

# Caratterizzazione di sensori al silicio 3D innovativi con geometria a trench mediante un sistema laser con precisione temporale inferiore al picosecondo

106° Congresso Nazionale Società Italiana di Fisica

Andrea Lampis

14-18 Settembre 2020

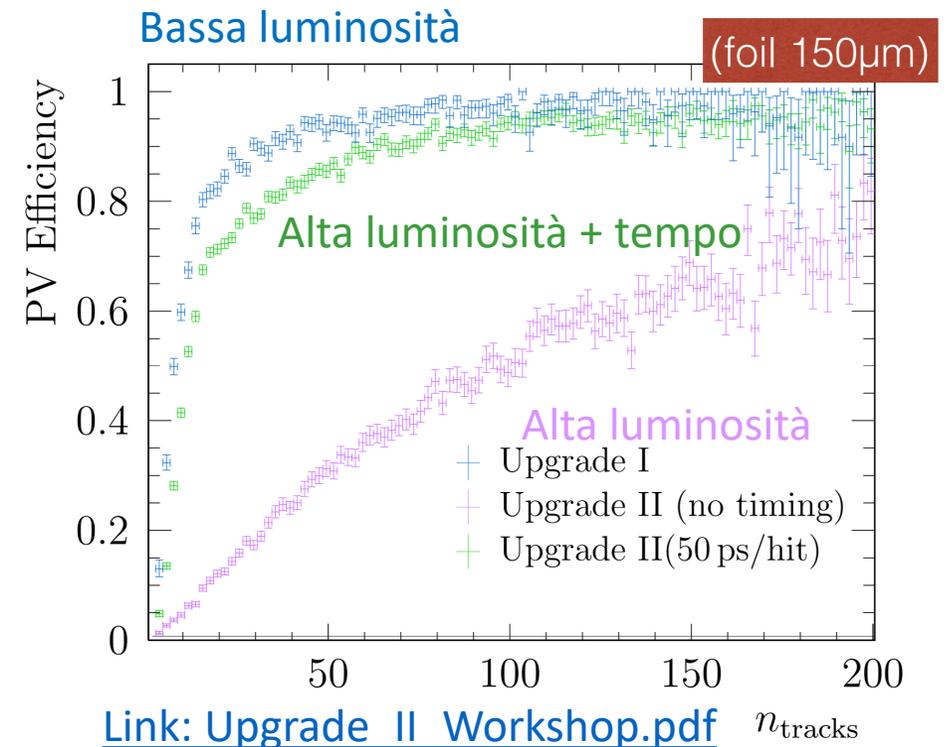


# I problemi dell'alta luminosità

A partire dal 2028 HL-LHC incrementerà la luminosità istantanea di un fattore dieci, fino a  $10^{35} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

- Alto **pile-up** (100 – 200 collisioni protone protone per bunch-crossing)  $\longrightarrow$  Grosso impatto sui rivelatori di vertice nella ricostruzione degli eventi
- Irraggiamento **danno da radiazione** ai rivelatori ( $> 10^{16} \text{ 1 MeV } n_{eq} \text{ cm}^{-2}$ )
- Studi per l'upgrade di fase 2 di LHCb  $\longrightarrow$

Il prossimo Vertex Locator (VELO) sarà composto da **sensori al silicio planari**, una soluzione non adeguata per l'alta luminosità

