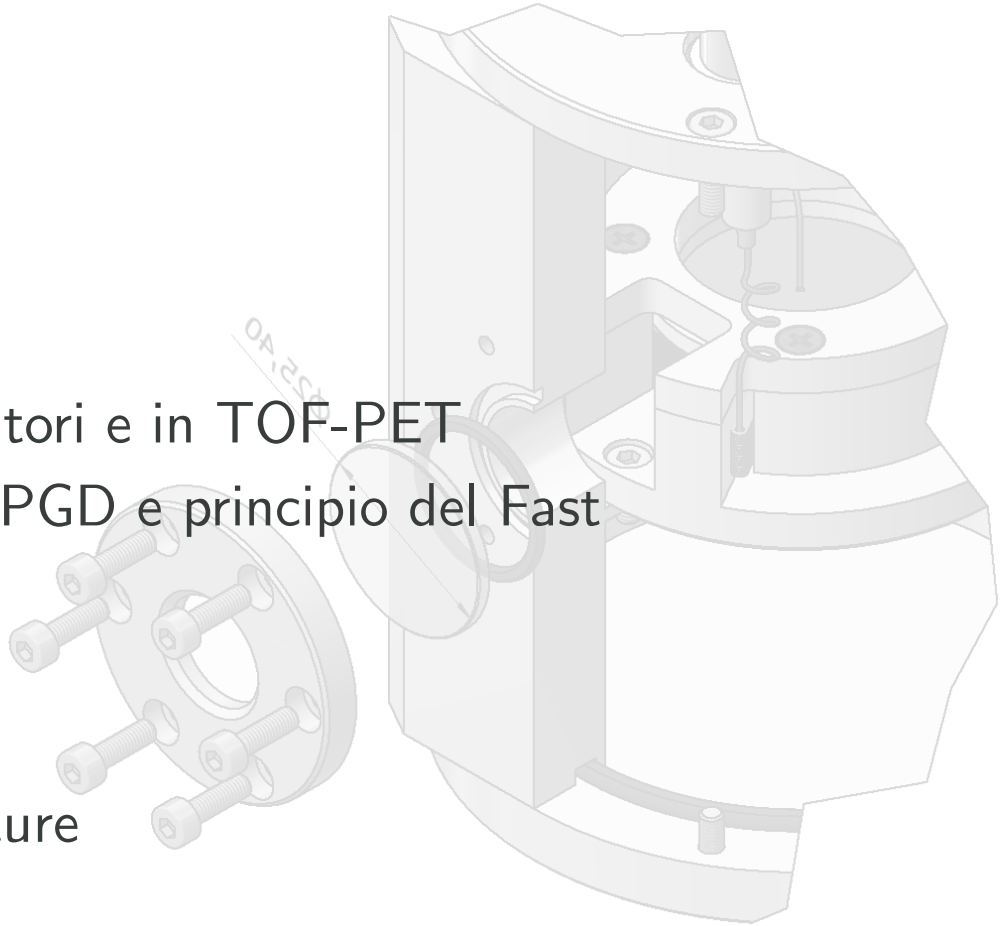
# Il Fast Timing MPGD: sviluppo di un rivelatore resistivo a micro-pattern ad alta risoluzione temporale per esperimenti ai futuri acceleratori e diagnostica medica

106° Congresso Nazionale SIF, 14-18 settembre 2020

**Antonello Pellecchia** per la collaborazione *FTM-next*

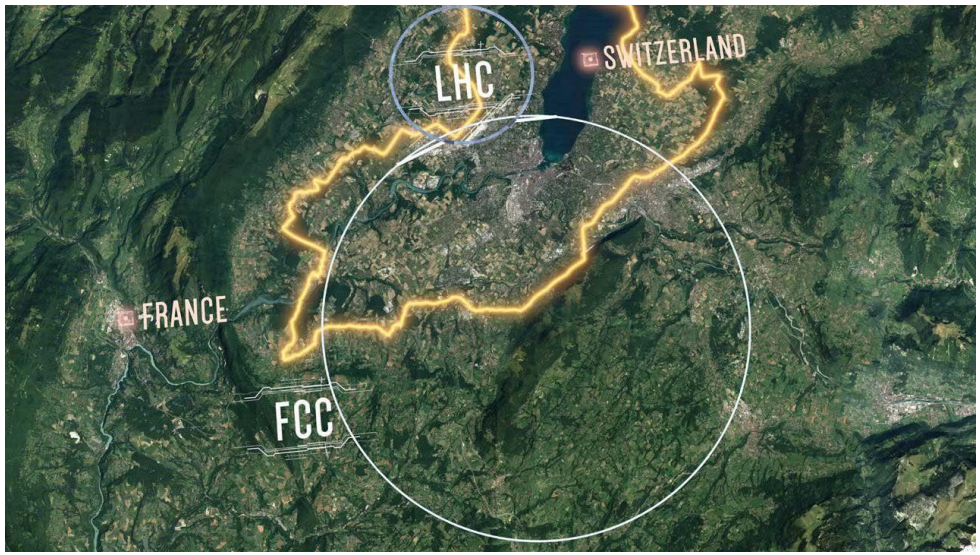
INFN Bari, Lecce, Pavia (IT)
CERN (CH)
UGent (BE)

