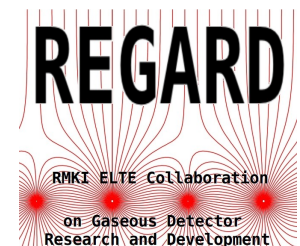


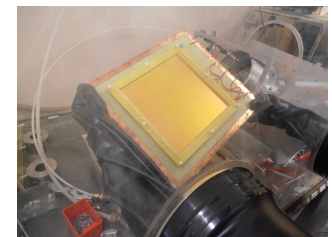
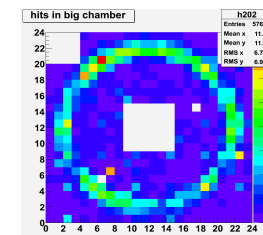
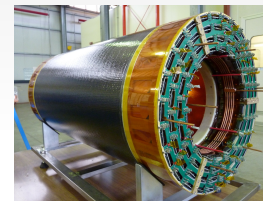
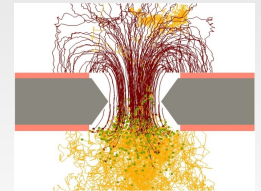
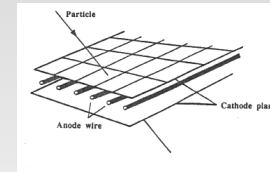
# Mikromintázatú detektorok forradalma a részecskefizikában

**Hamar Gergő**  
Wigner F.K. NFO



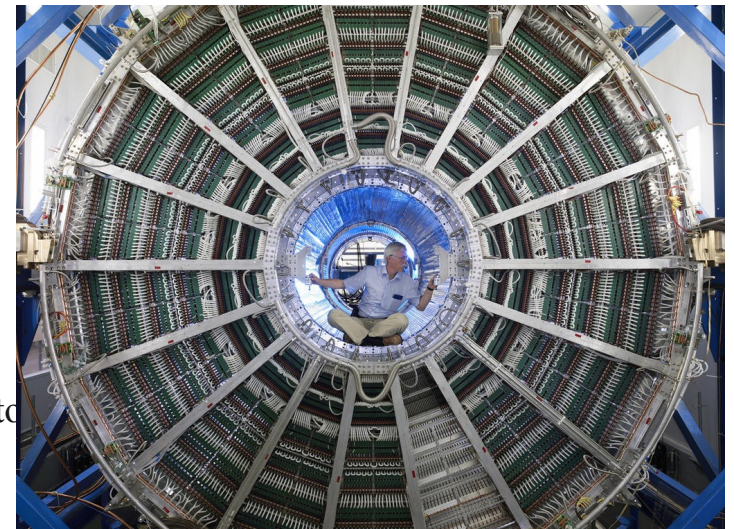
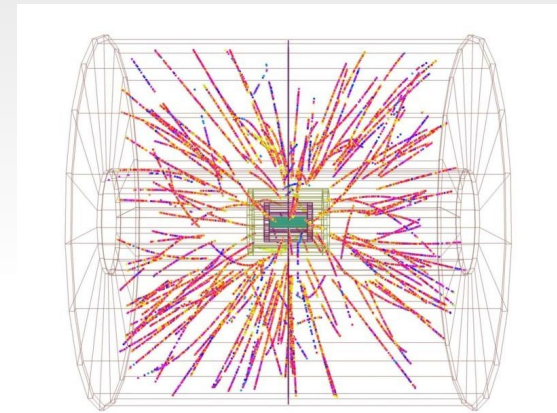
# Vázlat

- Sokszálas detektorok
- Mikromintázatú detektorcsalád
- Példák a nagyvilágból
- LHC fejlesztési projektek
- Változatos felhasználás
- Hazai kutatások

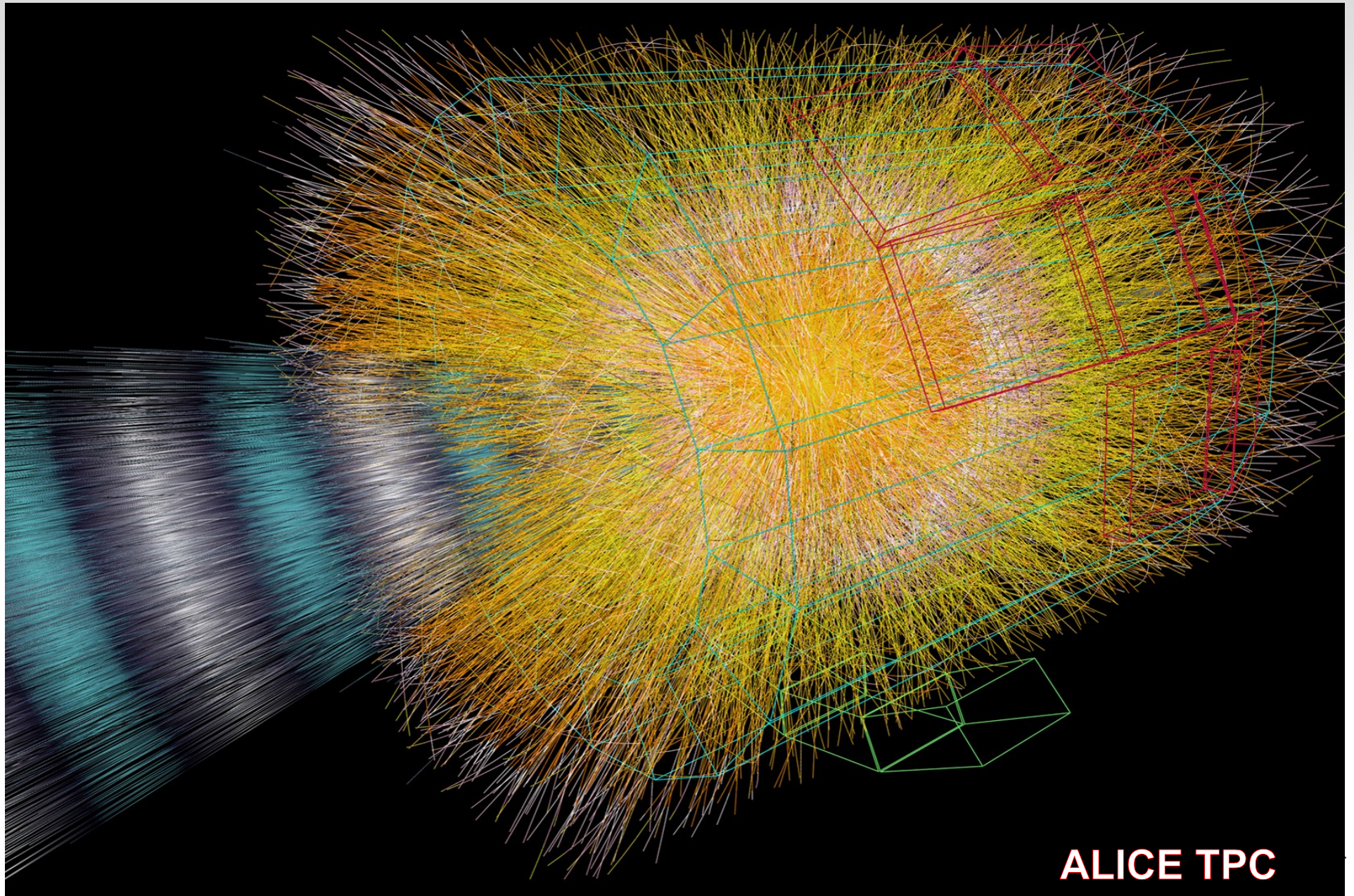


# Gáztöltésű detektorok

- Első elektronikus nyomkövető detektorok
- Ismert technológia
- Hatalmas térfogatban is lehetséges
- Nyomkövetés akár 3 dimenzióban
- Részecskefajta azonosítási lehetőség
- Felhasználható fotonok észlelésére is

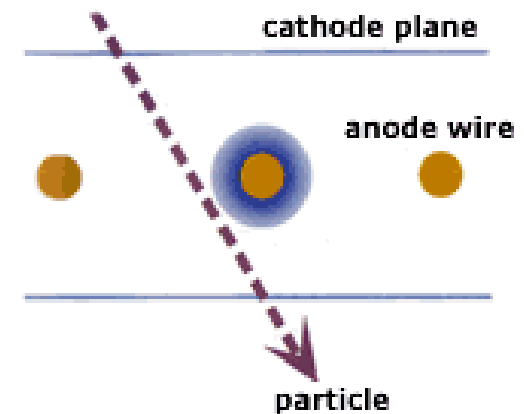
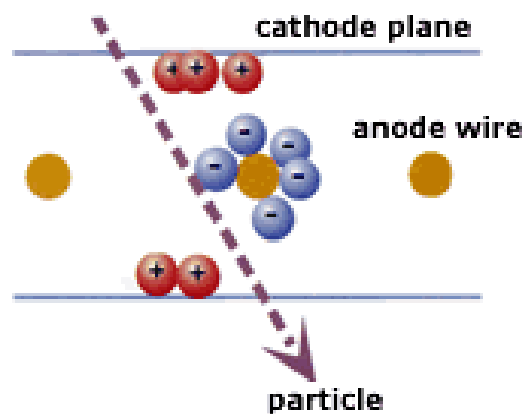
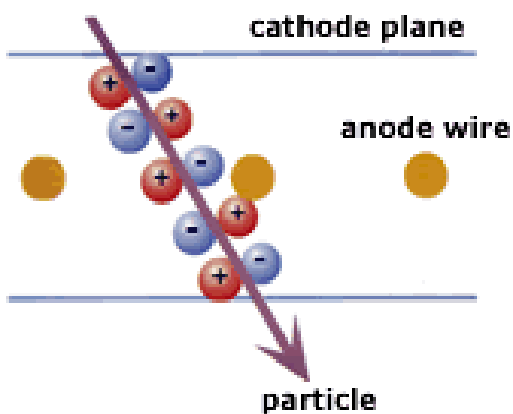
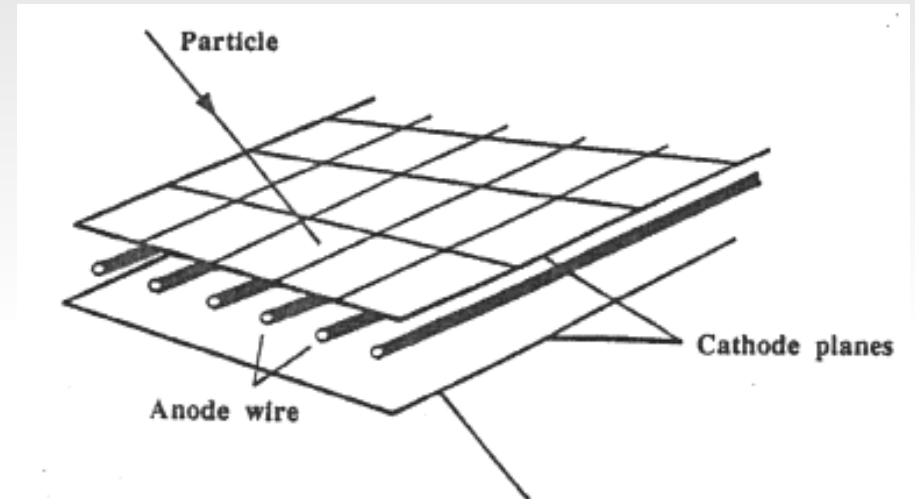


