește granularitatea detectorului, în calculul acesteia luându-se în considerare valoarea estimată a dimensiunii clusterului de stripuri cu semnal și o lungime a stripului de 6 mm.

În Fig 6 este prezentată schița de proiectare pentru electrozul central de citire a semnalelor (anod), iar în Fig. 7 cea pentru cei de citire a semnalului situați către extremitățile detectorului (cei doi catodi). Grosimea plăcii de FR4 din care este construit anodul este

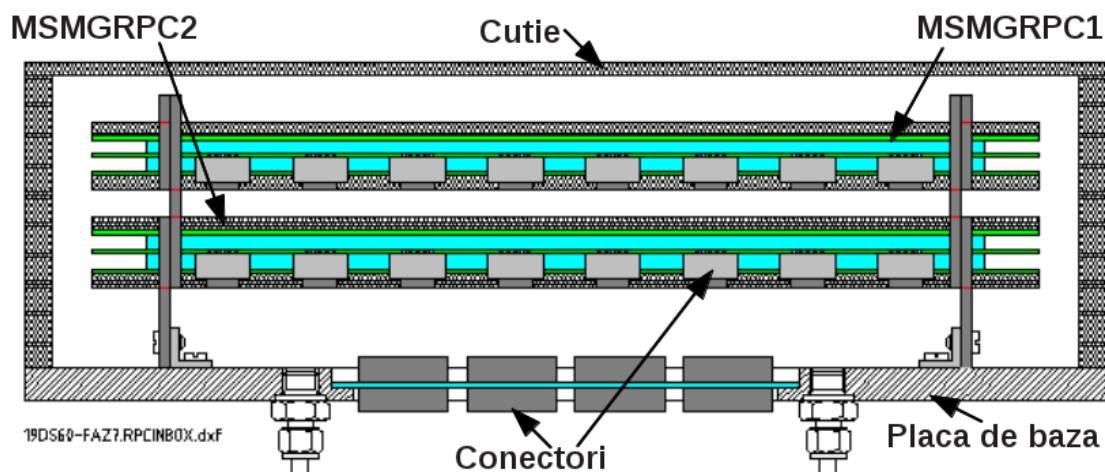


Figure 9: Schiță a celor doi detectori montați în incinta etanșă la gaz.

de 0.6 mm și are o structură multistrat (3 straturi), având în mijloc stripurile de Cu. Pe marginile plăcii de anod sunt realizate 30 de găuri (pentru pivoții de asamblare și fixare a distanțorilor) care servesc la montaj, precum și găuri de fixare a conectorilor de semnal.

Catozii (două piese) pentru citirea semnalelor sunt realizați din plăci de FR4 de 0.5 mm grosime și conțin stripurile de preluare a semnalelor pe fața internă. Placa de catod care se montează prima în ordinea asamblării, este prevăzută cu pad-uri metalizate pe care se conectează tensiune de polarizare alimentată din exterior. Plăcile catodice au, de asemenea, realizate găuri de montaj perfect aliniate cu cele din placa anodică, pentru alinierea relativă a stripurilor de semnal și înaltă tensiune.

O vedere frontală a structurii de detecție MSMGRPC asamblată în structură multi-componente suprapuse, este prezentată în schița din Fig. 8. Se observă că alinierea relativă a stripurilor de semnal, centrate pe stripurile de înaltă tensiune necesită și impune o precizie mecanică foarte bună în realizarea componentelor descrise în această secțiune.

Componentele proiectate vor fi folosite la realizarea a doi detectori identici care urmează să fie montați într-o incintă etanșă la gaz. O schiță a cutiei de test și a detectorilor montați în interiorul acesteia este prezentată în Fig. 9. Această cutie realizată din material compozit cu structură de tip fagure pentru a minimiza împrăștierea și absorbțiile radiațiilor de testare a detectorilor (particule încărcate sau radiații gamma) este închisă de o placă de Al echipată cu conectori de semnal pe ambele fețe pentru a putea transfera semnalele de la detectori către electronica front-end.

2.2 Proiectarea în ORCAD

Manufacturarea electrozilor de preluare a semnalelor și de înaltă tensiune se face în companii care folosesc tehnologia circuitelor integrate. Desenele de execuție au necesitat proiectarea acestor componente în unități de inch (1 inch=2.54 mm), folosind pachetul software ORCAD pentru proiectarea circuitelor electronice. De asemenea, o atenție deosebită a fost acordată

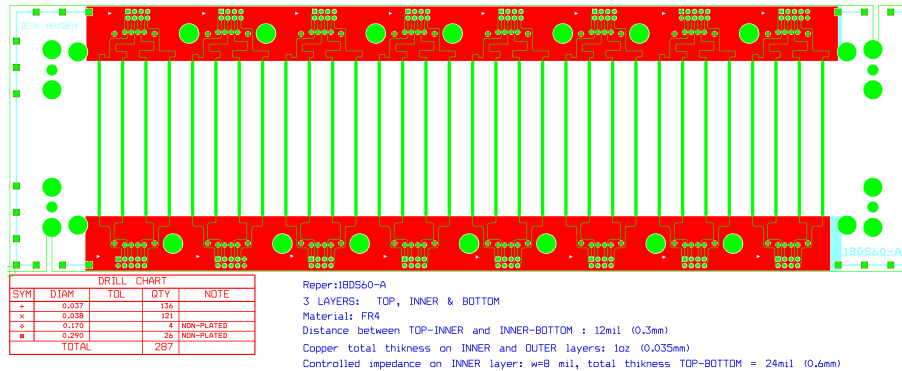


Figure 10: Desen de reproiectare în ORCAD a anodului de preluare a semnalelor.

