

Pályázat
a Wigner Fizikai Kutatóközpont
Györgyi Géza Díjára

Hamar Gergő
MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont
Nagyenergiás Fizikai Osztály
Lendület Innovatív Detektorfizikai Csoport
Budapest, 2014. március 30.

Bevezetés

Ezennel szeretném megpályázni a Wigner Fizikai Kutatóközpont által kiírt Györgyi Géza Díjat az alább részletezett kutatási eredményeim alapján.

Kutatómunkám fókuszpontjában az LHC nehézionfizikára specializálódott ALICE (A Large Ion Collider Experiment, Egy Nagy Ion Ütköztető Kísérlet) továbbfejlesztése áll. Utóbbi években az egyik nagy tervezett detektorral, a VHMPID-del (Very High Momentum Particle Identification Detector, Nagyon Nagy Impulzusú Részecskeazonosító Detektor) foglalkoztam. A VHMPID az ütközésekkel keletkező nagy impulzusú részecskék (π, K, p) azonosításáért felelős a 5-30 GeV/c tartományon. Ezen részecskék egyedi azonosításával vizsgálhatóvá válnának a kvark-gluon plazma részecskeprodukciónak a mechanizmusain túl a multihadron fragmentációs függvények a színes anyagban, a nagy impulzusú rezonanciák rekonstrukciója, jet-en belüli esemény szintű azonosított near-és away-side korrelációk, illetve a jet-ek energiavesztési folyamatai.

A jelenleg Lendület Innovatív Detektorfizikai Csoport néven működő gázdetektorok kutatásával és fejlesztésével foglalkozó REGARD csoport tagjaként részt vettem több új fajta detektor tervezésében, építésében és tesztjeiben. Az adatok analízisével sikerült igazolnom illetve kimutatnom ezen új detektorok kritikus paramétereit. A detektorfejlesztési munkákon túl részt vettem a kidolgozott érzékelőrendszerek alkalmazott fizikai felhasználásában illetve a VHMPID-hez kapcsolódó fenomenologikus részecskeprodukciónak leírások fejlesztésében is.

A VHMPID beépítéséről való döntést a kísérlet vezetősége az LHC következő nagy leállítására tűzte ki. Addigis a gáztöltésű és mikrostruktúrák detektorokkal kapcsolatos tudást és kutatási-fejlesztési eredményeimet az ALICE GEM-TPC projektjében (melynek már tagja vagyok) illetve a COMPASS kísérlet új RICH detektoránál van lehetőségem kamatoztatni.

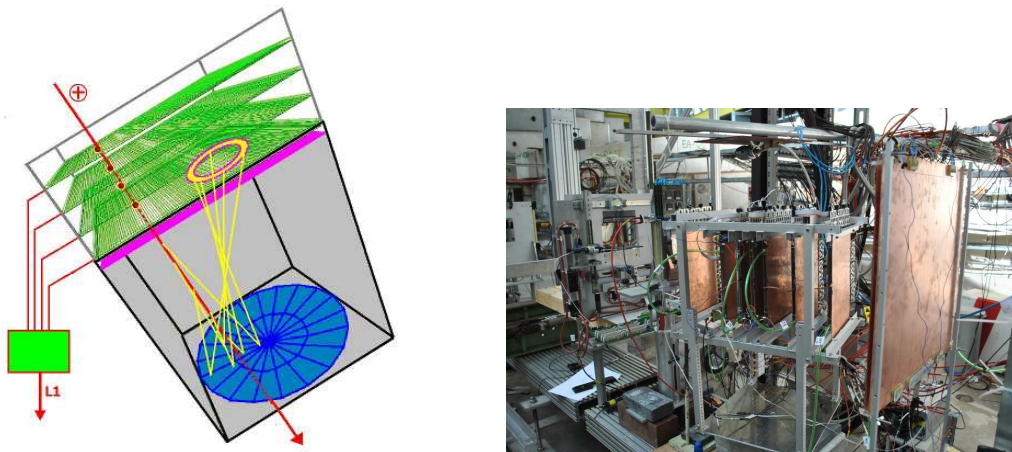
Az elért tudományos eredményeket az alábbi pontokban foglalom össze röviden a hozzájuk kapcsolódó cikkek megjelölésével.