# Gáztöltésű detektorok



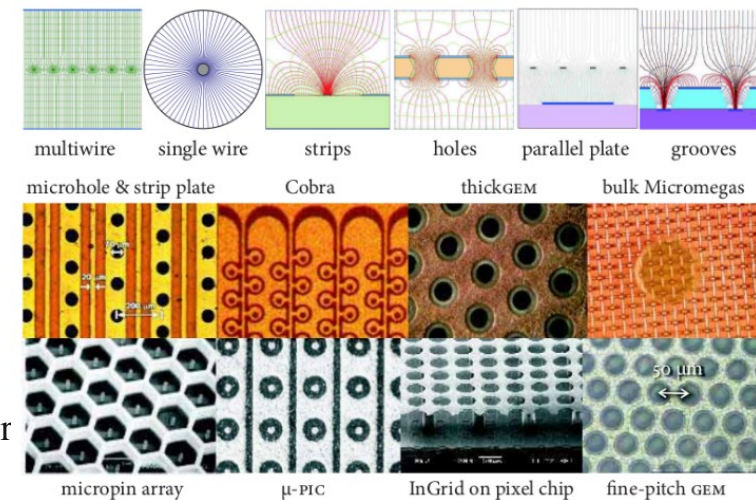
# Működés alapjai

- Töltött részecskék ionozálják a gázt
- Összegyűjtjük az elektronokat
- Nagy elektromos térrel elektronlavinákat keltünk
- Környező elektródákról kiolvassuk a jelet
- Beérkezési idő mérésével 3 dimenziós nyomkövetés



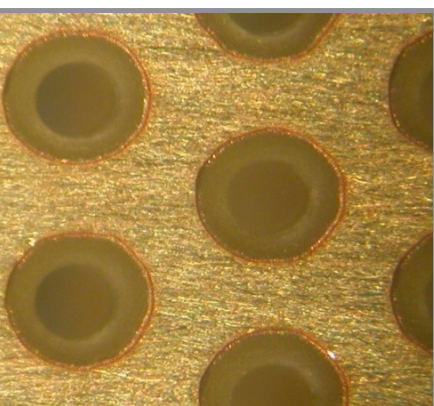
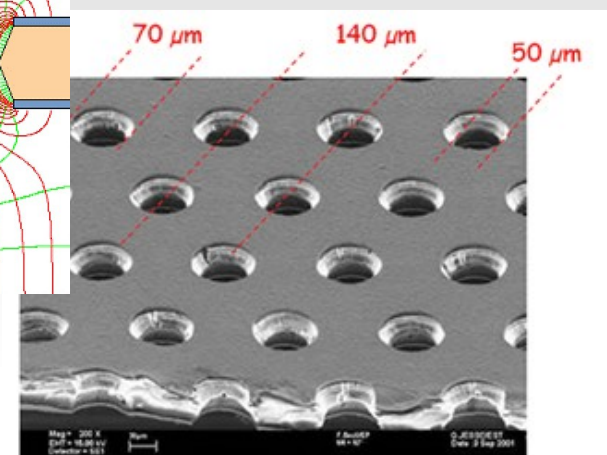
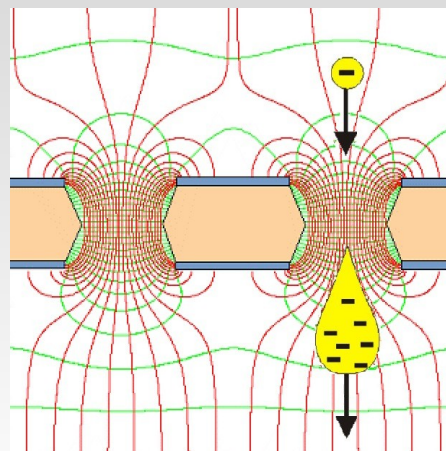
# Mikromintázatú detektorok

- Klasszikus sokszálas kamrák hártányai  
egyenletesség, szálak gyártása, belógás, precíziós síkfelületek, ...
- A nyomtatott áramköri technológia fejlődésével elérhetővé váltak új struktúrák
- Nagy elektromos teret már nem csak szálakkal érhetünk el
- CERN RD51 Kollaboráció  
(kommunikáció, gyártás, mérőrendszerek, szimuláció, ..)
- Szabadabb formaválasztás
- Nagy intenzitás esetén is használható
- Ipari mértékben is előállítható



# Gáz elektron sokszorozók

- **GEM** : Rézzel borított fólia rengeteg apró lukkal ( lukátmérő :  $50\ \mu\text{m}$  )
- Feszültség hatására nagy térerősség a lukakban: elektron lavina mérete 10-100
- Több fólia egymás után köthető : nagy erősítés



- **Vastag-GEM**

hordozó : nyomtatott áramköri lap

lukak : mechanikai fúrással

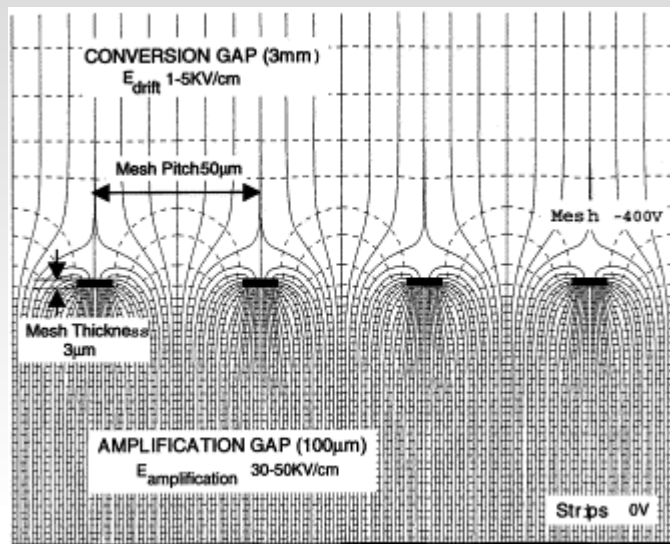
( lukátmérő :  $0.3\text{-}1.0\ \text{mm}$  )

robosztus

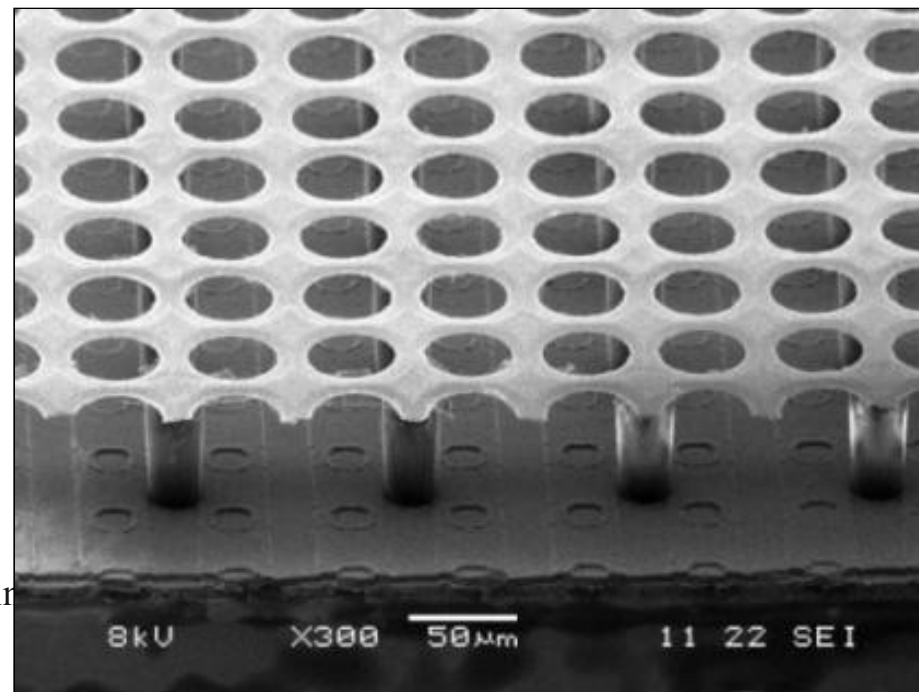
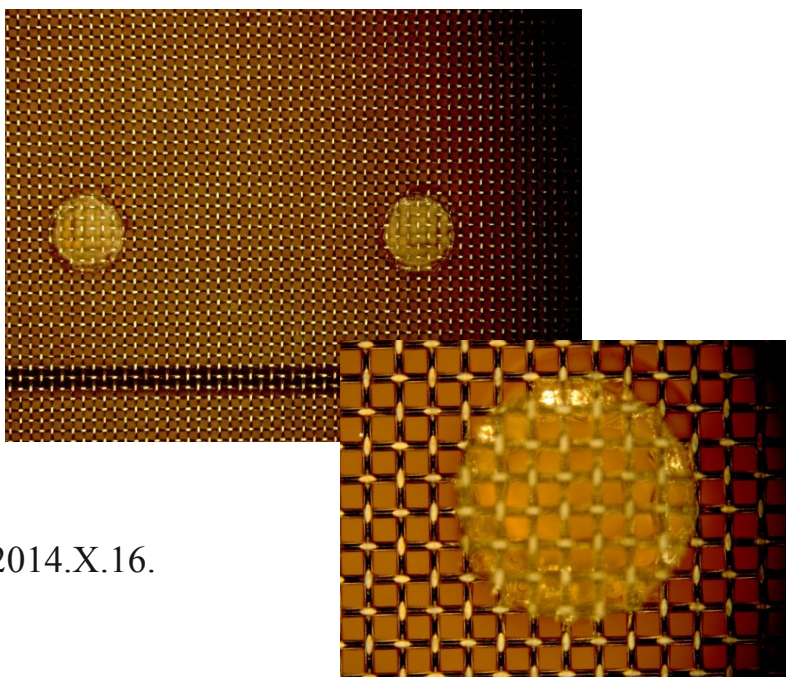
szikratűrő