# Indice dei contenuti



- Fast timing per futuri acceleratori e in TOF-PET
- Risoluzione temporale degli MPGD e principio del Fast Timing MPGD
- Primi prototipi e test beam
- Il prototipo small-size
- Stato attuale e prospettive future

# Fast timing in HEP e diagnostica medica



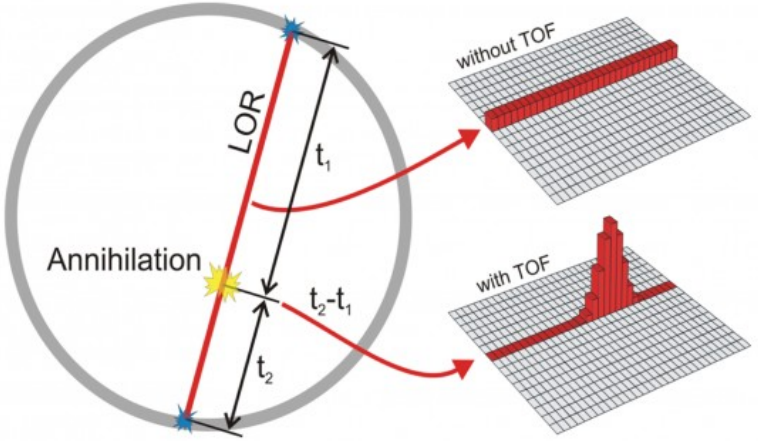

**Esperimenti ai futuri acceleratori (FCC, CEPC, Muon collider)**

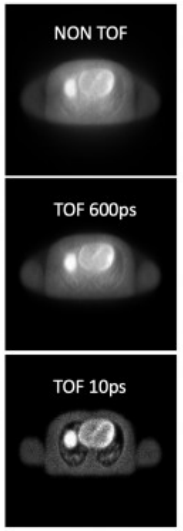
- Grandi aree
  - Rate capability ($> 500$ MHz/cm$^2$)
- Alto pile-up
  - risoluzione temporale ($< 1$ ns)

Miglior opzione attuale: **micro-pattern gaseous detectors (MPGD)**

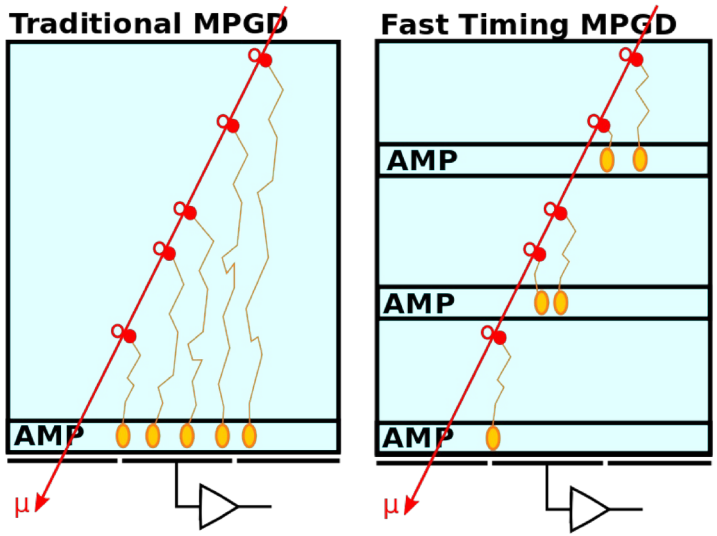
**PET con time-of-flight**

- Coppie $\gamma\gamma$ da annichilazione $e^+e^-$
- $2\gamma$ rivelati lungo la *line-of-response*
- Punto di annichilazione determinato dai tempi di arrivo dei fotoni
- Con $\sigma_t < 100$ ps, $\sigma_x < 1$ cm