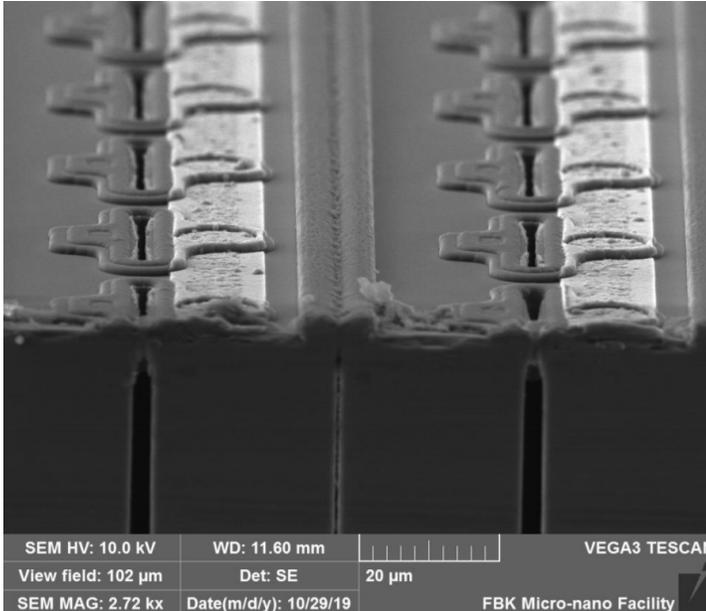
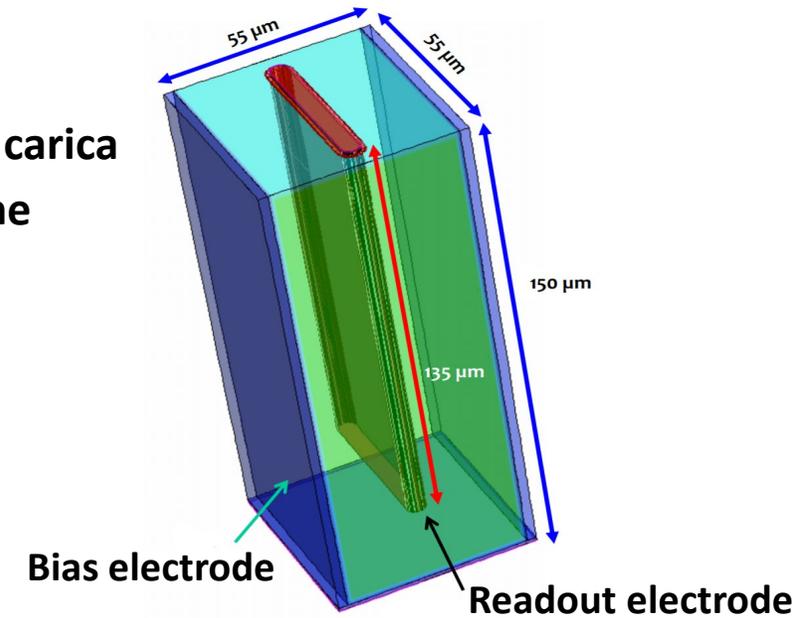


LHCb riconosce i sensori **3D al silicio** come possibile soluzione per il rivelatore di vertice per l'alta luminosità.

# Il sensore TimeSPOT

Primo sensore a pixel 3D al silicio **ottimizzato per le misure di tempo**

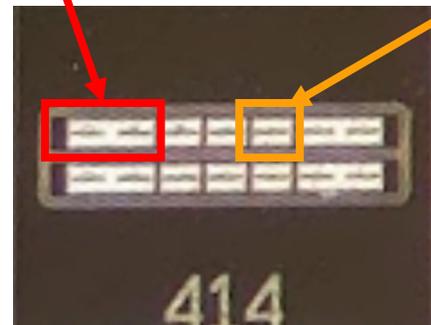
- **Elettrodi lungo lo spessore (3D) molto vicini tra loro** senza inficiare la quantità di carica generata nel sensore →
  - **Bassi tempi di raccolta della carica**
  - **Alta resistenza alla radiazione**
- Geometria a trench per una **maggiore uniformità dei campi elettrici**
- Nel 2019 primo lotto di sensori TimeSPOT con varie strutture di test