# Mikrorács alapú detektorok



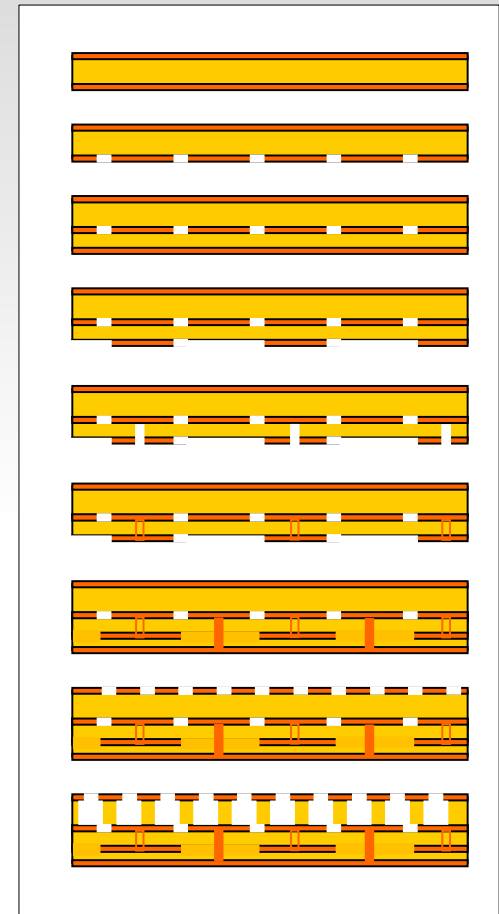
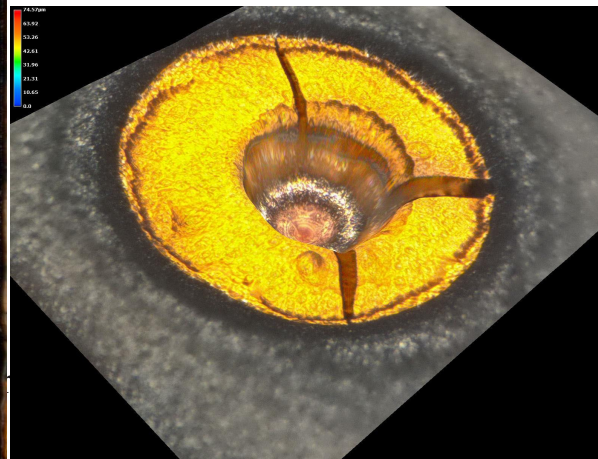
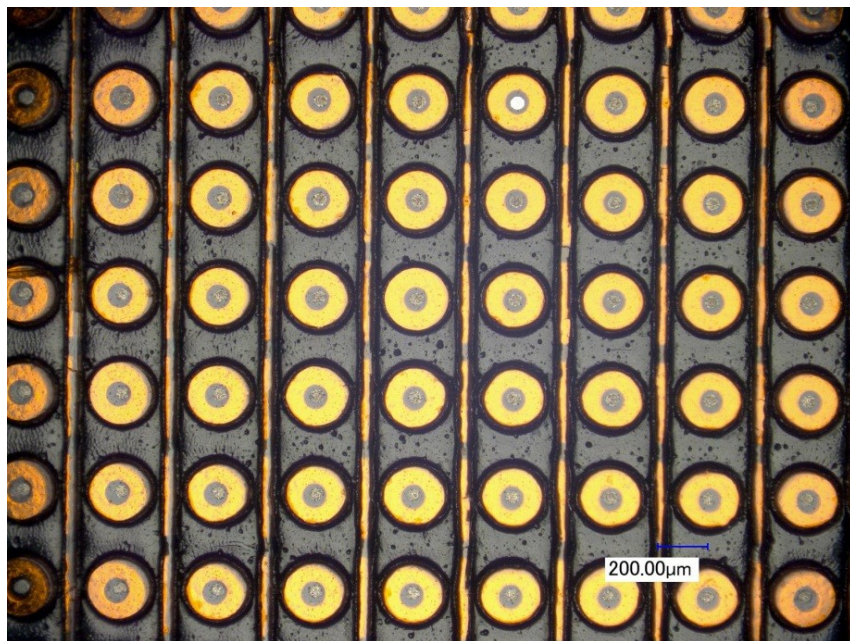
- Finoman szőtt acélrács 100  $\mu\text{m}$ -rel az alaplapp felett
- Nagy térerősség a rács alatt
- Elektronlavina közvetlenül a kiolvasórészre érkezik
- De hogyan tarthatjuk a rácsot a helyén?





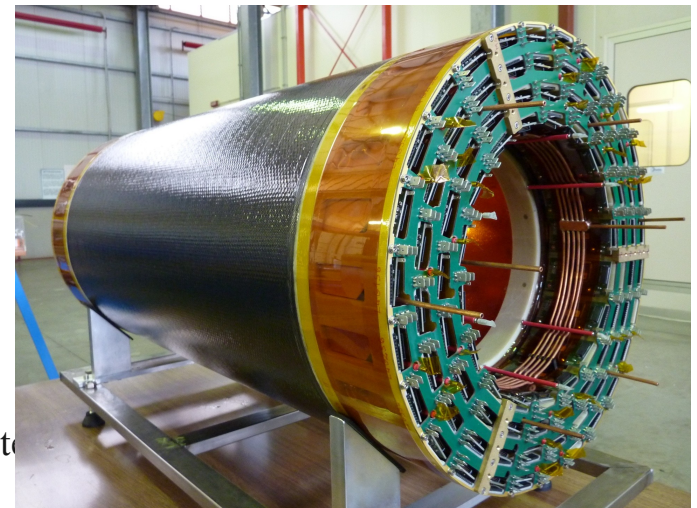
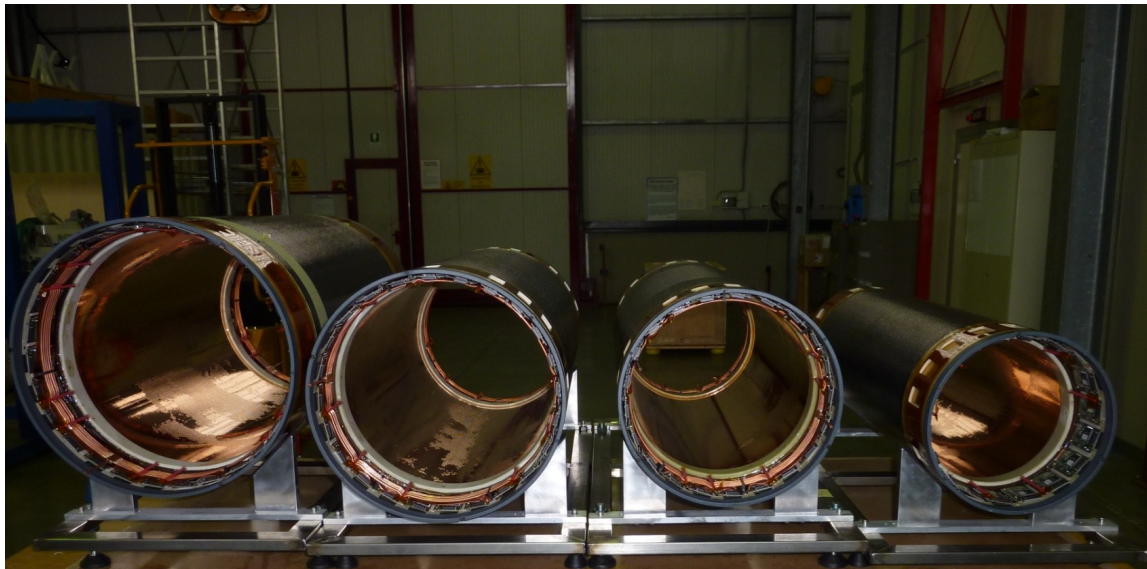
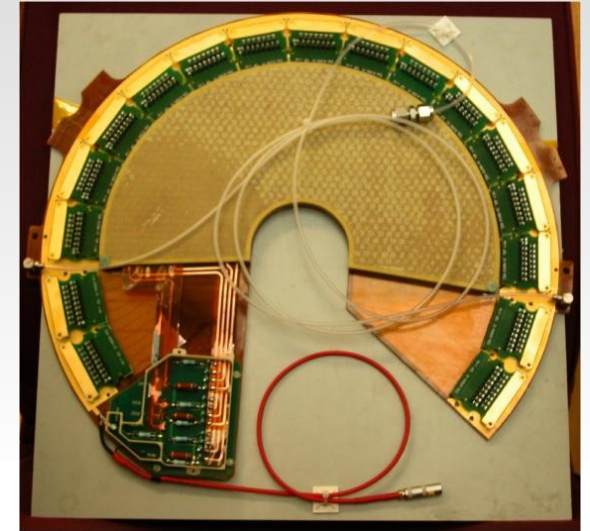
# Integrált struktúrák

- Egyetlen összetett áramköri struktúra
- Hajlékony hordozó  
-> hajlékony detektor ?
- Flexibilis maratott mikrorács
- Mikropötty detektor



# Már működő detektorok

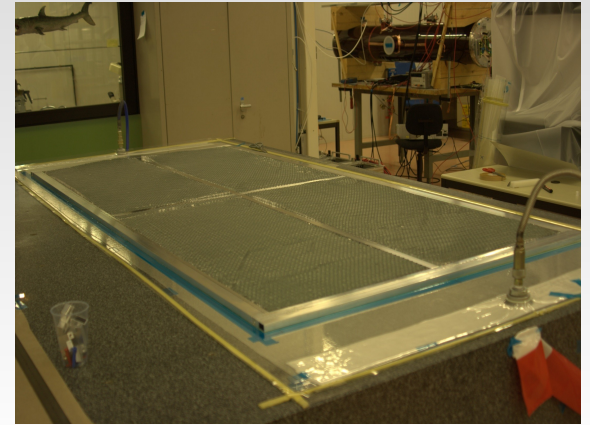
- TOTEM (CERN, Svájc)
- PHENIX HBD (BNL, USA)
- KLOE2 CT (DAFNE, Olaszország)
- FOPI TPC (GSI, Németország)
- ...