# MPGD e fast timing

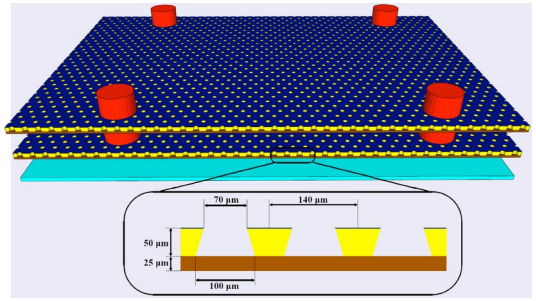


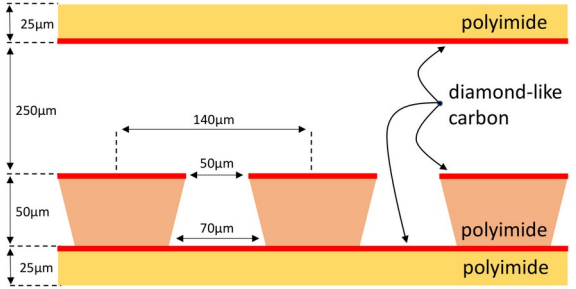

- Tecnologia di amplificazione: fogli **GEM** (gas electron multiplier)
- Coating resistivi per trasparenza: **DLC** (diamond-like carbon)

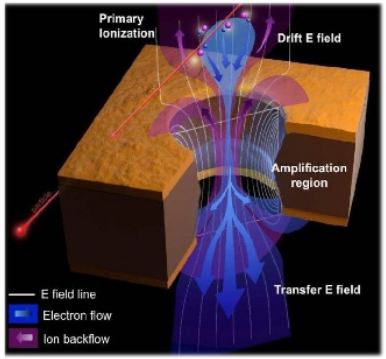
- **MPGD tradizionali** Separazione fra singola zona di **deriva e amplificazione** (3-4 mm) → $\sigma_N = 5$ ns
- **Fast timing MPGD** Volume di gas diviso in strati (N×250 μm)

$$\sigma_N = \sigma_t / N$$

Per N = 12, $\sigma_N = 400$ ps





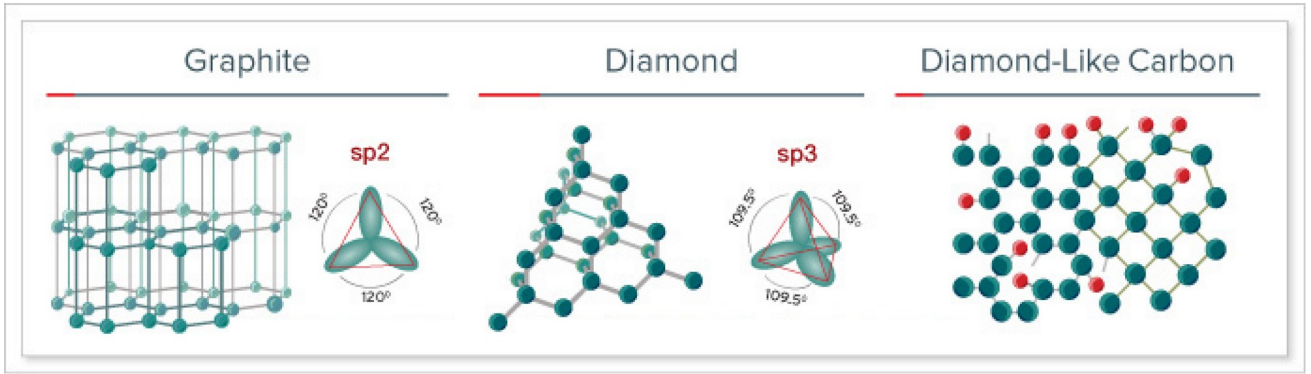
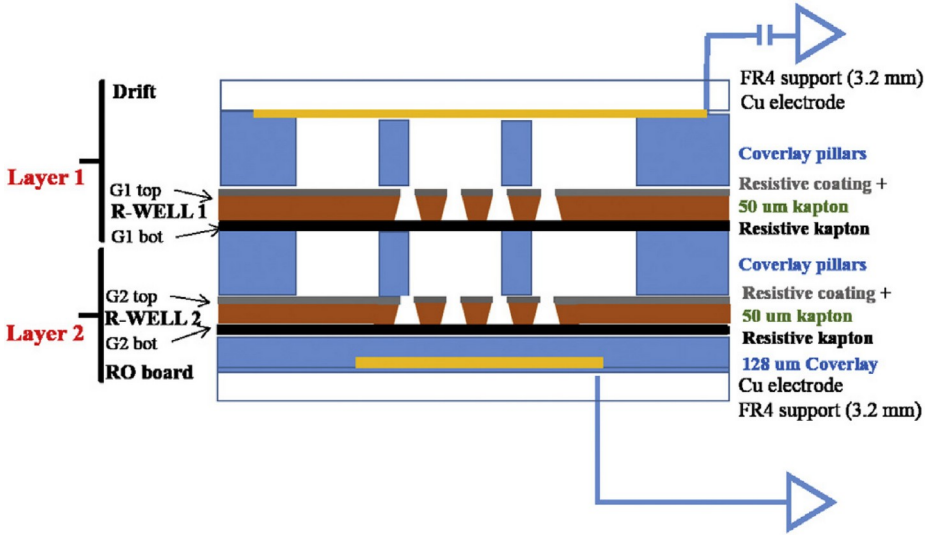