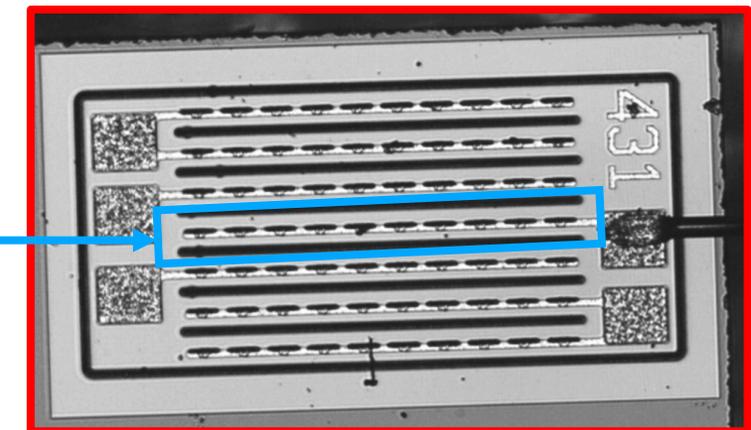
14-18 Settembre 2020

Doppio Pixel

Singolo Pixel



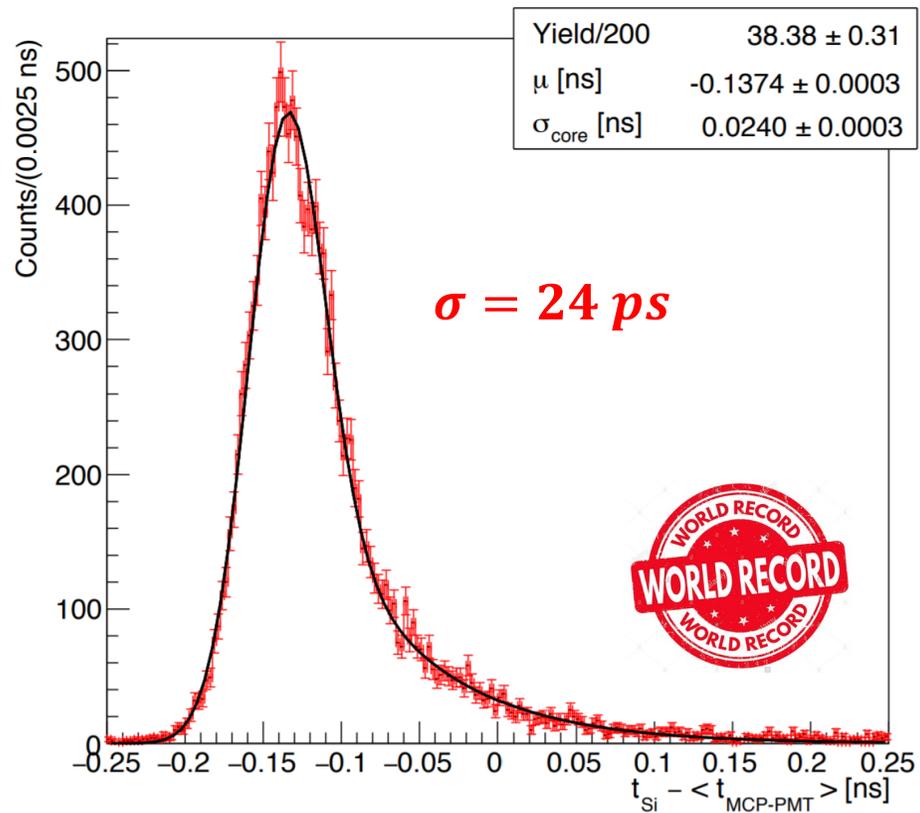
Pixel Strip



A. Lampis

# Caratterizzazione del sensore

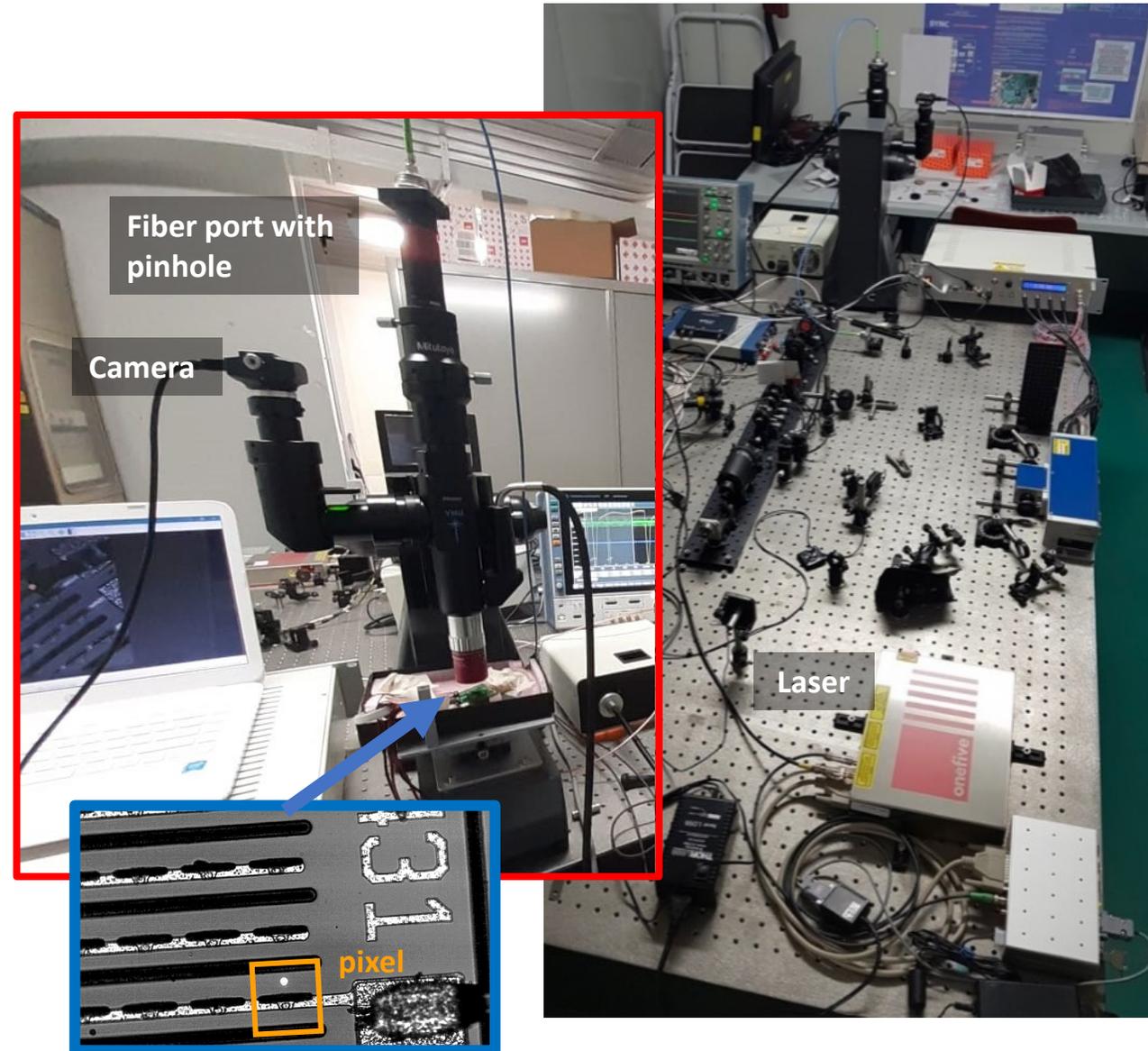
- **Risoluzione temporale misurata su un fascio di  $\pi^+$**



- **Record di risoluzione temporale** per un sensore 3D: [Intrinsic time resolution of 3D-trench silicon pixels for charged particle detection, arXiv:2004.10881, to appear in JINST, 2020](#)
- Con il test su fascio è possibile ottenere solo una **risposta media del sensore**
- Una **completa caratterizzazione** richiede un **setup dedicato di laboratorio**:
  - **Risoluzione temporale** del sensore
  - **Risposta puntuale del sensore** nella sua area attiva