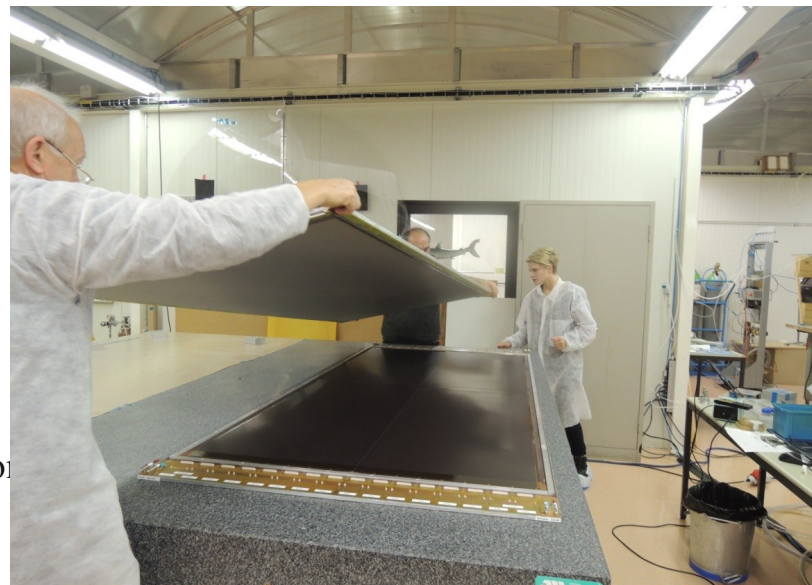
í dete

# LHC - ATLAS : MAMMA

- Előreszórési régióban
- Nyomkövető és trigger
- Rezisztív mikromega
- Prototípus : 1.0m x 2.4m
- Tejles lefedettség : 8 réteg → 1200m<sup>2</sup>

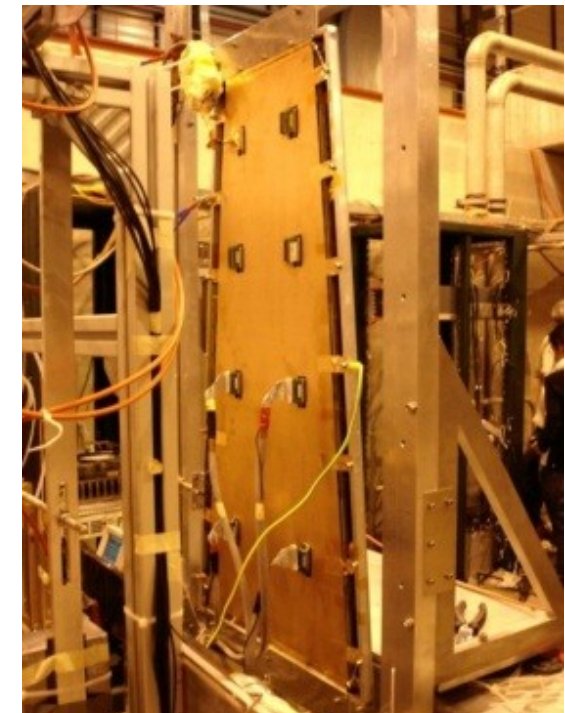
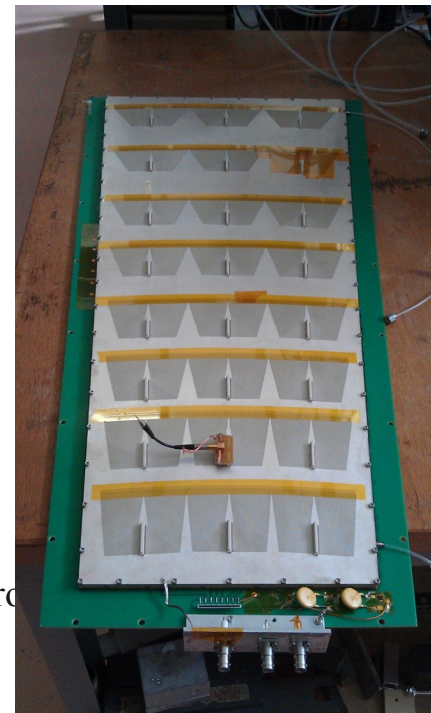
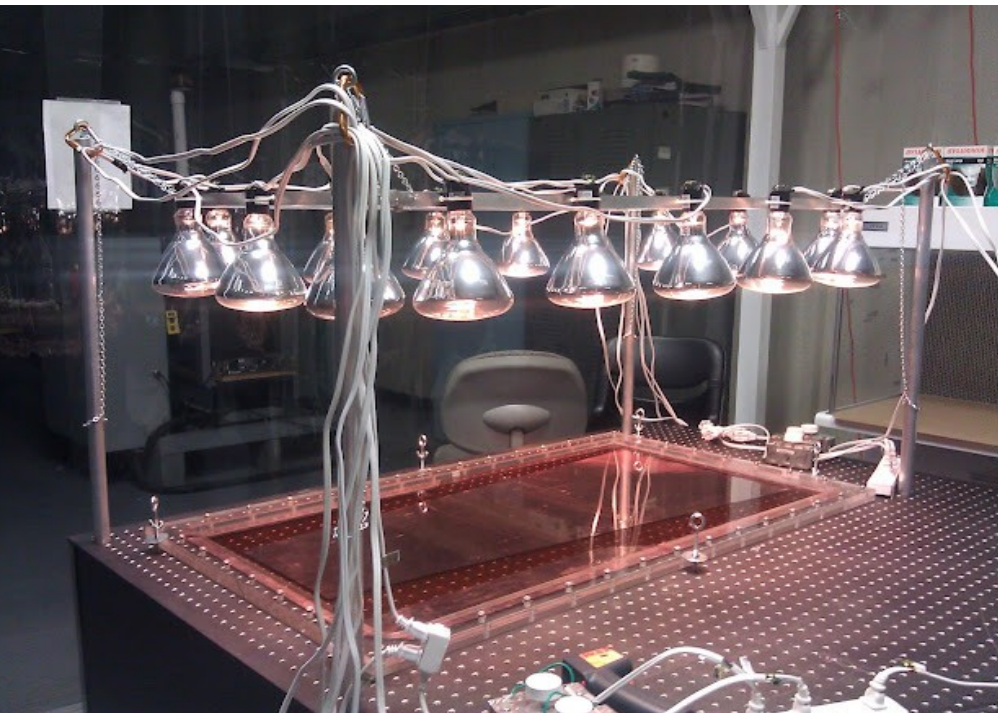
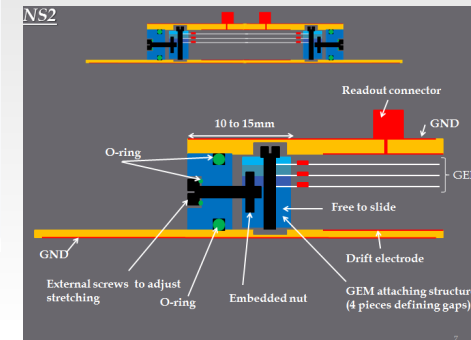
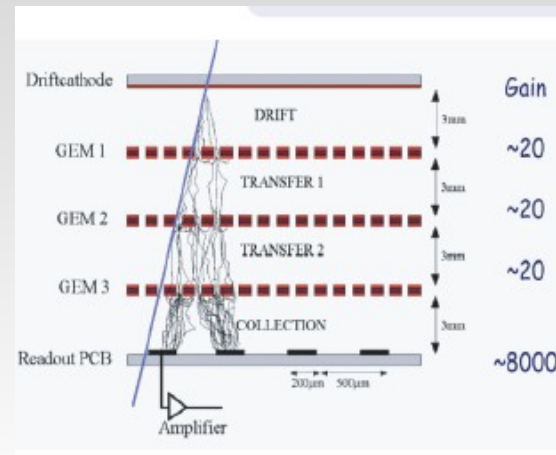


Gergő - Mikro



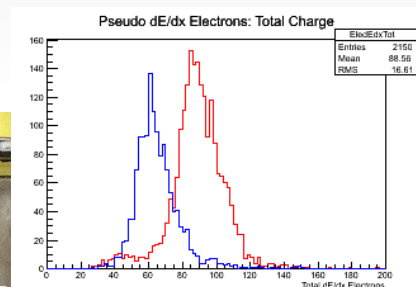
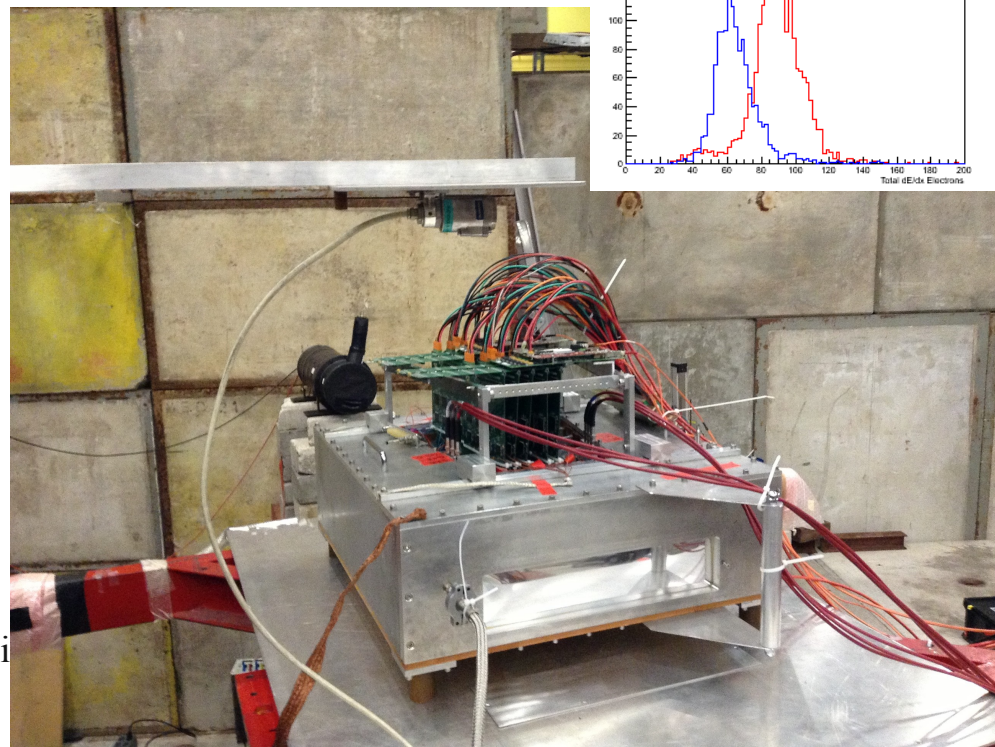
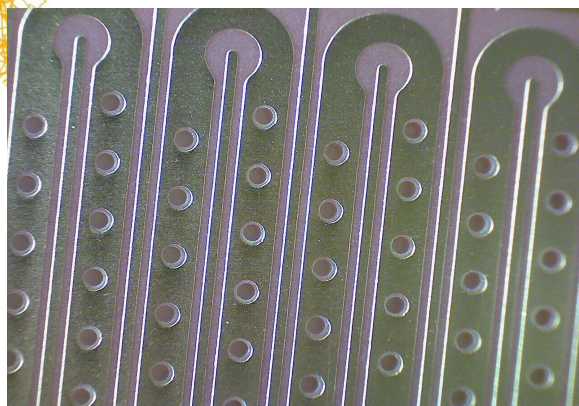
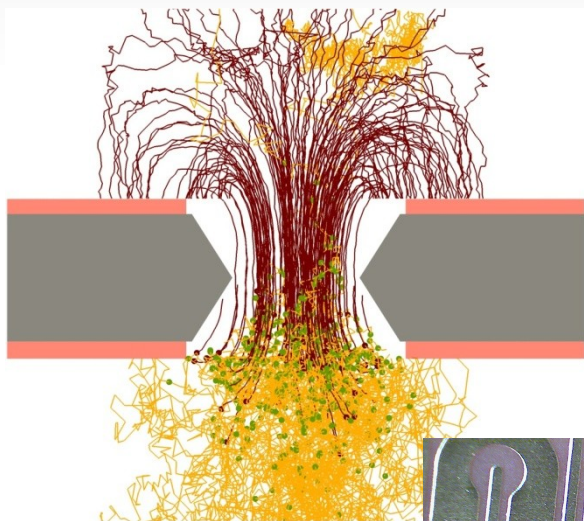
# LHC - CMS : GEM Project

- Előreszórési régióban
- Tripla GEM
- Kiváló időfelbontás  $\sim 5\text{ns}$
- Nagy méretű fóliák feszítése
- Nagy ellenállóság



# LHC - ALICE : GEM TPC

- Folytonos 3D kiolvasás nehézion-ütközésekhez
- Rengeteg ion áramlik vissza a gáztérbe !
- Quadro-GEM / ThCobra / GEM+MM / Mhsp / ...

