

Resistive Micromegas in RD_FCC

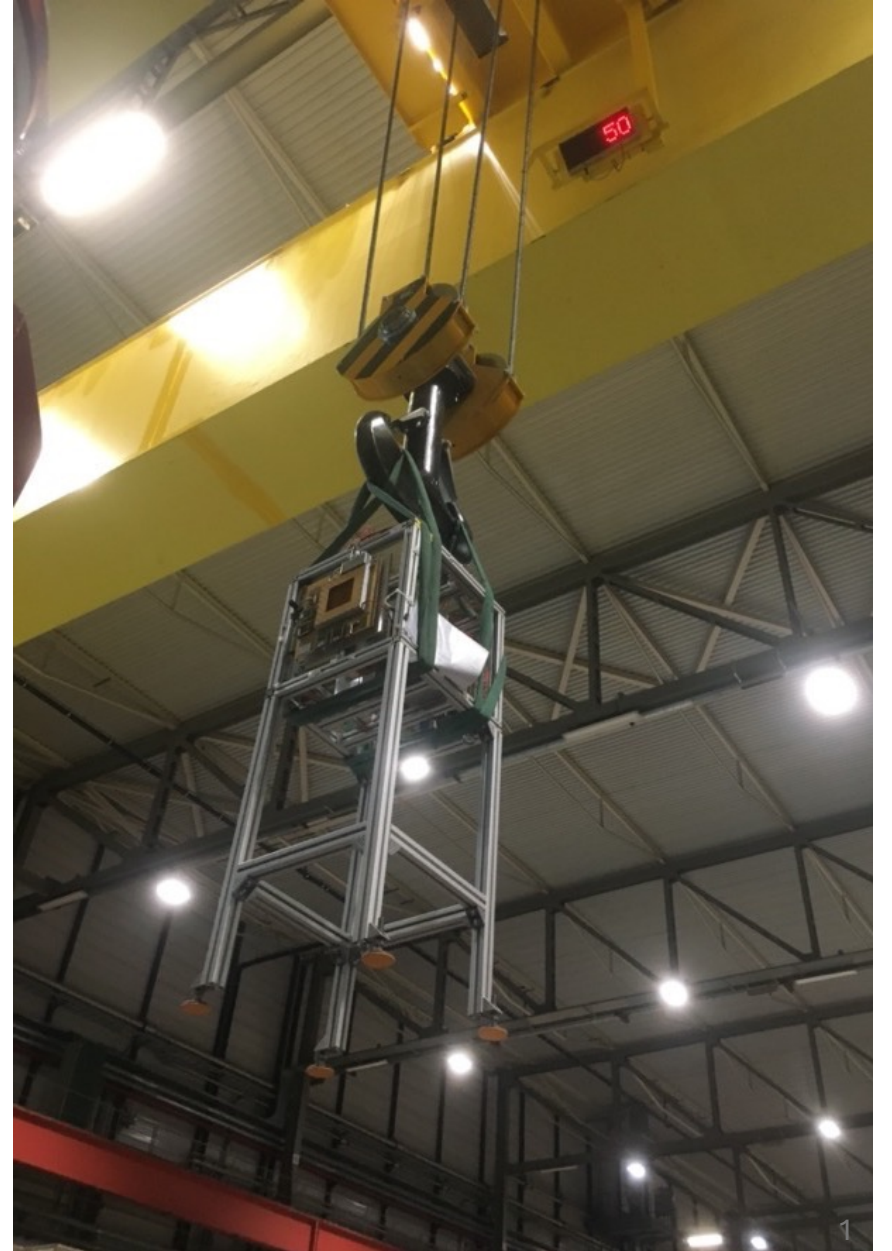
Napoli:

M. Alviggi, R. De Asmundis, M. Della Pietra,
C. Di Donato, P. Iengo, G. Sekhniaidze

Roma3:

M. Biglietti, R. Di Nardo, M. Iodice, R. Orlandini,
F. Petrucci

Incontro con i Referee 26 Luglio 2024



Resistive Micromegas in RD_FCC

- **Sviluppo di rivelatori Micromegas resistivi, per estendere lo studio dell'applicazione di rivelatori MPGD per i futuri esperimenti a FCC.**
 - Da avanzamenti raggiunti con il progetto RHUM (INFN di Roma3 e Napoli)
- **Rivelatore IDEA per FCCee** come punto di partenza, in termini di obiettivi di base
 - il nostro sviluppo di Micromegas resistive si affianca a quello in essere basato su uRWell.
- Per applicazioni al futuro collider $e+e-$ l'impiego di rivelatori a gas di grande area ed ottimizzati per rate medio/basse risulta una soluzione ottimale, sia per la zona del pre-shower, sia per la rivelazione di muoni.
- I rivelatori MPGD si stanno affermando come una tecnologia con alte prestazioni ed alte potenzialità di impiego su grande scala, sicuramente adatte al rivelatore IDEA o anche, grazie alla loro versatilità, a possibili layout alternativi → Importante studiare le varianti più promettenti (uRWell, Micromegas, GEM)