proiectării traselor de semnal de pe placa anodică care asigură transportul semnalelor de la capetele stripurilor de preluare a semnalelor până la conectorii de semnal ce se montează pe cele două margini ale plăcii anodice (Fig. 8, Fig. 9).

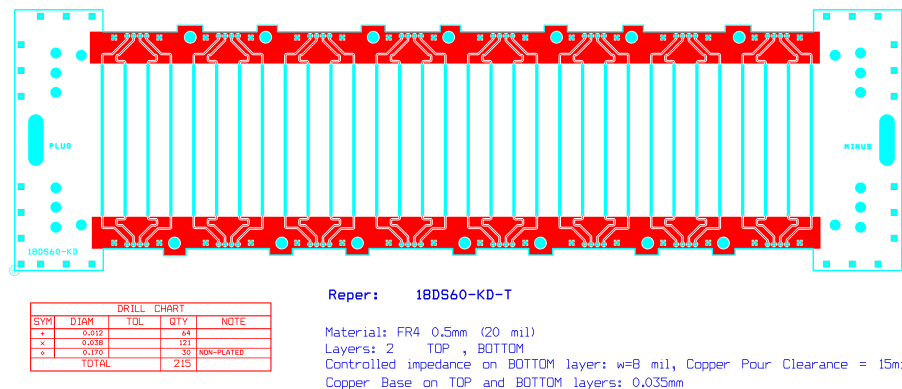


Figure 11: Desen de reproiectare în ORCAD a catodului de preluare a semnalelor.

Acestea au fost proiectate astfel încât să asigure păstrarea impedanței de 100Ω a liniei de transmisie a semnalului detectorului, pentru a asigura integritatea acestuia. Desenele de proiectare pentru electrozii de preluare a semnalelor sunt prezentate în Fig. 10 pentru anod și în Fig. 11 pentru catod. Ele conțin detalii tehnice de realizare a acestor componente, respectiv specifică numărul de straturi și grosimea acestora, materialele din care urmează a fi manufacturate precum și numărul de componente de tipul specificat ce trebuie executate. Desenul de execuție al electrozului de înaltă tensiune realizat în ORCAD este prezentat în Fig. 12. Este specificat pe desen grosimea materialului FR4 (0.5 mm), realizarea într-un singur strat și faptul ca este placat cu Au pentru a fi protejat contra oxidării. După proiectare, aceste componente sunt trimise sub formă de fișiere Gerber către compania cu care s-a realizat contractul de manufacturare. Componentele realizate sub formă de circuite electronice sunt inspectate după livrare într-un proces de verificare a calității execuției (QA).

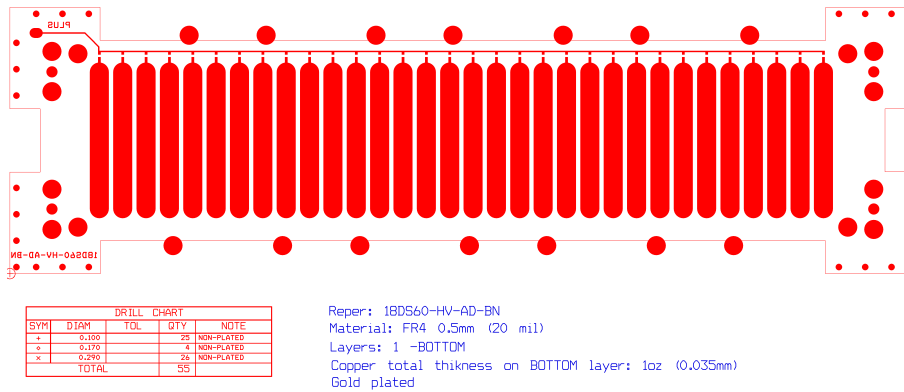


Figure 12: Desen de reproiectare în ORCAD a electrodului de înaltă tensiune.