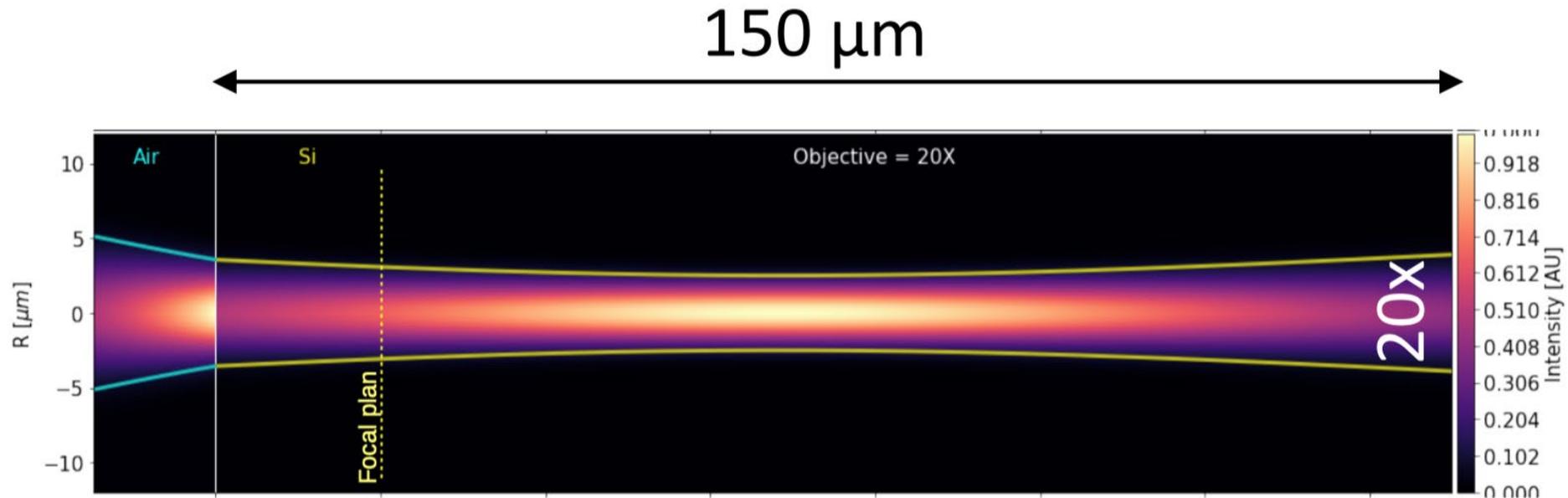
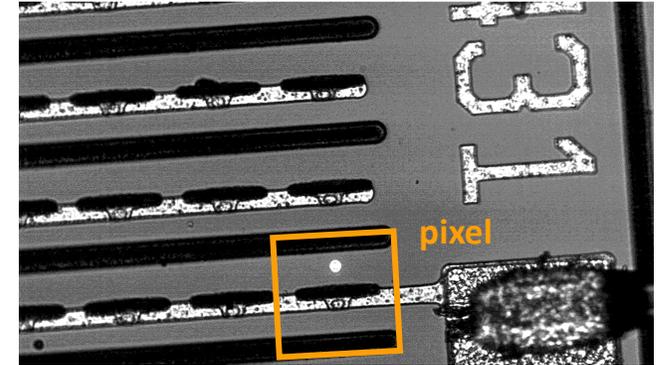
# Setup di laboratorio

- Laser IR impulsato per il **deposito di energia** in silicio:
  - 1030 nm, 100 fs, 2nJ per impulso, 40 MHz
- Una fibra monomodale connette il laser al microscopio
- Spot del laser sul sensore <  $5 \mu m$
- Camera a infrarossi
- Sistema di movimentazione XY



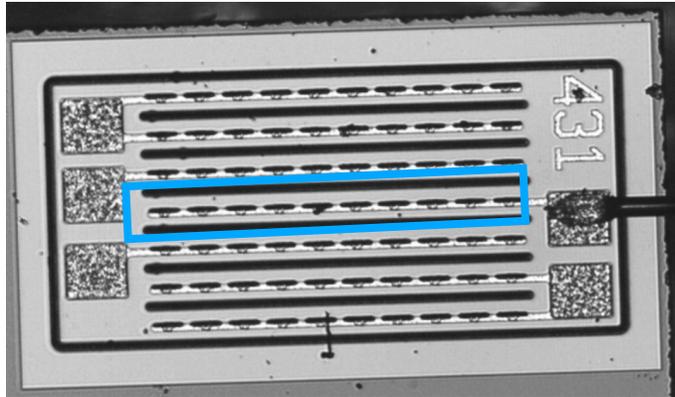
# Deposito di energia

- Emulare il deposito di energia di una MIP che attraversa il sensore
- **Deposito di energia uniforme** lungo lo spessore attivo
- Impulsi del laser molto corti ( $< 1$  ps)
- Diametro della Colonna  $\sim 5 \mu m$

