

Raport Final Proiect Fizică Hadronică3 Contract 179EU/11.07.2012

Durata proiectului: 2012 - 2014

Obiectivul general al proiectului îl constituie dezvoltarea de noi tipuri de detectori, electronică asociată, procesare și prelucrare de informație experimentală pentru cerințele impuse de experimentele CBM de la FAIR ce au ca scop investigarea aspectelor fundamentale ale fizicii interacțiilor tari (QCD- Quantum Chromo Dynamics) cum ar fi confinarea quarcilor și originea masei hadronilor.

Activitățile dezvoltate în cadrul etapelor proiectului au fost:

- Etapa 1: Testarea în fascicul de electroni și pioni a celor două arhitecturi de detectori TRD dezvoltate în DFH/IFIN-HH: tip cameră multifilară dublă cu structură simetrică în raport cu electrodul de citire a semnalelor și tip cameră multifilară simplă cuplată cu o zonă de drift.
- Etapa 2: Detectorul central al experimentului SIDDHARTA-2 de la INFN-LNF.
Determinarea factorului de rejecție de pioni pentru cele două arhitecturi de detectori TRD dezvoltate în DFH: tip cameră multifilară dublă cu structură simetrică în raport cu electrodul de citire a semnalelor și tip cameră multifilară simplă cuplată cu o zonă de drift.
- Etapa 3: Testarea în fascicul de particule minim ionizante și în mediu cu rate mari de numărare a prototipului de detector RPC cu electrozi rezistivi din sticlă de rezistivitate joasă și electrod de citire a semnalelor cu granularitatea cerută de zona centrală a subdetectorului TOF al experimentului CBM.

Obiectivele fazelor de execuție au fost:

- Obiectiv 1: Proiectarea și realizarea aranjamentului experimental; monitorarea și calibrarea on-line a datelor experimentale. Elaborarea software-ului de analiză și calibrare.
- Obiectiv 2: Dezvoltarea detectorului central de kaoni al experimentului SIDDHARTA-2 folosind detectori SiPM cuplați cu scintilatori din plastic. Dezvoltarea sistemului de achiziție de date și de programe pentru achiziția datelor experimentale.
Estimarea factorului de rejecție la pioni în funcție de numărul de straturi de detector TRD, pentru arhitecturile de detector TRD dezvoltate în DFH: tip cameră multifilară dublă cu electrod comun de preluare a semnalelor și tip cameră multifilară simplă cuplată cu o zonă de drift.
- Obiectiv 3 Rezultate experimentale privind rezoluția temporală, eficacitatea de detecție și dimensiunea clusterului de semnal în funcție de rata de numărare.

Activitățile de dezvoltare a unui detector de radiație de tranziție pentru rate de numărare ce depășesc 10^5 particule·cm⁻²·s⁻¹ (100 kHz/cm²) și a unui detector de timp de zbor pentru rate de numărare de până la $2.5 \cdot 10^4$ particule·cm⁻²·s⁻¹ (25 kHz/cm²) se desfășoară în

cadrul WP19 al proiectului HP3 (Hadron Physics3) din programul FP7 (Seventh Framework Program) al Uniunii Europene. Aceste activități sunt focalizate pe cerințele impuse subdetectorilor de radiație de tranziție (CBM-TRD) și de timp de zbor (CBM-TOF) al aranjamentului experimental CBM (Compressed Baryonic Matter) de la viitoarea facilitate experimentală FAIR (Facility for Antiproton and Ion Research) de la GSI Darmstadt.

Experimentul SIDDHARTA-2 de la INFN-LNF (Italia) își propune realizarea în premieră a măsurării razelor X provenite din tranziția $2p \rightarrow 1s$ a deuteriului kaonic folosind o variantă îmbunătățită a detectorului SIDDHARTA. Printre îmbunătățirile propuse a fi aduse se numără și un nou sistem de detecție a kaonilor încărcăți. Propunerea IFIN-HH este ca noul monitor de kaoni să aibă în componență două grupuri a câte 10 scintilatori subțiri (1.5 mm) cu lățimea de 1 cm, având cuplați la ambele capete fotomultiplicatori din siliciu. Avantajul acestei soluții este acela că se poate realiza o reconstrucție a traiectoriilor celor doi kaoni încărcăți proveniți din dezintegrarea mezonului $\Phi(1020)$ și astfel se poate monitoriza locul pe unde kaonul încărcat pătrunde în ținta criogenică SIDDHARTA. Pentru prelucrarea semnalelor SiPM s-a propus o soluție modernă și anume digitizarea și procesarea lor folosind unul sau mai multe procesoare FPGA.