1. VHMPID és HPTD detektorok megvalósíthatósági tanulmánya

A VHMPID egy gáztöltésű gyűrű formájú Cserenkov detektor. Egy modul vázlatos rajzát láthatjuk a 1. ábrán. A gázközegben keletkező igen kevés foton illetve a kiterjedt teljes felület detektorteknikai oldalról nagy kihívást jelent. Fotonok észlelésére a sokszálas és a mikrostruktúrák gáztöltésű detektorok is versengenek.

A keresett nagy impulzusú részecskék igen ritkán keletkeznek, így egy speciális trigger detektorra (HPTD, High P_T Trigger Detector, Nagy Impulzusú Trigger Detektor) is szükség van a megfelelő statisztika begyűjtésére. A több rétegből álló töltött részecske detektortól elvárás a digitális kiolvasás esetén az apró klaszterméret, kis anyagmennyiség, kiváló határfok és gyors válaszidő.

Aktívan részt vettem a detektoregyüttes tervezési munkáiban [1] [2] illetve a részecskenyalámban végzett méréseken túl feladatomban volt az adatok analízise [3]. Fő feladatomban a HPTD detektor megvalósíthatósági vizsgálata [4], melyben részletesen foglalkoztam a gáztöltésű sokszálas kamrákon túl a mikrostruktúrák TGEM technológiájának kutatásával [5] [6].

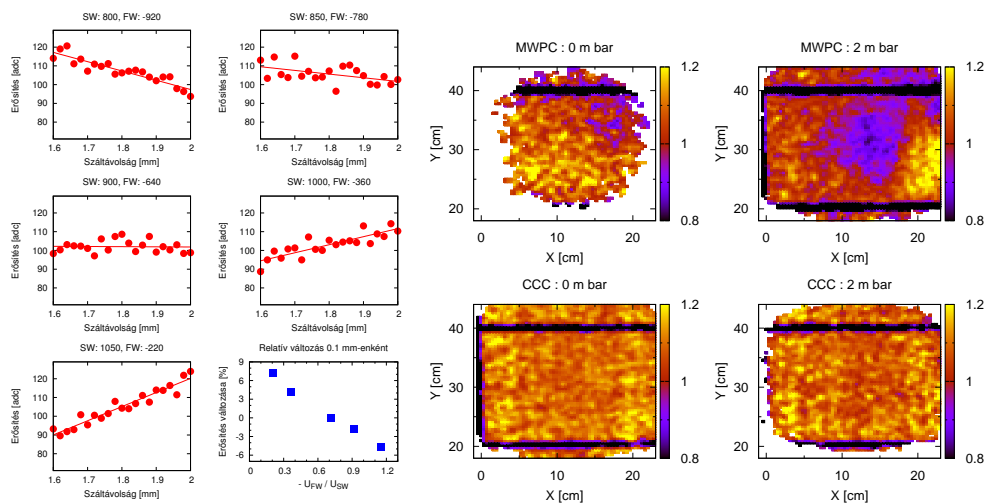


1. ábra. (bal) Egy VHMPID modul sematikus rajza a korai tervekből. A gyors részecske keltette Cserenkov fotonokat egy gyűrűvé fókuszáljuk a gáztöltésű fotondetektor felületére. (jobb) Részecskenyalámbos mérés a CCC alapú HPTD megvalósíthatósági tanulmányaihoz.

2. Közeli Katódos Kamrák részletes vizsgálata

A HPTD detektor kívánalmainak a klasszikus sokszálas kamrák és a fejlesztések alatt elérhető mikrostruktúrák TGEM technológia nem volt elégséges. Ezért a REGARD csoportban kifejlesztettünk egy új fajta sokszálas kamrát (CCC, Close Cathode Chamber, Közeli Katódos Kamra) [7], mely a fentiekén túl nem csupán kitűnő uniformitással és nagy mechanikai toleranciával rendelkezik, de konstrukciós szempontból is egyszerűen kivitelezhető.