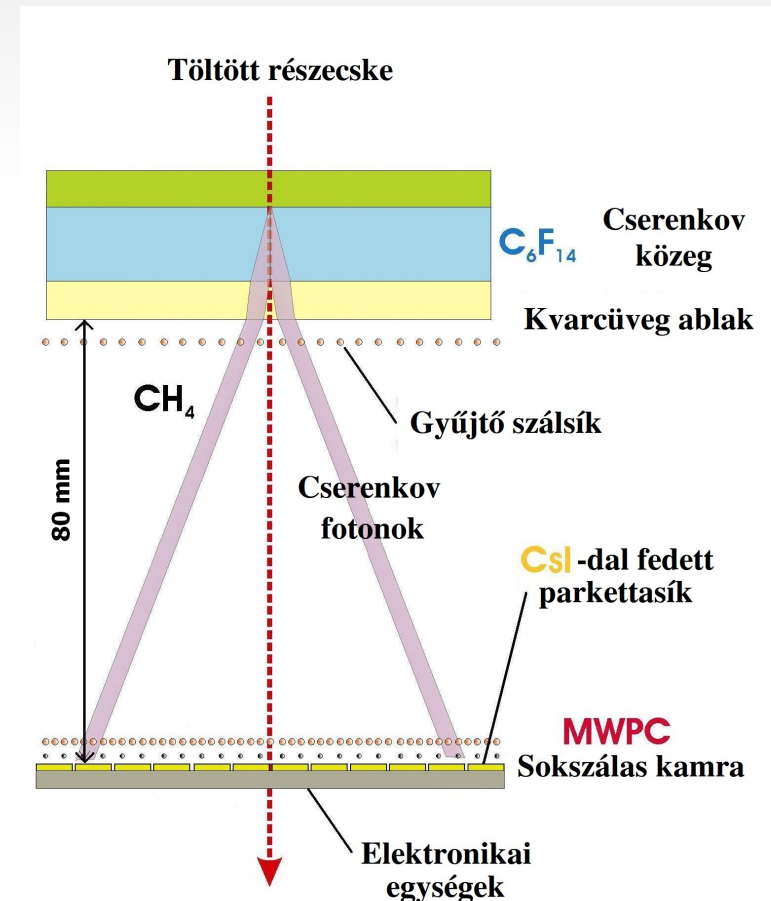
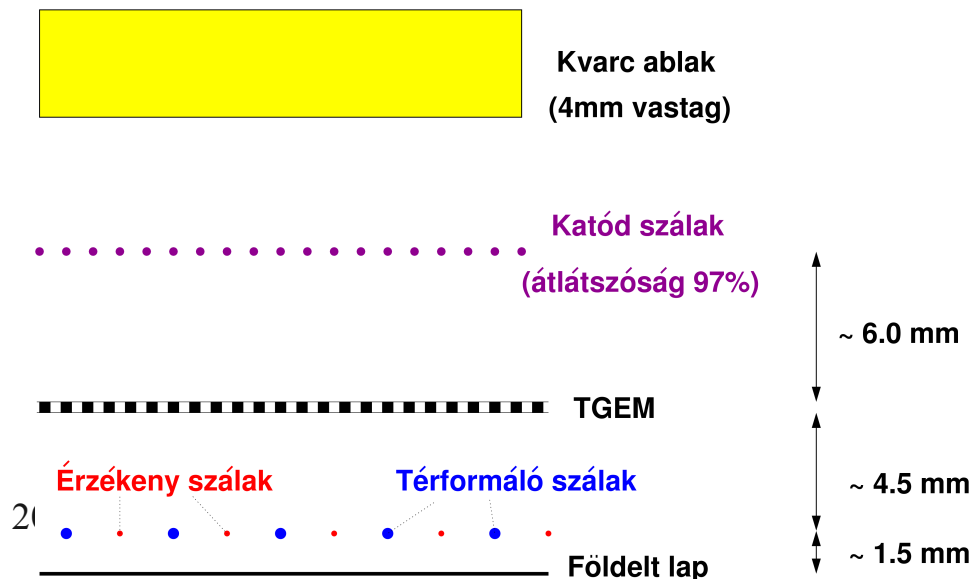


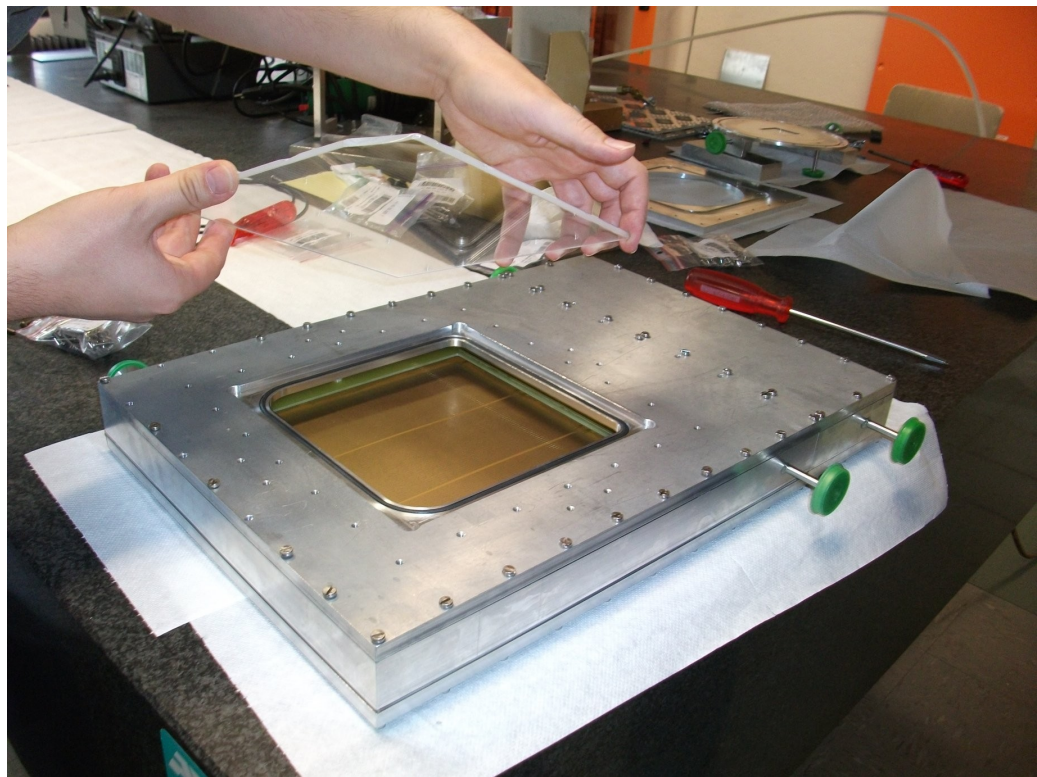
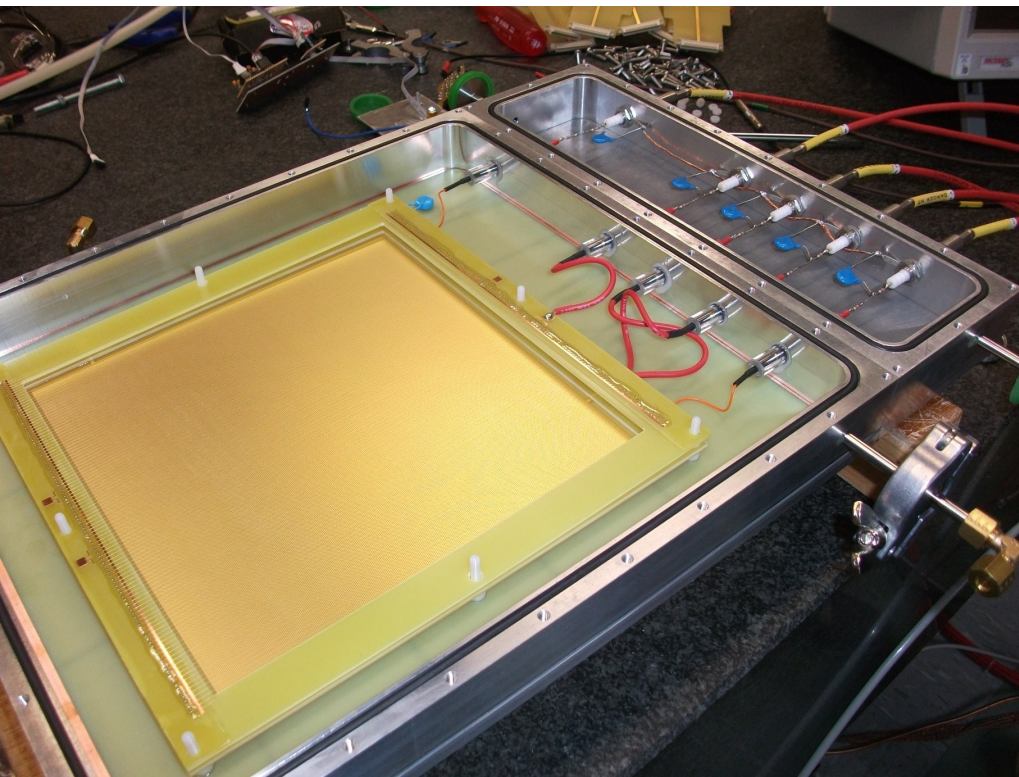
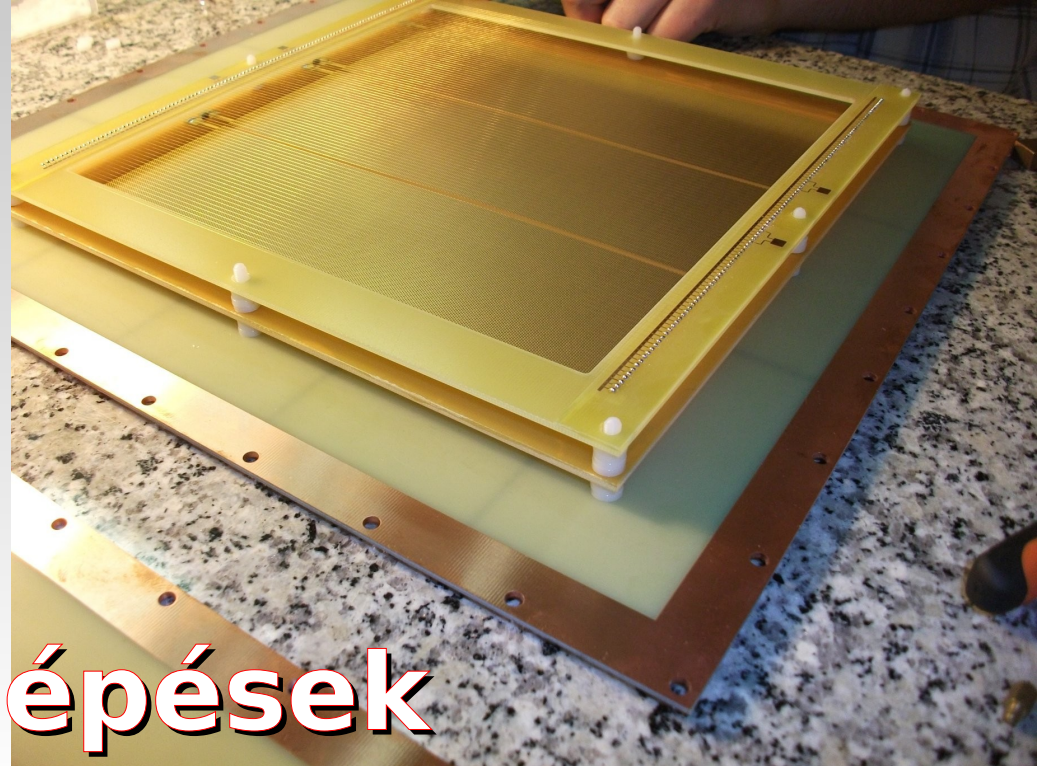
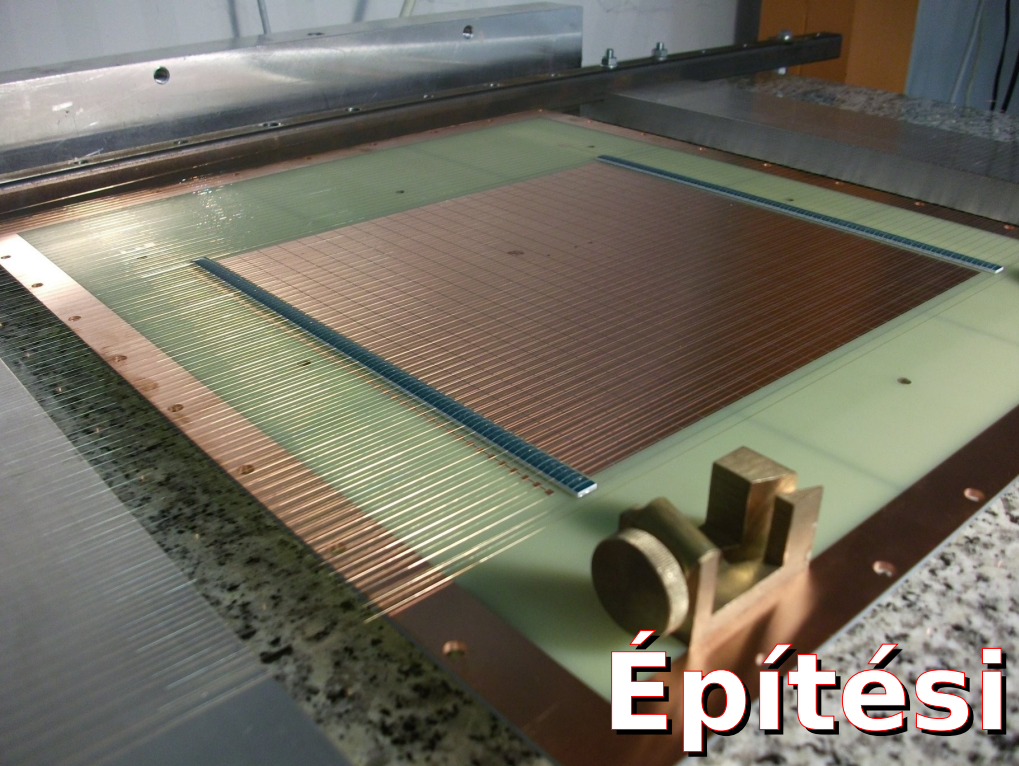
# Hazai kutatások