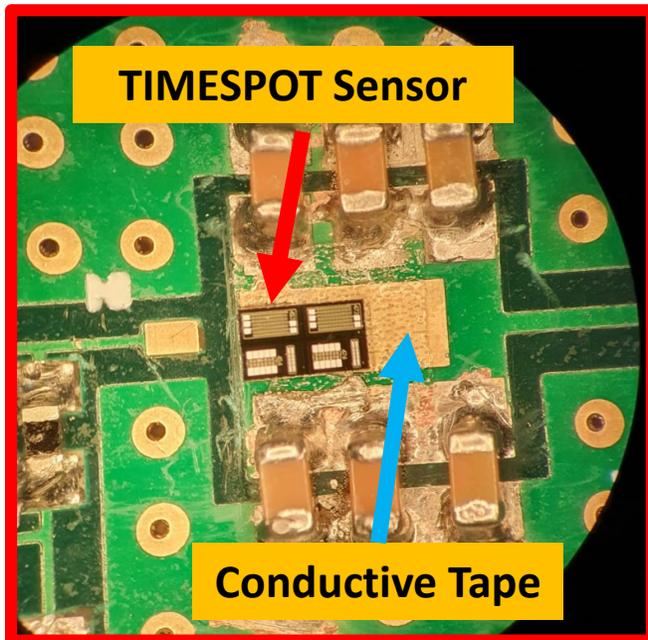


# Sensore + elettronica

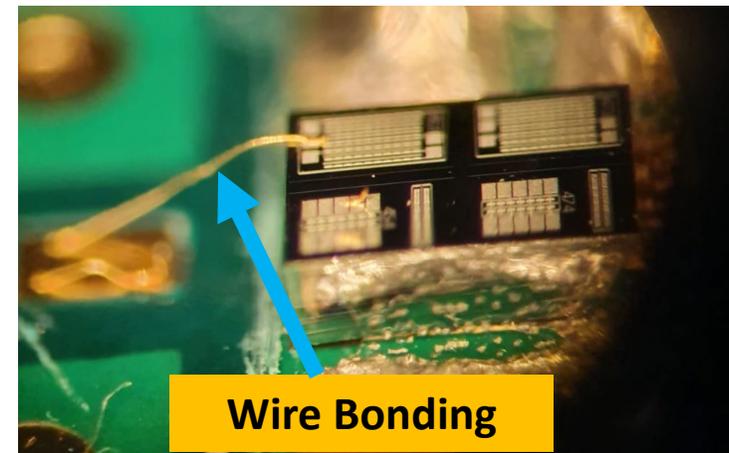
**PIXEL STRIP:** struttura con meno metallo sulla superficie