image credit www.dynasil.com

# Primo test beam (2015)

## Prototipo e apparato

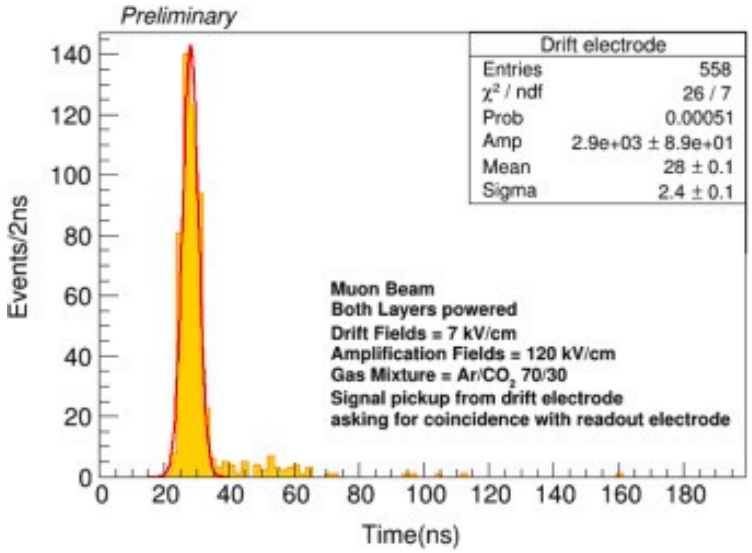


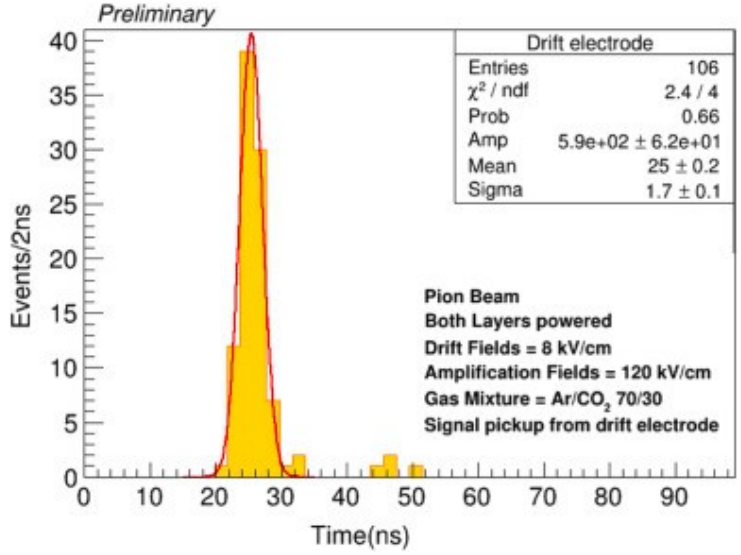

- Test beam @ SPS (autunno 2015)
- Due volumi di deriva e fogli di amplificazione (800MΩ/□ e 2MΩ/□)
- Unico elettrodo di read-out

---

- ✓ Risoluzione temporale di 2.4 ns (muoni) e 1.7 ns (pioni)
  - inferiore ai 5-10 ns (MPGD tradizionali)