- Wigner FK Nagyenergiás Fizikai Osztály  
Lendület Innovatív Detektorfizika Csoport  
(REGARD)
- Gáztöltésű detektorok kutatása-fejlesztése  
Vastag-GEM detektorok nyomkövetésre,  
GEM detektor fejlesztés 3D kiolvasáshoz,  
Hibrid detektorok egyedi fotonok észlelésére,  
Mikrostruktúra nagy felbontású mérése,  
*Klasszikus sokszálas és Közeli katódos kamrák,  
Alkalmazott fizikai felhasználás*

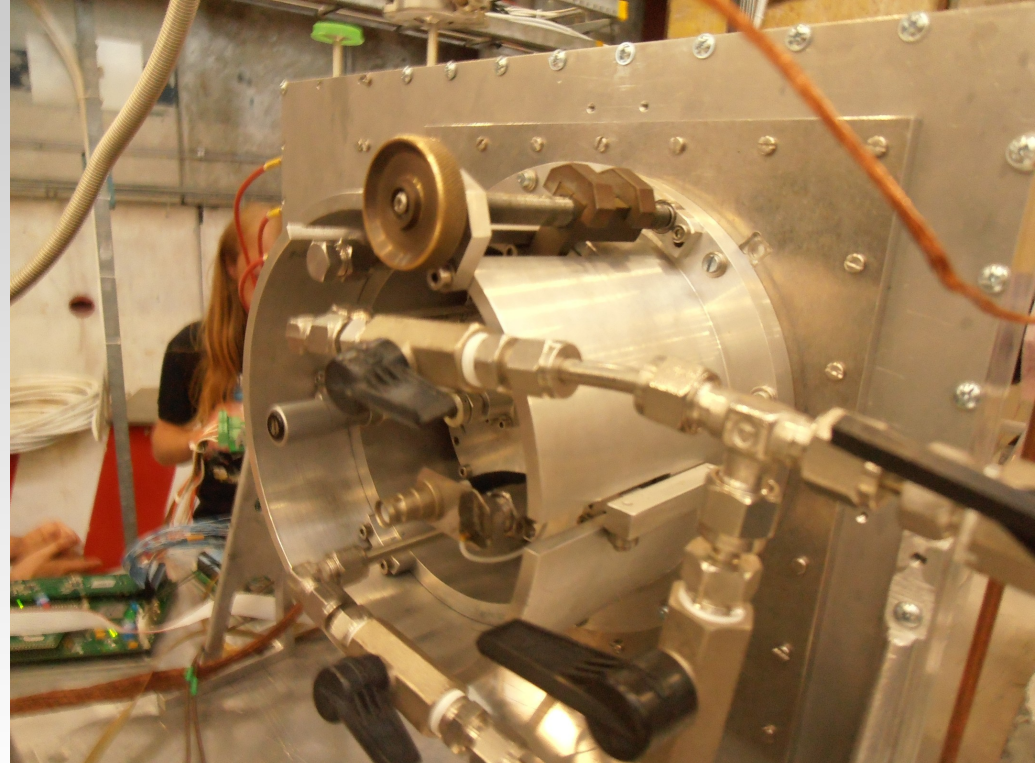
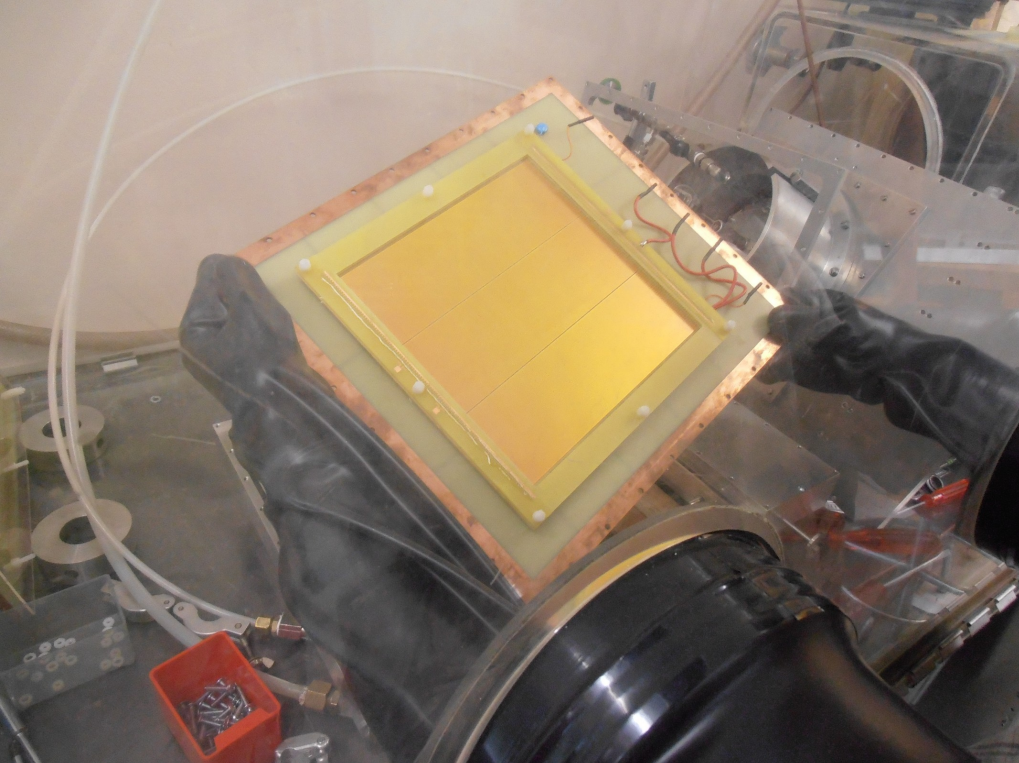
# Egyedi fotonok észlelése