Background - Breve storia – R&D sino ad oggi

- Esperienza di costruzione Micromegas per ATLAS NSW (importanti ruoli in tutte e fasi del progetto)
- Iniziato nel 2015 in CSN5 (MPGD_NEXT and RHUM) l'R&D su High Performance Resistive Micromegas ha raggiunto tutti gli obiettivi del progetto ed è totalmente allineato con la Roadmap ECFA implementata nel DRD1
 - È stata dimostrato il funzionamento stabile e affidabile, al punto di lavoro ottimale, con un ampio margine prima dell'insorgenza di instabilità. Rate Capability > 1-10 MHz/cm²
 - Ottimi risultati su risoluzione spaziale (<100 um) e temporale (~5 ns)
 - Low/Medium rate applications: R&D con readout capacitive sharing iniziato e MOLTO promettente
 - La costruzione di rivelatori ad alta granularità di grandi dimensioni (50x40 cm²) ha dimostrato la scalabilità fino a moduli con dimensioni sufficientemente grandi per la copertura di grandi apparati
- Questo R&D sta già progredendo, affrontando i temi strategici del DRD1 WP1 per grandi sistemi per esperimenti futuri.

Connection with the ECFA roadmap

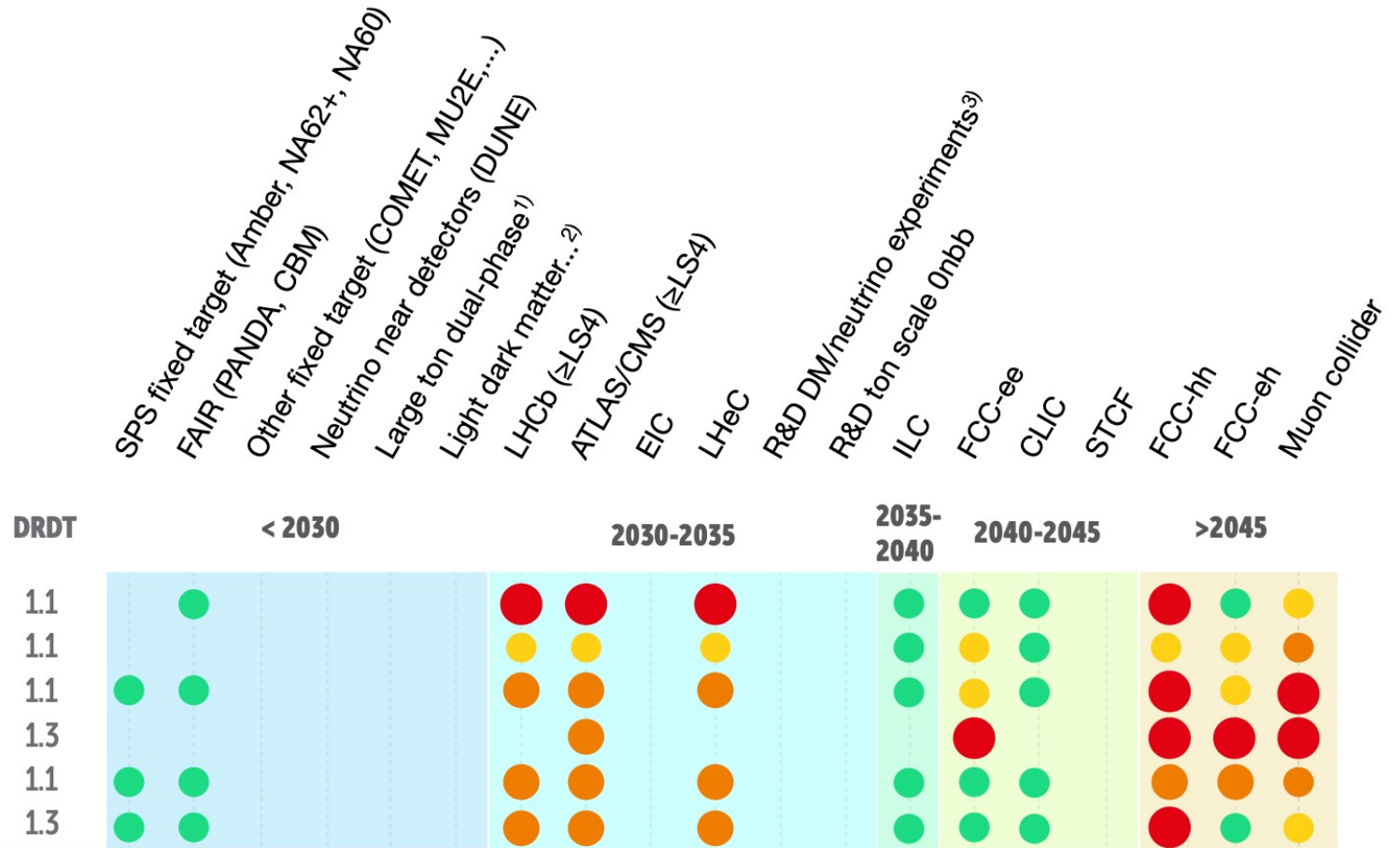
Our efforts align with the primary tasks outlined in the ECFA roadmaps for Detector R&D.