+

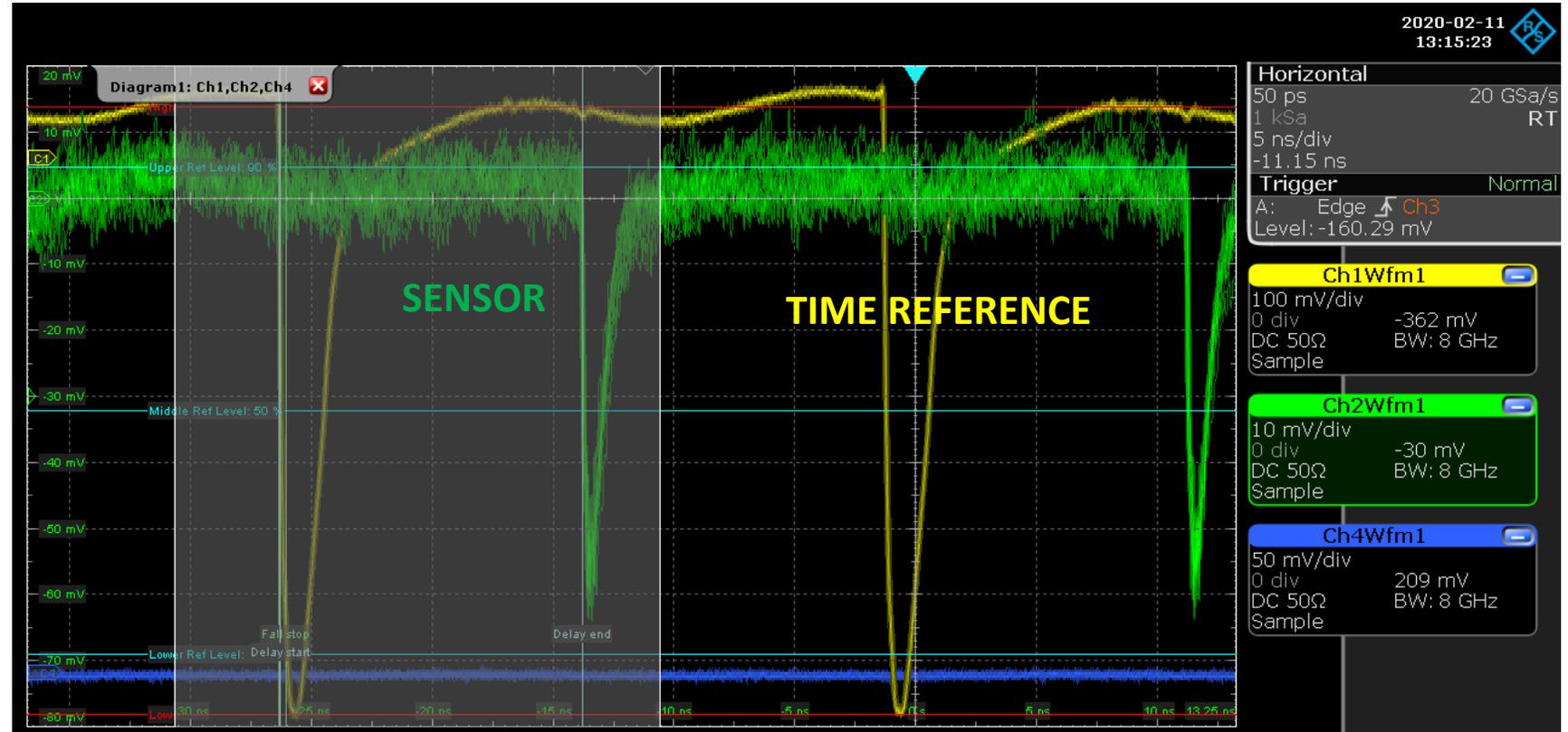


**Fast Front end:** due stadi di transimpedenza con BJT low noise



# Misure con il laser IR

- Misura del **tempo di arrivo degli impulsi** laser per stimare la risoluzione temporale
- **Riferimento temporale < 1 ps**