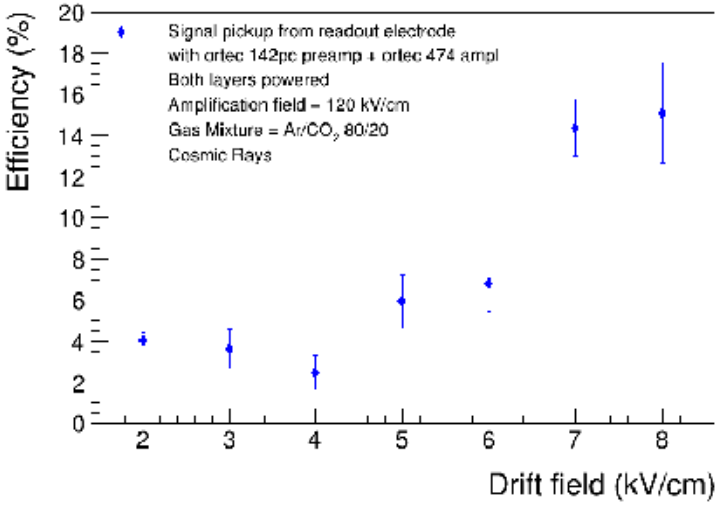
## I risultati

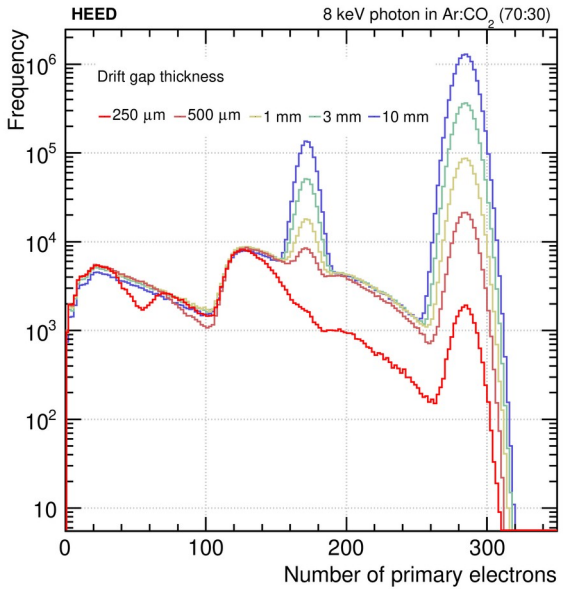


# Limiti del primo prototipo: efficienza ed elettronica di lettura

**Efficienza misurata da raggi cosmici: $< 20\%$**



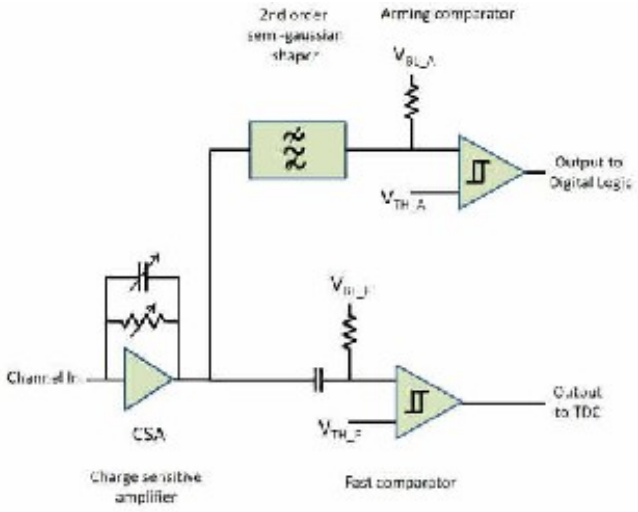

**Ridotto volume attivo** totale $2\times250$ µm
3-4 mm (MPGD tradizionali)

- Efficienza di conversione ridotta nel singolo volume
- Difficoltà nella caratterizzazione del rivelatore con sorgenti tradizionali (raggi X)

Nel framework degli MPGD, nessuna elettronica di lettura integrata verifica i requisiti per il read-out dell'FTM