Muon system

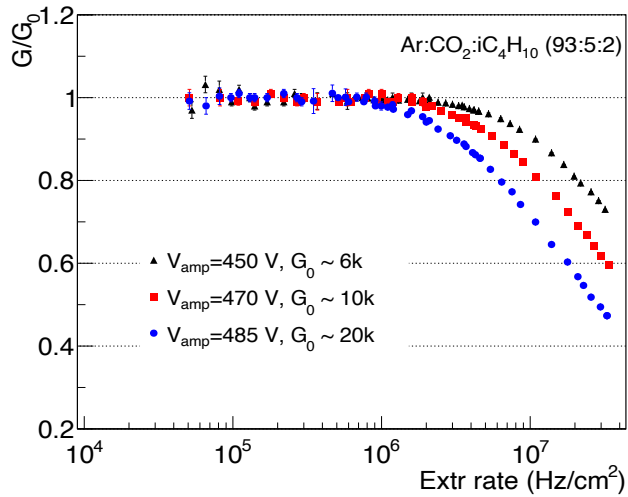
Proposed technologies:
 RPC, Multi-GEM, resistive GEM,
 Micromegas, micropixel
 Micromegas, μ Rwell, μ PIC ...

Rad-hard/longevity
 Time resolution
 Fine granularity
 Gas properties (eco-gas)
 Spatial resolution
 Rate capability



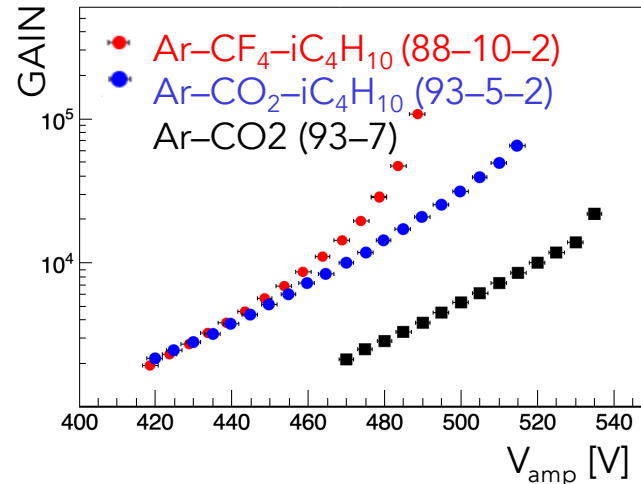
Achieved performance

Rate capability Vs X-rays

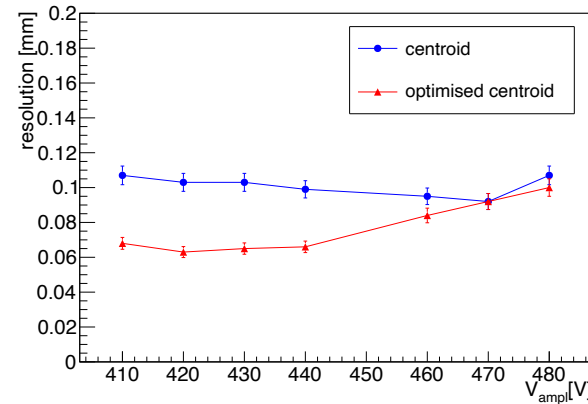


Gain drops at 10 MHz/cm² are limited to 10% at $G_0 = 6000$, and to 20% and 30% at gains of 10k and 20k, respectively.

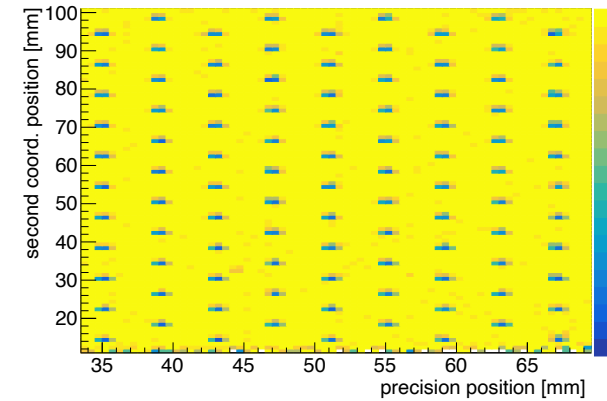
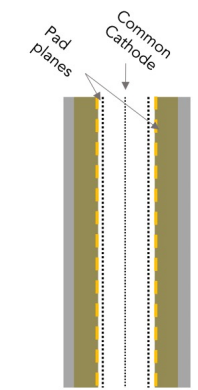
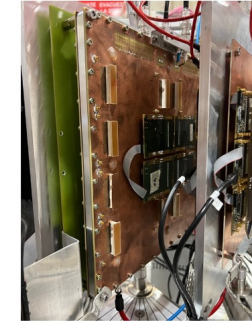
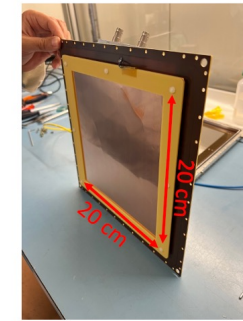
GAIN Vs HV for different Gas Mixtures