Az érzékeny szálak mellé helyezett térformáló szálak jól megválasztott negatív potenciálja esetén a szálsík és a katódsík távolsága első rendben nem befolyásolja a gázerősítést. Ilyen módon a szálsíkkal probléma nélkül meg lehet közelíteni a parkettasíkot mely a kívánt kis klasztermérethez vezet. Így a nagy anyagmennyiséget jelentő masszív szálfeszítő keretek elhagyhatóak, valamint a túlnyomás okozta kidomborodás sem okoz erősítésváltozást. A CCC technológia fenti előnyeit a Wigner F. K. Gázdetektor Laboratóriumában és a CERN PS gyorsítójánál végzett méréseink analízisével bizonyítottam be [8] [9].

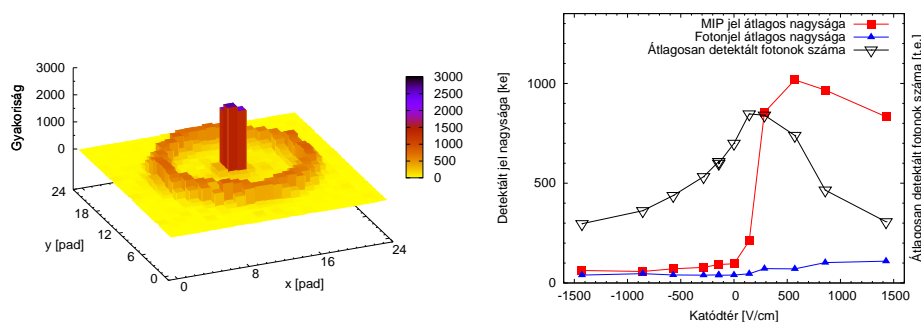


2. ábra. (bal) Szálsíktávolság és erősítés kapcsolata különböző feszültségarányoknál. Látható, hogy létezik a CCC üzemmódnak megfelelő arány. (jobb) A kamrában uralkodó kis túlnyomás a klasszikus elrendezéssel szemben CCC üzemmódban nem okoz jelentős erősítésváltozást.

3. Mikrostruktúrás fotondetektorok nagy felbontású vizsgálata

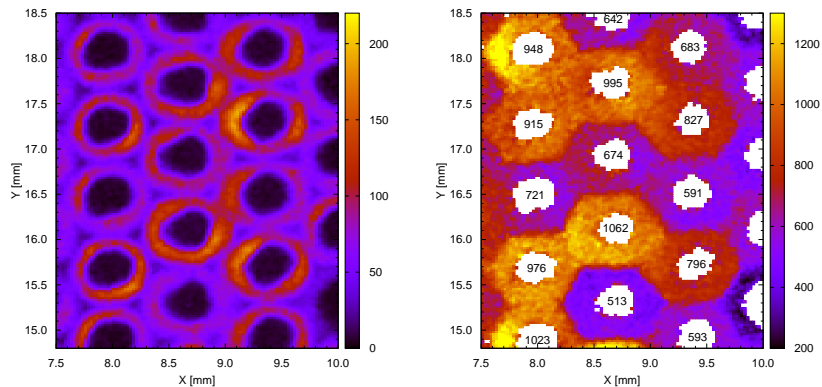
A gáztöltésű detektorok kutatásának és fejlesztésének a modern mikrostruktúrás technológia új lendületet adott. Fotonészlelő rendszerek esetén a GEM típusú lapok használata kiküszöbölheti a másodlagos fotonokat, csökkentheti az érzékeny felületre való ion visszaáramlást és képes redukálni a MIP-jeleket.

Kifejlesztettünk egy újszerű fotondetektor, melyben egy TGEM réteget követően a nagy erősítést egy CCC résszel oldottuk meg. A nyalábteszten rögzített adatok analízisével igazoltam [10], hogy a hibrid (TCPD) egyesíti magában mindkét technológia előnyeit, így a fentiekén túl a szikrázásmentesség és nagy erősítésértékeket is elérhettünk az egyszerű konstrukciós rendszer ellenére.