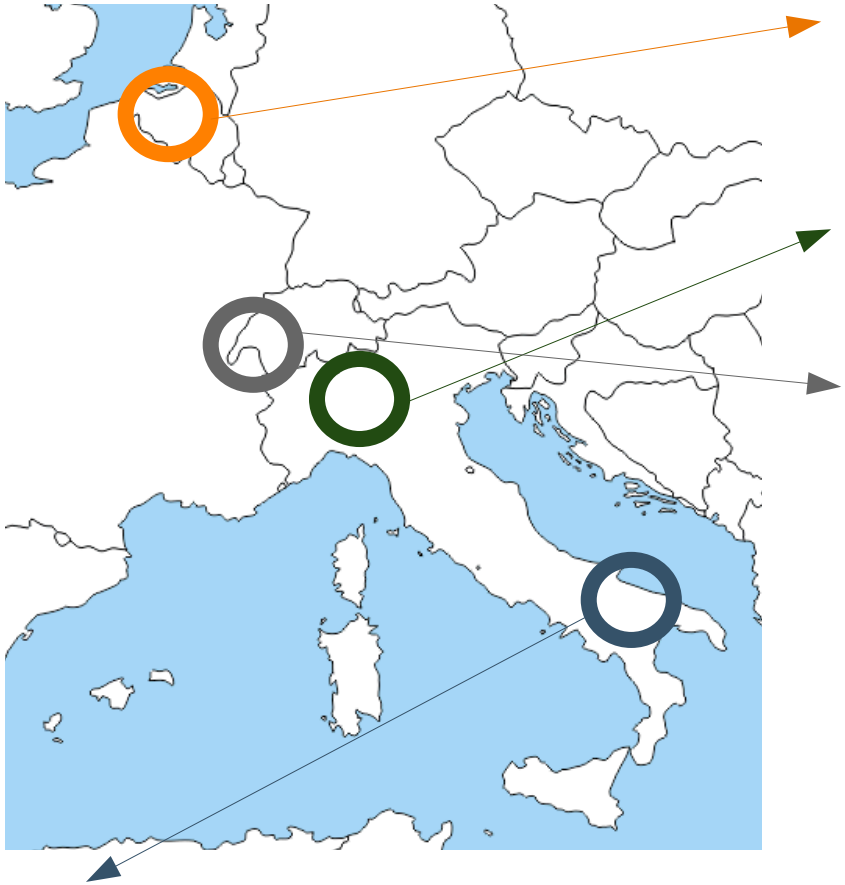
- **Basso guadagno** (segnali da 0.5 fC)
- **Jitter** temporale $< 1$ ns

**FATIC (Fast Timing Integrated Circuit)**




- 32 canali di lettura
- Sensitività fino a 50 mV/fC
- Output TDC $< 100$ ps

# I prototipi successivi



**Ghent** prototipo mono-layer

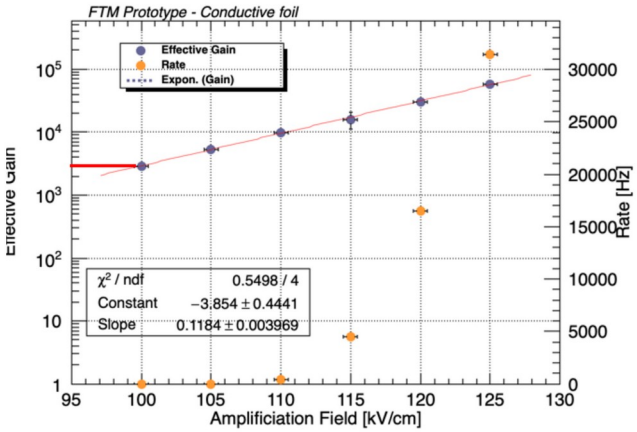
- Prima misura di guadagno fino a $10^4$