Test-Beam: Spatial Resolution

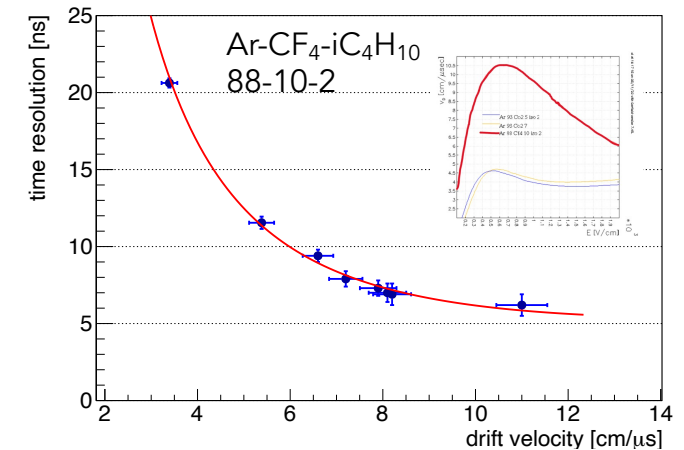


Optimised : ~65 μ m with 1mm pad



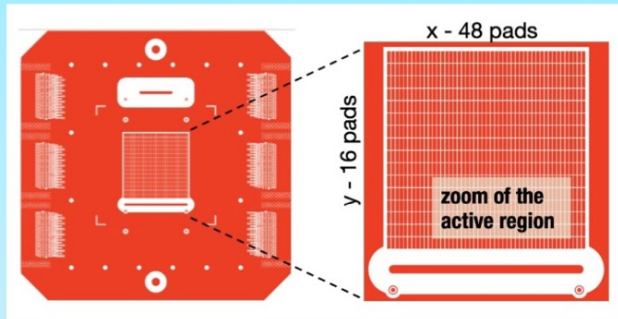
Efficiency for perpendicular tracks is nearly 100% except at pillar positions.

Test-Beam: Time resolution



Our Production at CERN - Towards Large Area

Small size prototypes



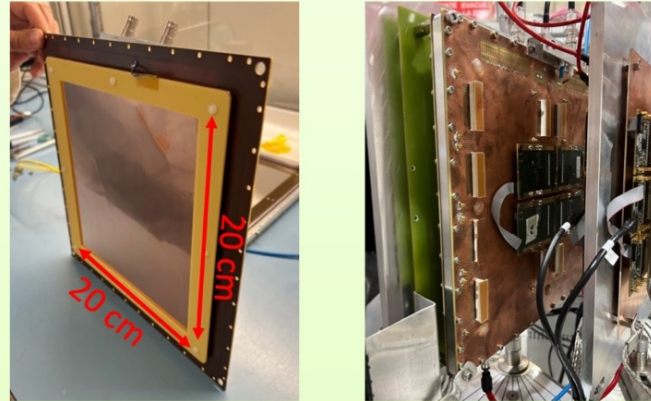
Several resistive layout tested

Active area: 4.8 x 4.8 cm²
active region

Anode plane pad size: 0.8 x 2.8 mm² → 768 pads

48 pads – 1 mm pitch (“x”)
16 pads – 3 mm pitch (“y”)

Medium size prototypes



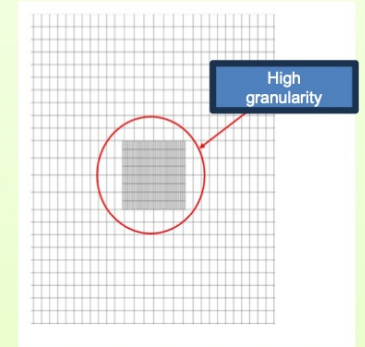
Two detectors:
Paddy400-1 & Paddy400-2

Active area : 20 cm x 20 cm (partial readout in central part, ~40%)

Anode plane pad size: 1x8mm² → 4800 pads

- Tests performed also in “common cathode” configuration

Large size prototypes



Paddy-2000 - “The Big one”

Active area : 50 cm x 40 cm

Anode plane pad size:

Central part

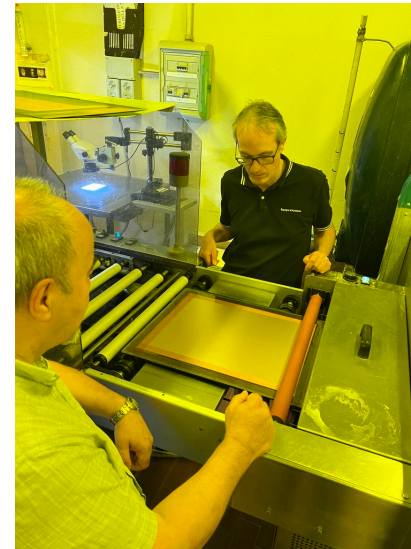
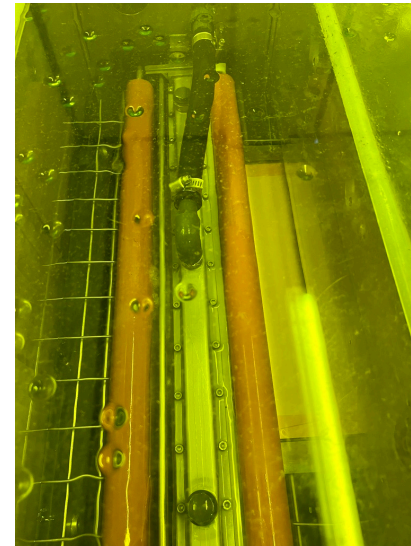
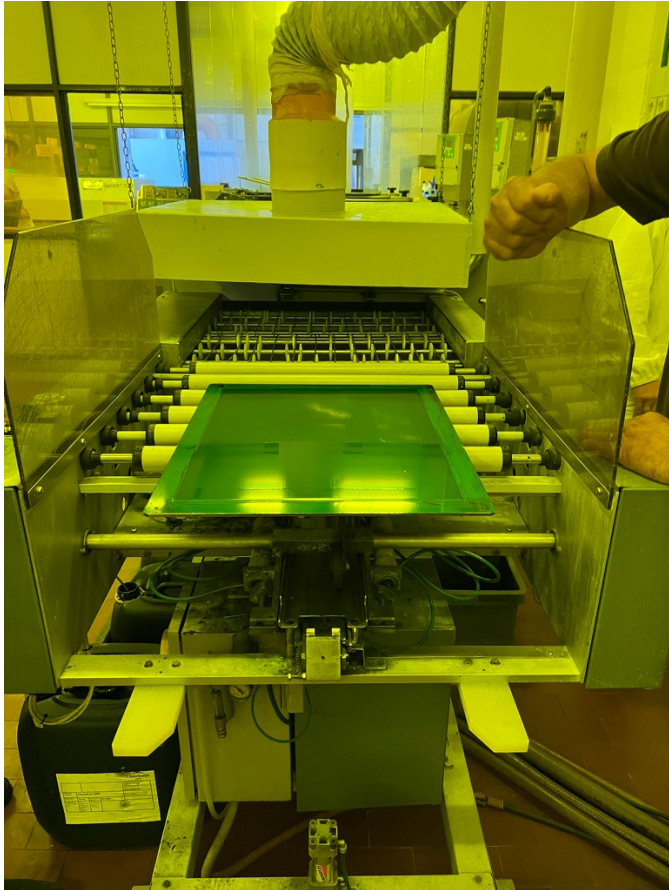
1x8mm² → 512 pads

Surrounding area

10x10mm² → 2048 pads

PRODUCTION at ELTOS – Bulkage of small-size Micromegas

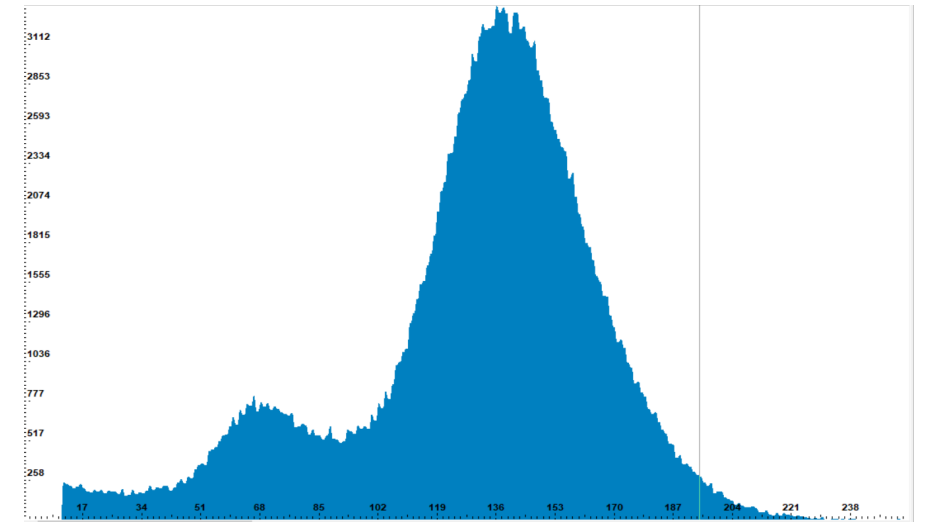
Photoresist development
Transport in a diluted soda Solvay bath