Pentru măsurarea leptonilor în CBM, sunt avute în vedere două opțiuni: identificarea și reconstrucția de electroni și măsurarea de miuoni. Subdetectorul de radiație de tranziție (TRD) are rolul de a identifica electronii și pozitronii de energie mare ($\gamma > 2000$) în scopul reconstrucției mezonilor vectoriali ușori și grei cu un factor de rejecție a pionilor de până la 200 (pentru impulsuri de peste 2 GeV/c) la o eficiență de detecție a electronilor de 90%. Împreună cu sistemul de detectori din siliciu (STS) are rolul de a realiza reconstrucția de traiectorii pentru toate particulele încărcate cu o rezoluție de poziție de ordinul a 200 μm . Principala provocare în activitatea de R&D pentru acest subdetector este de a dezvolta detectori gazeși de înaltă granularitate care pot face față unor condiții experimentale cu rate de numărare ridicate, în special pentru zona unghiurilor polare mici. De exemplu, în zona unghiurilor polare mici, la o distanță de 5 m de țintă, pentru o rată a evenimentelor de 10^7 interacții s^{-1} în ciocnirile Au+Au la 25 AGeV s-a estimat că rata de numărare poate atinge 10^5 particule $\cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Testele în fascicul ale prototipurilor TRD dezvoltate de noi s-au realizat la linia de fascicul T10 a acceleratorului PS de la CERN, în cadrul unei campanii de teste în fascicul a mai multor grupuri de cercetare din cadrul colaborării CBM. Măsurătorile s-au realizat folosind un amestec de electroni și pioni cu valori ale impulsului cuprinse între 1 și 5 GeV/c

Pentru realizarea testelor în fascicul pentru prototipurile de detectori TRD dezvoltate în DFH/IFIN-HH pe lângă activitatea principală de proiectare, construcție și testare preliminară în laborator cu surse radioactive a prototipurilor de detectori TRD, a fost necesar să se proiecteze și să se construiască componente mecanice necesare fixării, alinierii și centrării detectorilor testați în linia de fascicul. Au fost de asemenea desfășurate activități pentru configurarea sistemului de achiziție MBS atât din punct de vedere al structurii hard cât și al software-ului utilizat. În paralel a fost configurată monitorarea on-line în programul go4 atât a prototipurilor de detectori testați cât și a detectorilor de diagnoză.

Arhitectura de detector TRD bazată pe două camere proporționale multifilare care au în comun electrodul de preluare a semnalelor este o arhitectură originală de detector TRD propusă în DFH/IFIN-HH, bazată pe două camere proporționale multifilare (DSTRD) având electrod comun de preluare a semnalelor. Acest tip de detector are o puterea de discriminare îmbunătățită în comparație cu cea a unui detector TRD bazat pe o singură cameră proporțională multifilară (MWPC), păstrând în același timp redarea rapidă a semnalelor a arhitecturii de detector TRD bazat pe o singură cameră proporțională cu aceeași distanță anod-catod. Electrocul de preluare a semnalelor cu celule triunghiulare permite reconstrucția

poziției în cele două direcții ortogonale care definesc planul electrodului. Rezultatele obținute în termeni de discriminare electron-pion arată că detectorul DSTRD are o performanță foarte bună, de 0.5% factor de rejecție la pioni pentru o configurație de șase straturi de detectori TRD de acest tip.

Un al doilea prototip de detector de radiație de tranziție dezvoltat în DFH, SSTRD (Single-Sided TRD), combină o camera proporțională multifilară cu o zonă de drift, cele două fiind separate de un plan catodic multifilar. Acest prototip are avantajul optimizării eficienței geometrice (din punct de vedere al maximizării ariei active și minimizării zonelor "moarte"). Prototipul SSTRD bazat pe o singură cameră proporțională cuplată cu o zonă de drift are o discriminare electron-pion bună (1.18% @ 6 straturi TRD), care poate fi încă îmbunătățită operând acest detector cu o nouă versiune a electronicii front-end, FASP-V02, cu 100 ns timp de formare, optimizată pentru operarea cu această arhitectură de detector.