**Pavia** prototipo a 2-4 strati

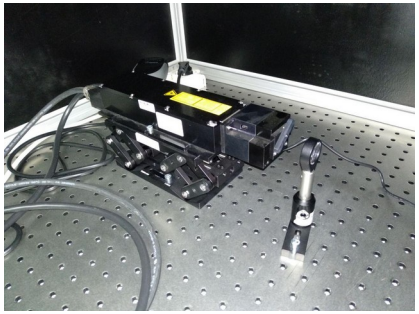
- Test con raggi X in corso

**CERN** primo test beam

- Sito di produzione fogli

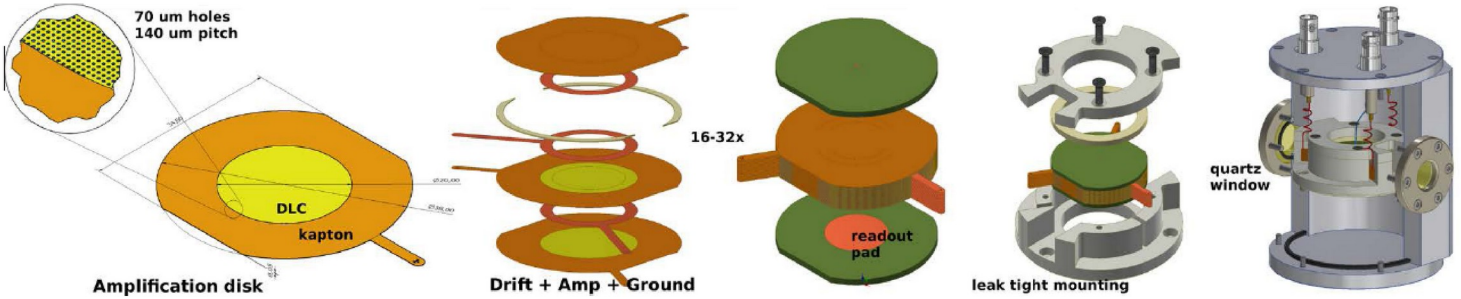



C. Roskas, UGhent

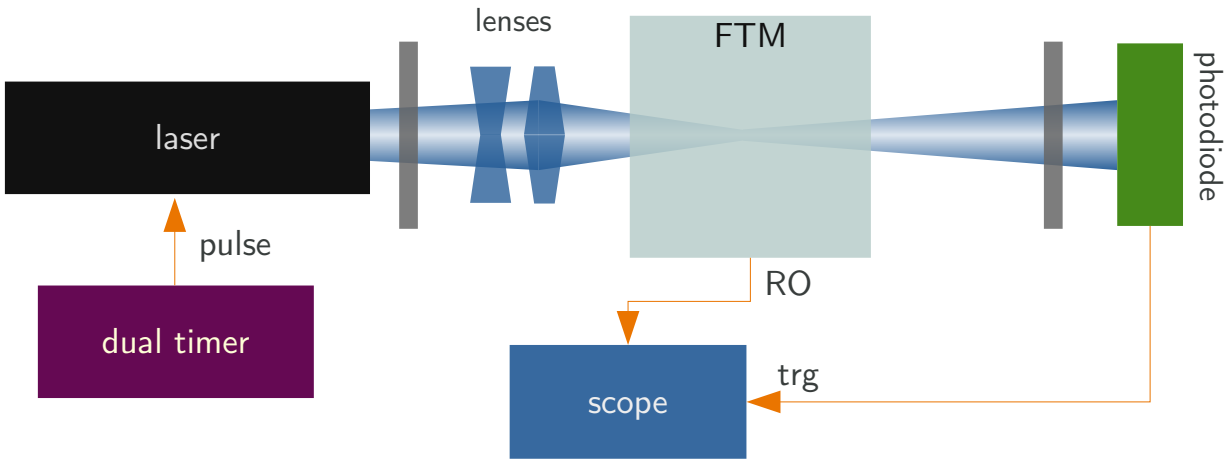


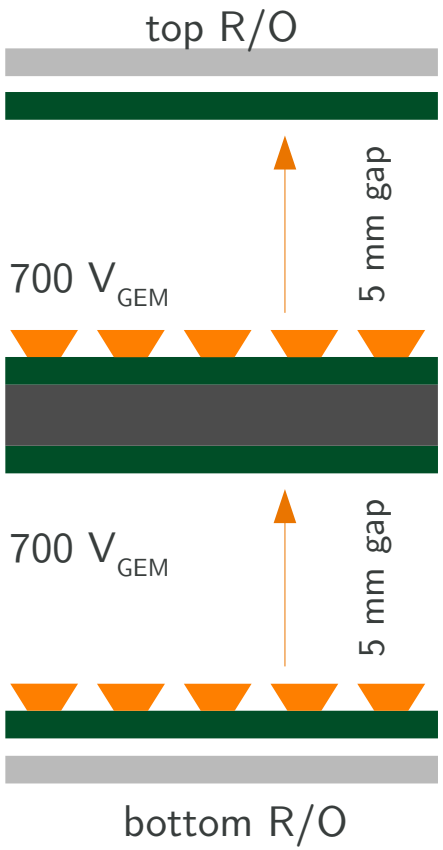
**Bari** FTM small-size

- Ridimostrare il principio di funzionamento
- Apparato di test a laser UV

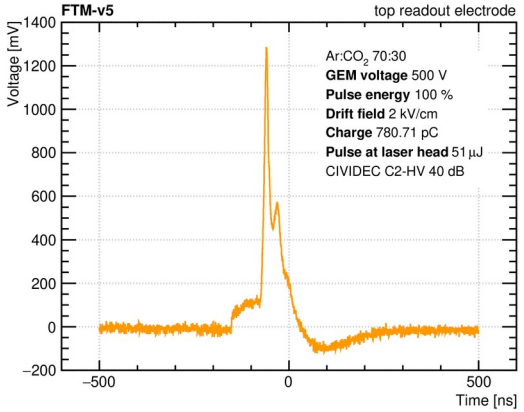


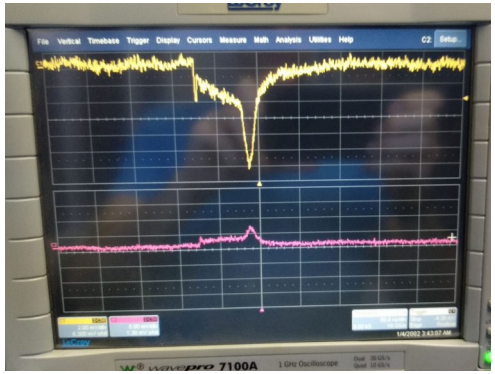
# Caratterizzazione dell'FTM small-size




- Prototipo da ~15 cm$^2$, **2×5 mm gap** di deriva
- Nuovo apparato di test con **laser UV**
  - Misure di **guadagno e risoluzione temporale** mono-layer
- Osservata trasparenza degli elettrodi resistivi ai segnali indotti



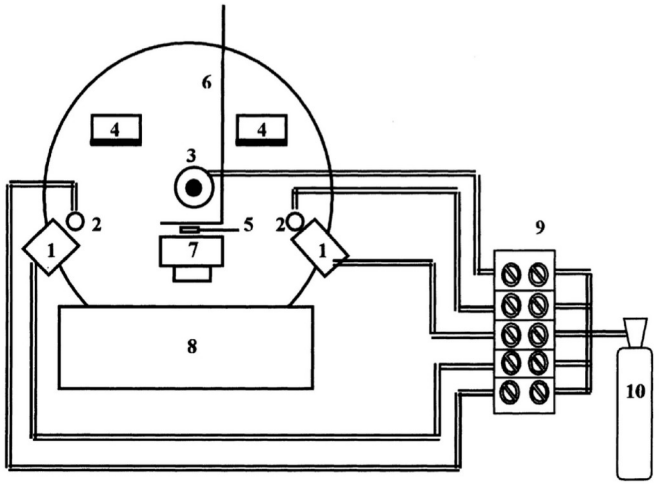



Rapidi progressi, ma guadagno ancora **troppo basso** (<100)

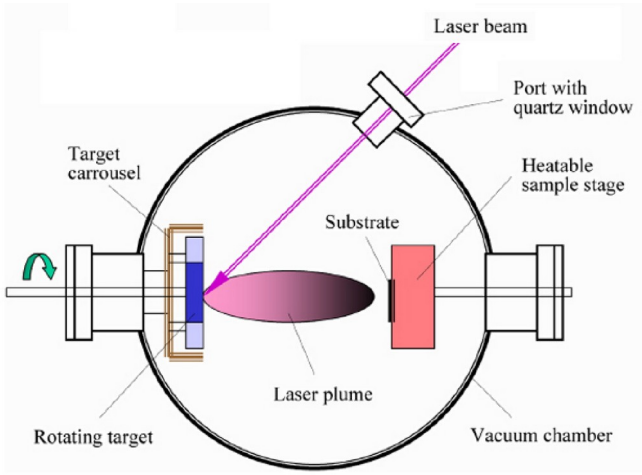
# Tecniche di *deposizione* per coating resistivi

Possibile spiegazione per il basso guadagno: **delaminazione del DLC**

➔ Ricerca di tecniche di deposizione: **physical vapor deposition**




ion beam sputtering
INFN Bari
A. Valentini




pulsed laser deposition
INFN Lecce
A. Serra et al.

- Migliore adesione del DLC al kapton
- Modulazione resistività elettrodi (controllo composizione $sp^2/sp^3$)

➢ Collaborazione in avvio: fisici **MPGD ⇋ stato solido**

➢ Futuri *sample* per nuovi prototipi FTM

# Conclusioni e sviluppi

## Quadro generale

- MPGD sub-ns nei futuri acceleratori (FCC)
- Validità del principio di funzionamento dimostrata in test beam
- Sfide nello sviluppo dell'FTM:
  - Fogli di kapton con coating DLC
  - Elettronica di lettura veloce
  - Caratterizzazione con laser UV

## Nel prossimo futuro

- Verso un nuovo test beam nel 2021
- Collaborazione interdisciplinare per nuovi prototipi