3. ábra. (bal) Beütéstérkép egy pozícióérzékeny TCPD detektorban. A közepén az áthaladó töltött részecske körül kirajzolódik a Cserenkov gyűrű képe. (jobb) A TCPD-ben a TGEM feletti sodródási tér változtatásával elérhető a MIP jelek jelentős elnyomása.

Az használt reflexív fotoszenzitív konverterek esetén a GEM és TGEM alapú technológiák esetén a lyukak okozta effektív felületcsökkenésen túl az inhomogén felületi télerősség hatása és a kritikus szimmetria pontok környezetének fotonhozama nem ismert. A sok paraméterről függő optimalizáció csak a folyamatok mikrostruktúra szintű ismeretével lehet teljes, így kifejlesztettünk egy nagy felbontású UV pásztázót rendszert (Leopard). TGEM-en végzett méréseink analízisével bizonyítottam a kritikus pontot létezését és megmutattam a lyukak egyedi helyfüggetlen erősítését [11].



4. ábra. (bal) Nagy felbontású pásztázóval vizsgált TGM fotonhozamának térképén jól látszik a lyukstruktúra szimmetriavonalainál és -pontjainál a hatásfokcsökkenés. (jobb) A bal oldali terület erősítésének térképe. Látható, hogy minden egyes lyuk egyedi erősítéssel rendelkezik, mely nem függ a fotoelektron kibocsátási helyétől.

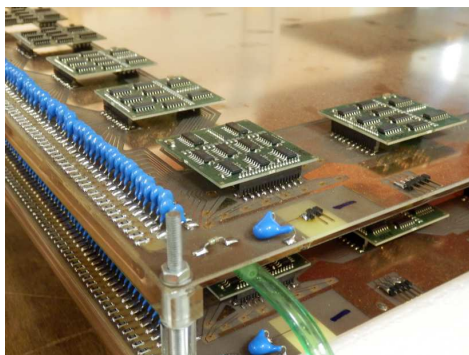
4. Rezonancia koaleszcencia modell alapjainak kidolgozása

A kvark-gluon plazma újrashadronizációs mechanizmusainak megértése és leírása kulcsfontosságú a QGP részletes vizsgálatához. Az elterjedt termikus modellek természetüknél fogva nem írhatják le a kvarkszám skálázást vagy például a részecskekorrelációkat. Az RMKI-ból eredő, mára népszerű kvark koaleszcencia modelles család egy érdekes alternatívát kínál. A kvarkszám skálázást természeténél fogva jósló modelles család az eddig vizsgált különböző energiákon jól működött; ám a hadron rezonanciákat nem volt képes megfelelően kezelni.

Megalkottam az alapjait a Rezonancia Koaleszcencia Modellnek (RCM) [12], ami egy kvark koaleszcencia modell, ahol a relativisztikus mechanika használatával elérhetővé teszi a nagy tömegű állapotok keltését. A különböző kvarktartalmú hadroncsaládok megjelenési függvényével pedig a rezonanciák produkcióját lehet megjósolni. Megmutattam, hogy az RCM modell alkalmas az új ízek, akár a bájós szektor befogadására [13]; valamint, hogy a rezonanciák bevezetésével felmerült kvarkszám skálázástól való eltérés elhanyagolható [14].

5. Alkalmazott kutatási projektben való részvétel

A korábban említett Wigner F. K.-ben kifejlesztett CCC detektortípus kiváló hordozható érzékelőrendszerekben való felhasználásra is. A CCC technológián alapuló REGARD MűonTomográf egy alkalmazott geofizikai kutatásokhoz is használható detektor. A kozmikus részecskék földkéregben való elnyelődéséből lehet a tomográf felett elhelyezkedő sűrűségösszeg inhomogenitásokat kimutatni. Aktívan részt vettem a detektor tervezésében, építésében, tesztjeiben és vizsgálatában [15] [16].



5. ábra. (bal) Fénykép egy MűonTomográf-hoz használt CCC kamráról a digitális elektronikákkal és azok buszrendszerével. (jobb) Fénykép nagy méretű kamrákhoz használt általam tervezett RaspberryPi alapú adatgyűjtő rendszerről.