2.2.1 Proiectarea plăcii cu conectori pentru conectarea electronicii front-end

Așa cum s-a specificat în secțiunea anterioară și se observă în Fig. 9, placa de bază care susține suportul mecanic în care sunt montați cei doi detectori, conține în partea centrală o placă de FR4 pe care sunt montați conectori de transmitere a semnalelor din interior spre exterior. Proiectarea acestei plăci s-a făcut folosind, de asemenea, pachetul software

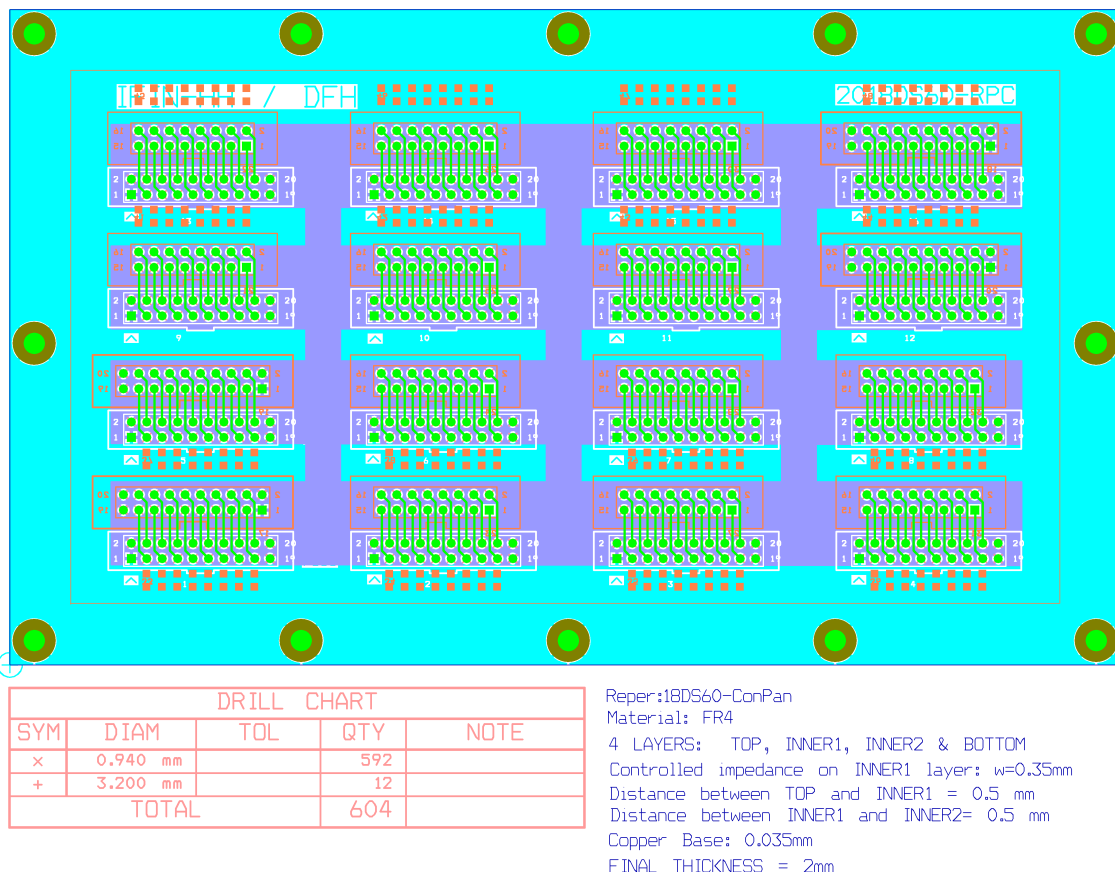


Figure 13: Desen de reproiectare în ORCAD a plăcii cu conectori de pe placa de bază.

ORCAD. Schița de proiectare este prezentată în Fig. 13. Tehnologia de realizare a acestei plăci este una multistrat cu o structură de patru straturi și care păstrează adaptarea de impedanță în procesul de transfer a semnalului.

3 Concluzii

- A fost proiectată structura internă și componentele necesare pentru asamblarea a doi detectori MSMGRPC identici, cu cea mai mare granularitate a subdetectorului CBM-TOF. Linia de transmisie a semnalului a acestor detectori are o impedanță caracteristică de 100Ω , adaptată cu impedanța de intrare a electronicii front-end de prelucrare a semnalului.
- Activitatea raportată stă la baza comunicărilor la conferințe internaționale, enumerate mai jos:
 - M. Petriș et al., "Toward the construction of the inner zone for the CBM-TOF wal" XXIII International School on Nuclear Physics, Neutron Physics and Applications, September 22 - 28, 2019 Varna, Bulgaria, invited talk.
<http://www.inrne.bas.bg/international-school-varna>
 - M. Petriș et al., "Status of the activities for the inner zone of the CBM-TOF wall" 34th CBM Collaboration Meeting, 29 September - 3 October 2019, Bose Institute, Kolkata, India

References

- [1] <https://fair-center.eu/for-users/experiments/cbm.html>
- [2] E. Cerron Zeballos et al., Nucl. Instrum. Meth. A, 374 (1996), 132
- [3] M.Petrovici et al., Nucl. Instrum. Meth. A, 487 (2002), 337.
- [4] CBM-TOF Collaboration, CBM-TOF TDR, October 2014
<https://repository.gsi.de/record/109024>.
- [5] M.Petrovici et al., JINST 7 (2012) P11003
- [6] M. Petriș et al. , JINST 11 (2016) C09009.
- [7] J. Wang et al., Nucl. Instrum. Meth. A, 713 (2013), 40.
- [8] D. Bartoș et al., Rom. J. Phys. 63 (2018), 901

Responsabil Proiect,

Prof. Dr. Mihai Petrovici