În zona unghiurilor polare mici (50 - 200 mrad) ale subdetectorului de timp de zbor CBM-TOF sunt anticipate valori ale ratei de numărare de până la 25 kHz/cm², mult peste limita superioară a capacităților de rată ale sticlei comerciale folosită până în prezent în construcția detectorilor cu plăci rezistive. Luând în considerație aceste cerințe, grupul nostru a desfășurat o intensă activitate de cercetare pentru dezvoltarea unui prototip de detector MGMSRPC pentru această zonă particulară a subdetectorului CBM-TOF.

În scopul reducerii costurilor canalelor de citire a semnalelor, care pentru prototipurile de detector RPC cu 2.54 mm pitch ajungeau la un număr exagerat de mare, de 140000 de canale, a fost construit un prototip de detector RPC cu un pas al stripului de 7.1 mm și o lățime a stripului de 5.6 mm. Acesta a permis reducerea numărului estimat de canale de citire la aproximativ 50000. Aceștia au fost montați în aceeași cutie etanșă la gaz cu o suprapunere a stripurilor de-a lungul lor de 6 mm, în scopul începerii proiectării unei arhitecturi de acoperire a zonei interne cu celule MGMSRPC.

Rezultatele obținute în testele acestui prototip în fascicul de protoni cu un impuls de 2 GeV/c, la acceleratorul COSY de la IKP Jülich, Germania, au demonstrat o eficiență de detecție de 96% pentru detectorii RPC și o rezoluție temporală de ordinul a 50 ps. Testele în mediu cu rate mari de numărare, realizate la același accelerator, au demonstrat că eficiența de detecție este încă mai bună de 90% la o rată de numărare de 100 kHz/cm², iar rezoluția temporală este de aproximativ 70 ps la această valoare a fluxului de particule.

Rezultate ale activităților raportate sunt cuprinse în comunicările și lucrările științifice:

- Madalina Târzilă, Valerica Aprodu, Daniel Bartoș, Alexandru Bercuci, Vasile Cătănescu, Florin Constantin, Gheorghe Caragheorgheopol, Mariana Petriș, Mihai Petrovici, Lucia Prodan, Andrei Radu, Laura Rădulescu, Victor Simion, Petre Zaharia
e/ π identification and position resolution of high granularity single sided TRD prototype
2nd European Nuclear Physics Conference - EuNPC, 16-21 September 2012 Bucharest
- M. Târzilă, V. Aprodu, D. Bartoș, A. Bercuci, V. Cătănescu, F. Constantin, G. Caragheorgheopol, M. Petriș, M. Petrovici, L. Prodan, A. Radu, L. Rădulescu, V. Simion, P. Zaharia
Electron/pion rejection performance and systematic studies of position resolution of Bucharest TRD prototype
20th CBM Collaboration Meeting, Kolkata, India, 24 - 28 September, 2012
- M. Petriș, M. Petrovici, V. Cătănescu, V. Simion, D. Bartoș, I. Berceanu, A. Bercuci, G. Caragheorgheopol, F. Constantin, M. Târzilă, C. Bergmann, D. Emschermann, S. Linev, W.F.J. Mueller, J.P. Wessels

"Two-dimensional position sensitive transition radiation detector, Nucl. Instr. and Meth. A 714 (2013),17; doi/10.1016/j.nima.2013.02.039

- M. Petriș, M. Petrovici, V. Cătănescu, M. Târzița, V. Simion, D. Bartoș, I. Berceanu, A. Bercuci, G. Caragheorghopol, F. Constantin, L. Rădulescu, J. Adamczewski-Musch, S. Linev
"TRD Detector Development for the CBM Experiment", Nucl. Instr. and Meth. A 732, (2013), 375;
doi.org/10.1016/j.nima.2013.07.087
- M. Petriș et al.,
"TRD Detector Development for the CBM Experiment", XIII Vienna Conference on Instrumentation, 11-15 February 2013.
- Mariana Petriș and Mihai Petrovici
"Multi-Strip RPC for high counting rate experiment"
Volume 533 of Journal of Physics: Conference Series, 012009, 2014
<http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/533/1/012009>