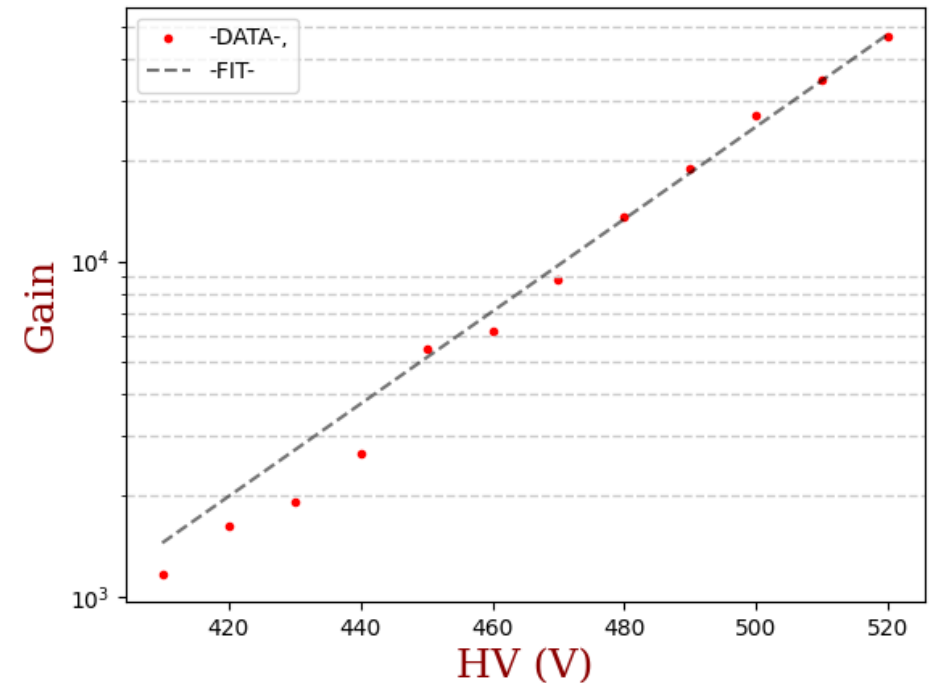
First results - very promising



EVTOS



Gain vs HV ELTOS I



Obiettivi specifici del Progetto

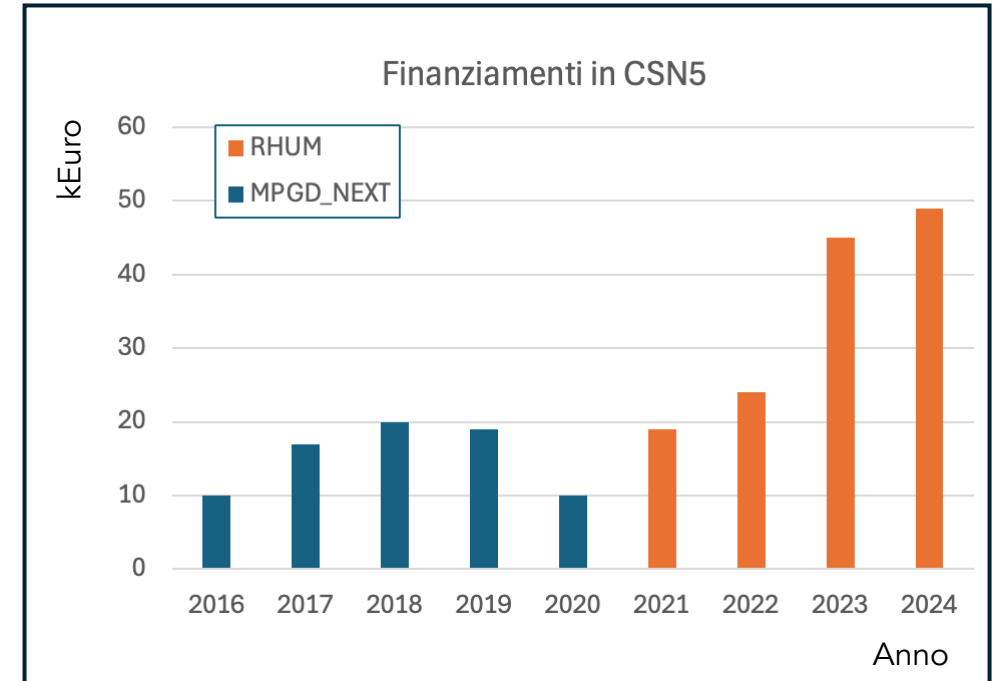
- Partire dall'esperienza e la configurazione di Micromegas a doppio layer resistivo per le alte rate (a' la RHUM) per **una semplificazione e riduzione di canali** per operare a basse rate (~ 100 Hz/cm²) e rate "intermedie" (1-100 kHz/cm²). Anche allo scopo di **ridurre i costi**
- **Continuare il trasferimento tecnologico per la costruzione presso l'industria** (con ELTOS questo processo è iniziato per le Micromegas resistive con mesh bulk)
- **Ottimizzazione delle performance in base ai requirements necessari ad operare a FCCee.**
- Ottimizzazione (performance/costi) dell'elettronica di readout con studio del sistema «detector - Front-end – Back-end». Confronto fra ASICs disponibili. Studio della scalabilità dei sistemi
- **Studi di materiali (ad es. DLC – sputtering/produzione/ottimizzazione → DLC Sputtering CERN/INFN)**
- **Impiego di gas a basso impatto ambientale (eliminazione fluoruri)**
- Studi di **ageing**, atti a garantire l'integrità e la stabilità di operazione dei sistemi su tempi di presa dati estremamente lunghi
- **Mantenere l'interesse verso le alte rate per possibile impiego su FCChh.** Necessario lo studio di front-end con chip ad alta densità di canali, veloci, radiation hard, a costi contenuti)