Kutatási tervek

Különböző mikrostruktúras fotondetektorok nagy felbontású pásztázással való vizsgálatával szeretném feltérképezni részletesen a mikrofolyamatokat és algoritmizálhatóan optimalizálhatóvá tenni az alkalmazandó geometriai és elektromos paramétereket.

Az LHC következő fejlesztése után az ALICE kísérlet magját képező TPC detektort ki kell cserélni, hogy képes legyen megbirkózni a nagy luminozitással. Csoportunk bekapcsolódott ezen mikrostruktúras GEM alapú fejlesztésekbe; potenciálisan lehetséges, hogy a külső szírmok felét a Wigner F.K.-ban fogjuk elkészíteni.

A CCC technológiával készült tomográf geofizikai alkalmazásain túl a kozmikus müonok többszörös szórásán alapuló roncsolásmentes átvilágító rendszerhez végzünk jelenleg tanulmányokat.

Hivatkozások

- [1] A.Di Mauro et al. (VHMPID Collaboration)
The VHMPID RICH upgrade project for ALICE at LHC
Nucl.Instrum.Meth. A639 (2011) 274
- [2] A.Agocs et al. (VHMPID Collaboration)
Very high momentum particle identification in ALICE at the LHC
Nucl.Instrum.Meth. A617 (2010) 424
- [3] G.Hamar for the VHMPID Collaboration
VHMPID : ALICE detector upgrade proposal in the high-pT region
CERN Proc. 2012-001 Proc. 6th Int.Ws. High pT Phys. At LHC (2012) 140
- [4] L.Boldizsár et al. (VHMPID Collaboration)
High-p(T) trigger detector development for the ALICE experiment at CERN
Nucl.Phys.Proc.Suppl. 197 (2009) 296
- [5] G.Hamar, D.Varga
Thick-GEM Based Trigger Detector development
IEEE NSS Conf.Rec. 2008 (2008) 955
- [6] G.Hamar, D.Varga
Vastag-GEM trigger az ALICE kísérlethez
MNT Nukleon 2 (2009) 47
- [7] D.Varga, G.Hamar, G.Kiss
Asymmetric multi-wire proportional chamber with reduced requirements to
mechanical precision
Nucl.Instrum.Meth. A 648 (2011) 163
- [8] D.Varga, G.Hamar, G.Bencédi, G.Kiss
Close Cathode Chamber: Low material budget MWPC
Nucl.Instrum.Meth. A 698 (2013) 11
- [9] G.Hamar, D.Varga, G.Kiss
Close Cathode Chamber, new variant of MWPCs
Proc.o.Science (EPS-HEP 2013) 046
- [10] G.Hamar, D.Varga
TCPD, a TGEM based hybrid UV photon detector
J.Instr. 8 (2013) C12038
- [11] G.Hamar, D.Varga
High Resolution Surface Scanning of Thick-GEM for Single Photo-Electron
Detection
Nucl.Instrum.Meth. A 694 (2012) 16

- [12] G.Hamar, P.Lévai
Resonance production in a quark coalescence framework
J.Phys.G 35 (2008) 104075
- [13] G.Hamar, P.Lévai
Charmonium resonance production from quark coalescence
PoS EPS-HEP2009 (2009) 033
- [14] G.Hamar, P.Lévai
Strange and nonstrange hadron resonance production by quark coalescence
investigating quark number scaling
Acta Phys.Pol. B Supp. 5 (2012) 451
- [15] G.G.Barnaföldi, D.Varga, L.Oláh, G.Hamar, H.G.Melegh, G.Surányi
Portable Cosmic Muon Telescope for Environmental Applications
Nucl.Instrum.Meth. A 689 (2012) 60
- [16] L.Oláh, G.G.Barnaföldi, G.Hamar, H.G.Melegh, G.Surányi, D.Varga
CCC-based Muon Telescope for Examination of Natural Caves
Geosci. Instrum. Method. Data Syst. 1 (2012) 229