- Beérkező foton kiüt egy elektront a fotoérzékeny rétegből
- Cserenkov gyűrű detektálása gyors részecskék azonosításához
- Mikromintázatú detektorok  
vs. sokszálas kamrák
- HBD, COMPASS, VHMPID, ...
- Hazai fejlesztésű hibrid : TCPD

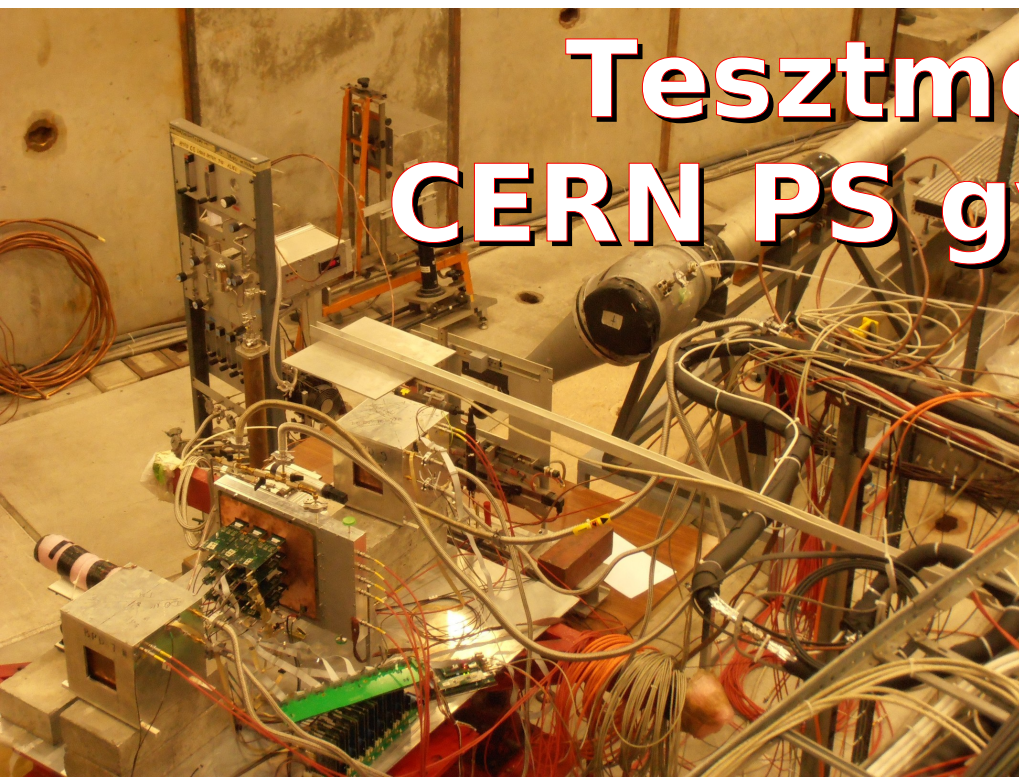






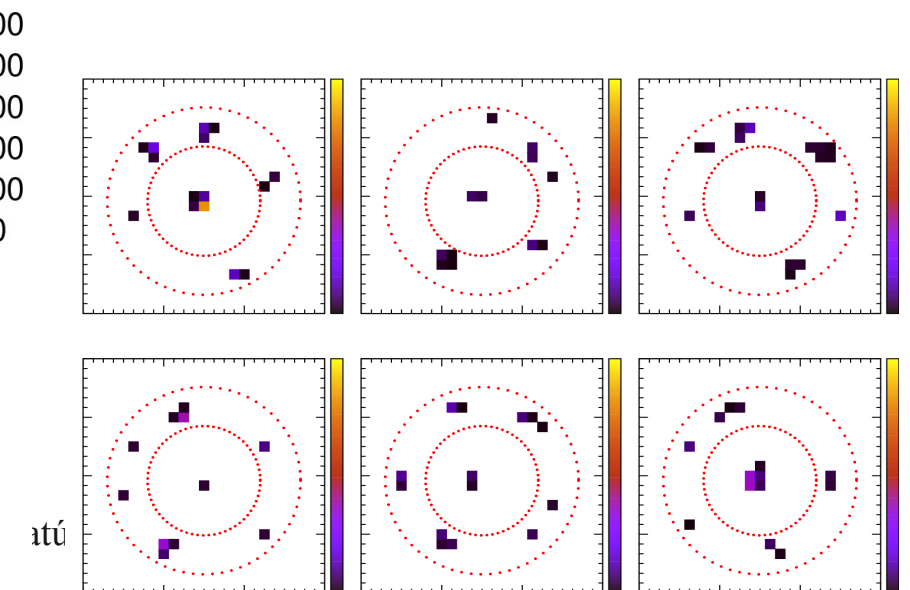
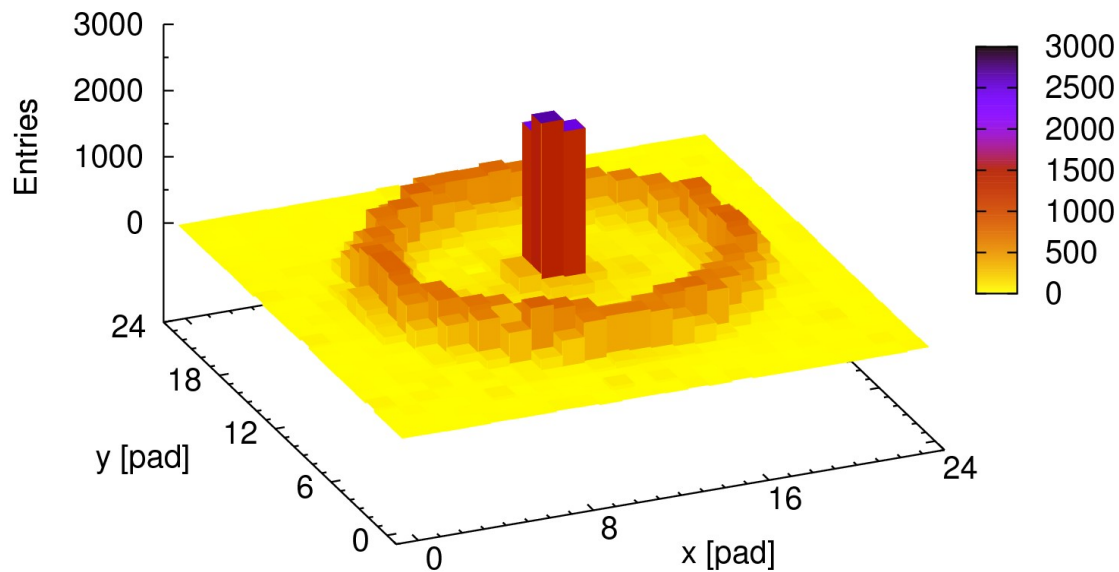
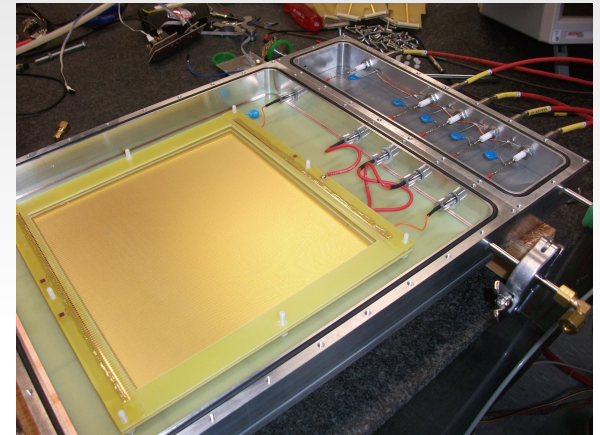


# Tesztmérések a CERN PS gyorsítójánál



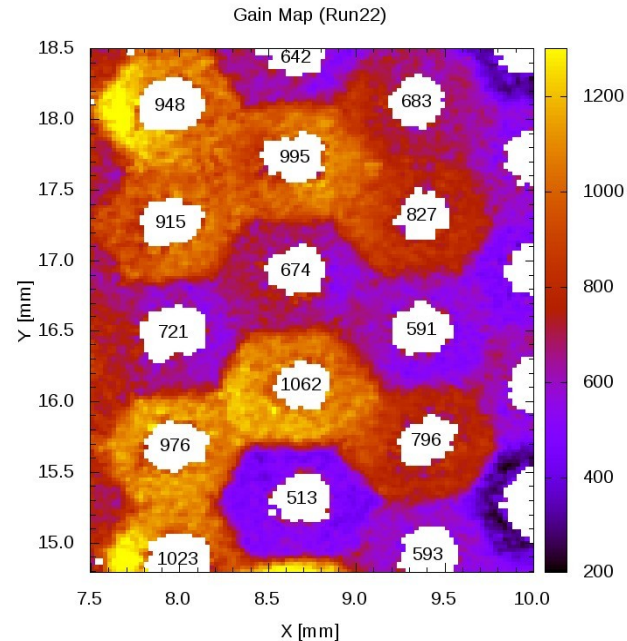
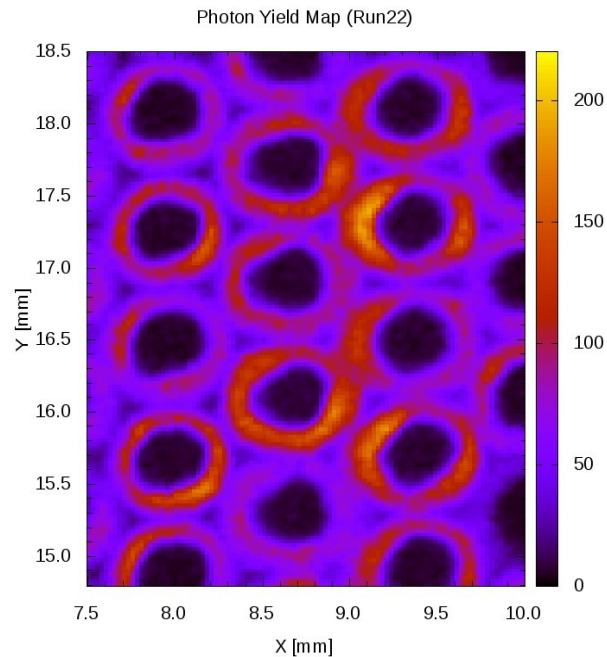
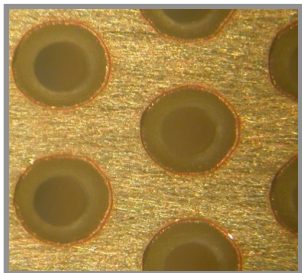
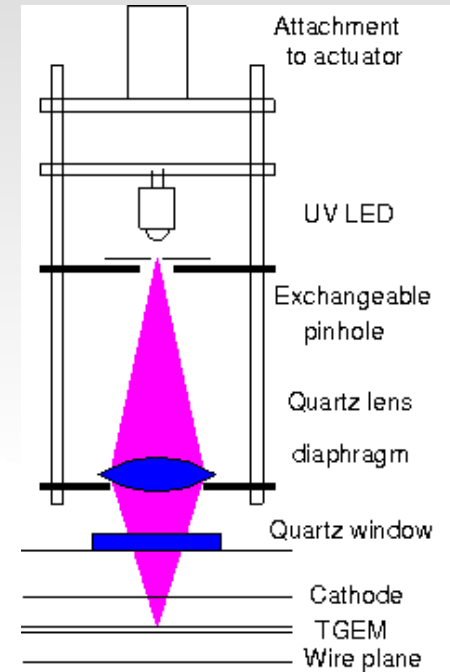
# Mikromintázatú hibrid fotondetektor (TCPD)