Consistenza dei Gruppi e profilo di spesa

La consistenza dei gruppi di RomaTre e Napoli è attualmente di circa 2.5 FTE, con 5 persone partecipanti a Roma3 e 6 a Napoli.

Sarà di circa 2 FTE nel 2025. Questo numero è in possibile crescita negli anni successivi con studenti di PhD, a cui speriamo di aggiungere un AR (o contratto simile).

Il progetto prevede un budget di circa 50 kE/year in totale per entrambi i gruppi Napoli e Roma Tre, su un periodo di 3 anni (in linea con i finanziamenti ottenuti in CSN5)



Richieste per il 2025 complessive RM3 e Napoli

- **20 kE (RM3)** per la produzione al CERN (MTP Workshop) di un rivelatore Micromegas resistivo $50 \times 50 \text{ cm}^2$ per basse rate, con un unico foglio DLC e lettura di pad da circa 1.5 cm^2 , con l'obiettivo di ottenere risoluzioni spaziali entro i 300 um grazie all'implementazione della tecnica di **capacitive sharing** su 4 layer.
- **10 kE (NA)** per disegno e costruzione presso la ELTOS di piccoli prototipi di MM resistive ottimizzati per FCC.
- **6 kE (3kE RM3, 3kE NA)** per acquisto elettronica di Front-end basata su ibridi VMM e readout su SRS
- **2 kE gas (2kE RM3, ~~2kE NA~~)**
- **8 kE (4 RM3, 4 NA)** di missioni per Test-Beam e presso ELTOS, anche s.j. all'effettiva assegnazione di fascio per TB

Summary

Il contributo che intendiamo dare è quello di fornire una tecnologia, in fase continua di sviluppo ed ottimizzazione, per **portare avanti in modo coerente, un R&D strategico su diverse tecnologie MPGD, con sinergie fra i gruppi che utilizzano tecniche di costruzione simili.**



Obiettivi principali:

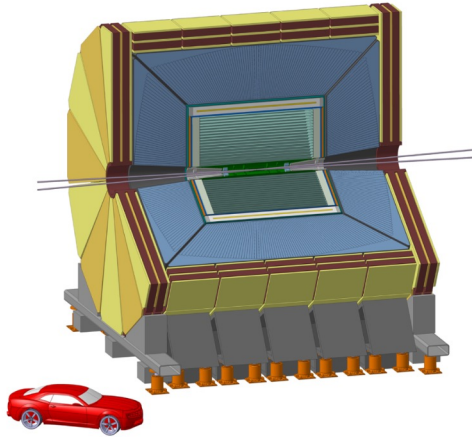
- portare questa categoria di rivelatori a soddisfare i requisiti di **performance e di affidabilità** per operare **decine di anni** su apparati complessi,
- concentrare gli **studi su materiali e tecniche di costruzione,**
- semplificazione della **produzione** → **riduzione dei costi.**

Uno **sviluppo anche a più ampio spettro** può trovare spazi strategici per la comunità italiana anche **su altri apparati sperimentali sul nuovo collider e+e-**, e permette anche di proseguire la strada di sviluppo di rivelatori per **alte rate per applicazioni FCChh.**

Grazie all'R&D di RHUM e all'esperienza in ATLAS il nostro gruppo ha maturato competenze di primo piano funzionali agli sviluppi che intendiamo perseguire in **DRD1** con **applicazioni per FCC.**

Additional Material

IDEA Detector for FCCee

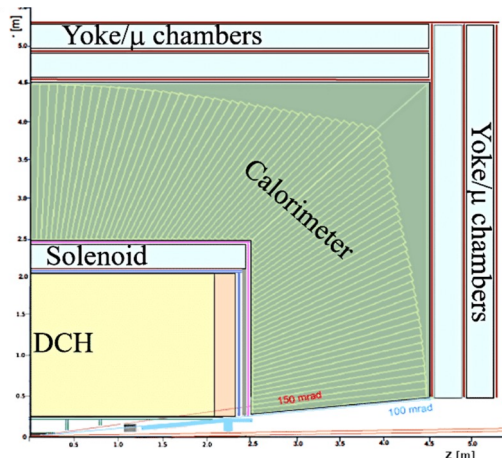


General requirements for the IDEA design inspired mainly by:

- Higgs physics
- Operation condition @ Z-pole

Detector concept:

- Central tracking device: light drift chamber
- silicon detectors for precision measurements
- Thin solenoid with 2T field
- Dual readout calorimeter – supplemented by a **pre-shower**
- **Muon detector** in the solenoid return yoke



Pre-shower requirements:

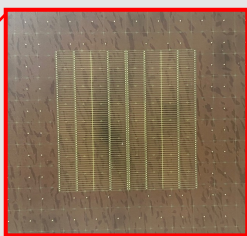
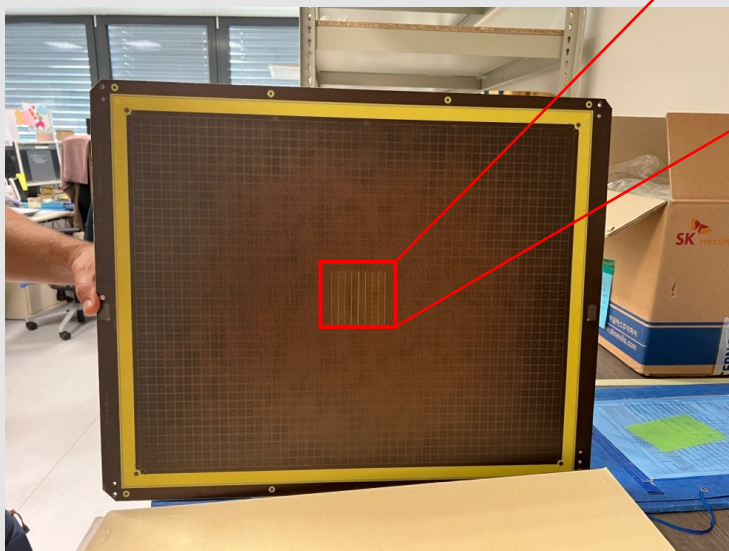
- Efficiency > 98%
- Spatial Resolution < 100 μ m
- Total Area ~ 130m²

Muon detector requirements:

- Efficiency > 98%
- Spatial Resolution < 400 μ m
- Total Area ~1530m²

Towards Large Area: 50 x 40 cm²

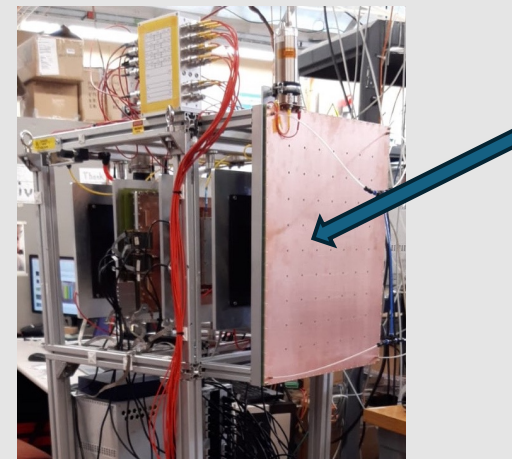
Double DLC layer Resistive Layout



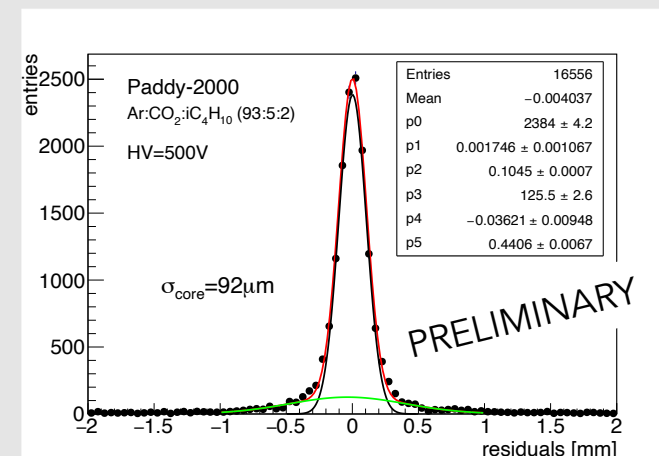
Central region
6.4x6.4 cm²
with 1x8 mm²
pads



50x40 cm² construction
completed
Fine granularity in the centre
1 cm² pads elsewhere



BigOne
SPATIAL RESOLUTION



Many thanks for all aspects of our R&D to: Rui De Oliveira,
B. Mehl, O. Pizzirusso, and all the MPT CERN Workshop

R&D on new generation resistive Micromegas

R&D fully integrated in the activities of DRD1 (WP1 Task2, and WP5)

GOALS (recap from the path followed in RHUM – INFN CSN5)

- Consolidation of resistive Micromegas, for measurements at rates of the order of 10 MHz/cm²
- High-granularity low occupancy readout on pads of the order of mm², capable of withstanding high radiation.
- Demonstration of the scalability of detectors on large surfaces
- High efficiency (close to 100%). Spatial resolution (depending on the application) of the order of 100 mm
- Robustness, stability of operation at high gains, working point with large margin before breakdown and instabilities onsets
- Medium/Low-rate Version – R&D just started with promising results from Capacitive-Sharing
- Industrialisation of the production aiming at cost reduction and distributed massive production (ongoing)