- Első teljes Cserenkov gyűrű detektálása mikromintázatú detektorral !
- Nagy erősítés
- Kiváló hatásfok



# Leopard projekt

- Fókuszált UV fény a vastag-GEM tetjére (<math><0.1\text{mm}</math>) egyedi elektronokat lökhetünk ki
- Minden pontban több ezer eseményt kell felvenni
- Paraméterek optimalizációja
- Szimulációk finomhangolása
- Gyártástechnológia fejlesztése és tesztje

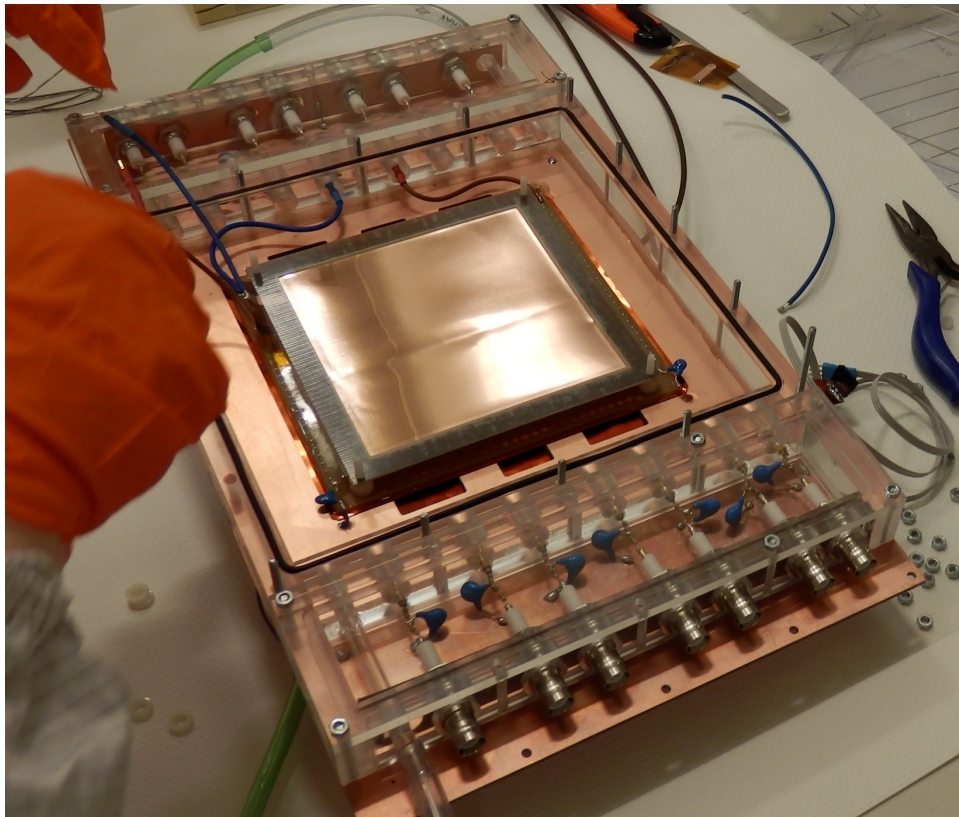
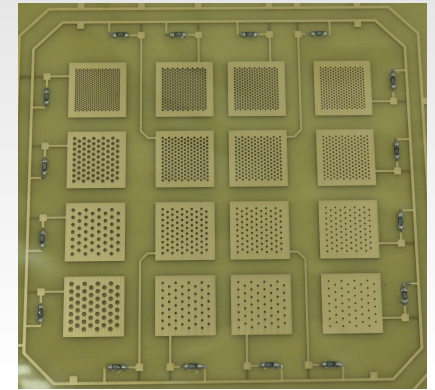


2014.X.16.

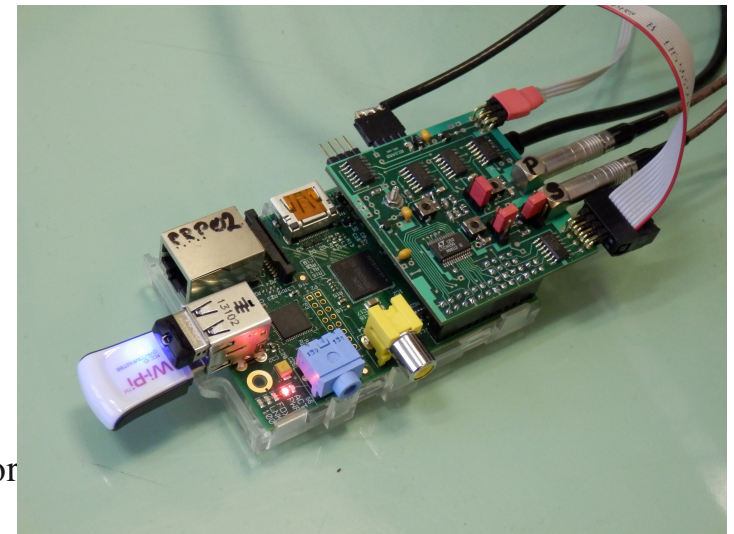


# További MPGD munkáink

- Vastag-GEM : lyukkonfigurációk vizsgálata
- (vékony) GEM detektorok építése
- Elektronlavina eloszlás mérése
- Hordozható gyors mérőegység kifejlesztése

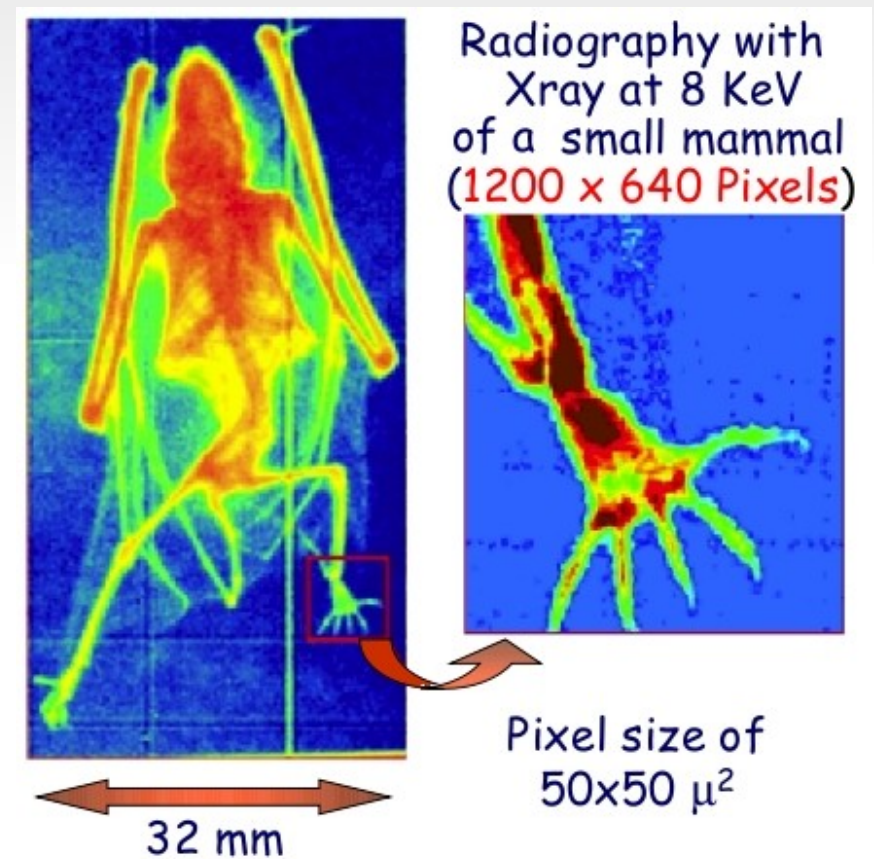


mikromintázatú detektor



# Mikromintázatú detektorok a részecskefizikán kívül ...

- Magfizika  
pl: alacsony háttérű detektorok
- Reaktor technológia  
pl: neutron detektálás
- Egészségügyi alkalmazások  
pl: orvosi detektorok
- Környezetvédelem  
pl: tűzérzékelő
- Alkalmazott fizika  
pl: kozmikus sugárzás
- ...

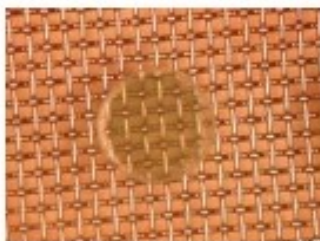


# Összefoglalás

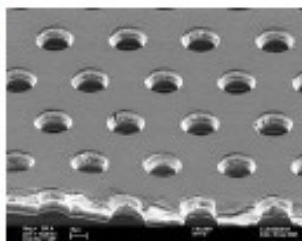
- Mikromintázatú detektorok
- RD51 Kollaboráció
- Szinte minden új kísérletben megjelennek
- Jelentős hazai munkák, kollaborációk:

TCPD, Leopard, VHMPID, ALICE TPC,  
COMPASS RICH, ...

2014.



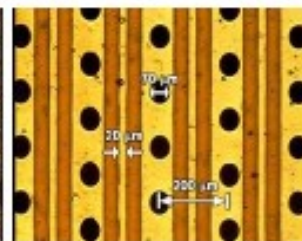
MicroMegas



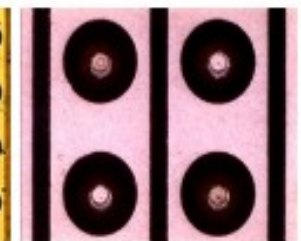
GEM



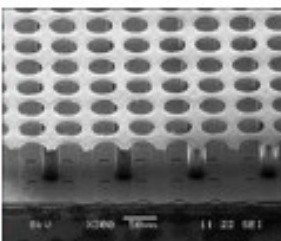
THGEM



MHSP



microPIC



Ingrid