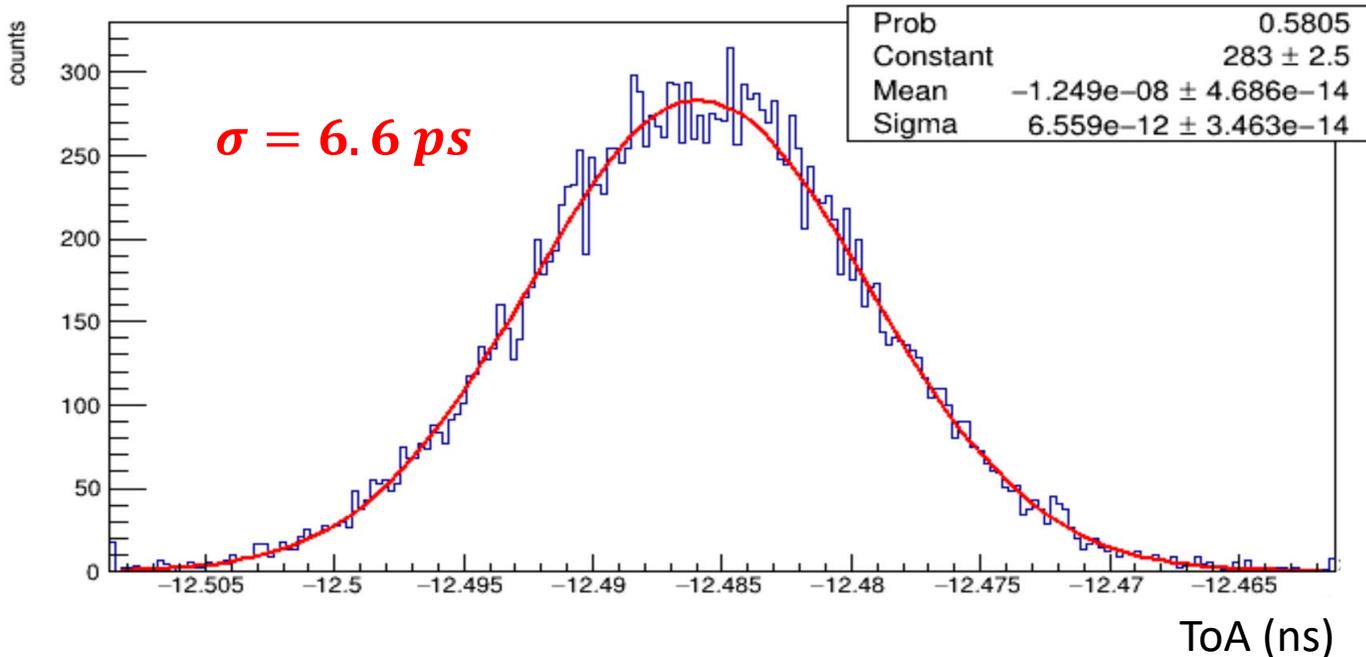


Acquisizione delle forme d'onda con oscilloscopio per essere analizzate offline

# Analisi e risultati

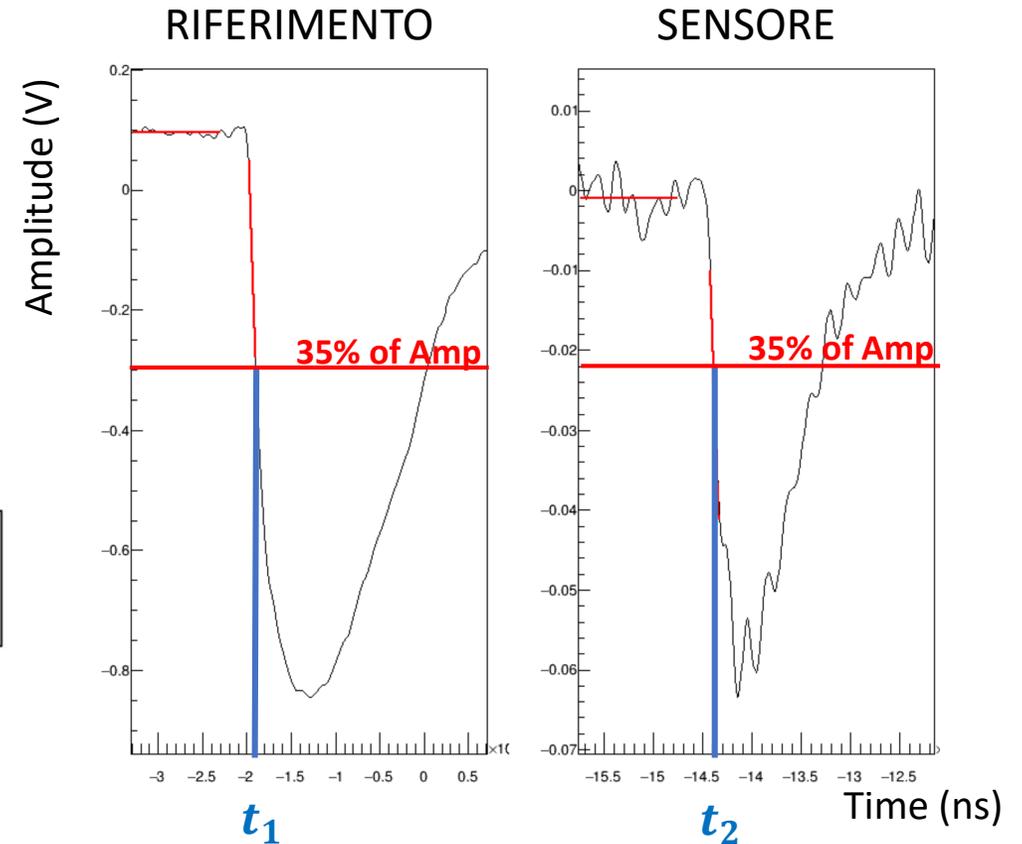
- Misura accurata del tempo di arrivo dell'impulso laser permette di misurare la risoluzione temporale del sensore
- Discriminazione temporale dei segnali: miglior risultato CFD @ 35 %

$$ToA = t_2 - t_1$$



14-18 Settembre 2020

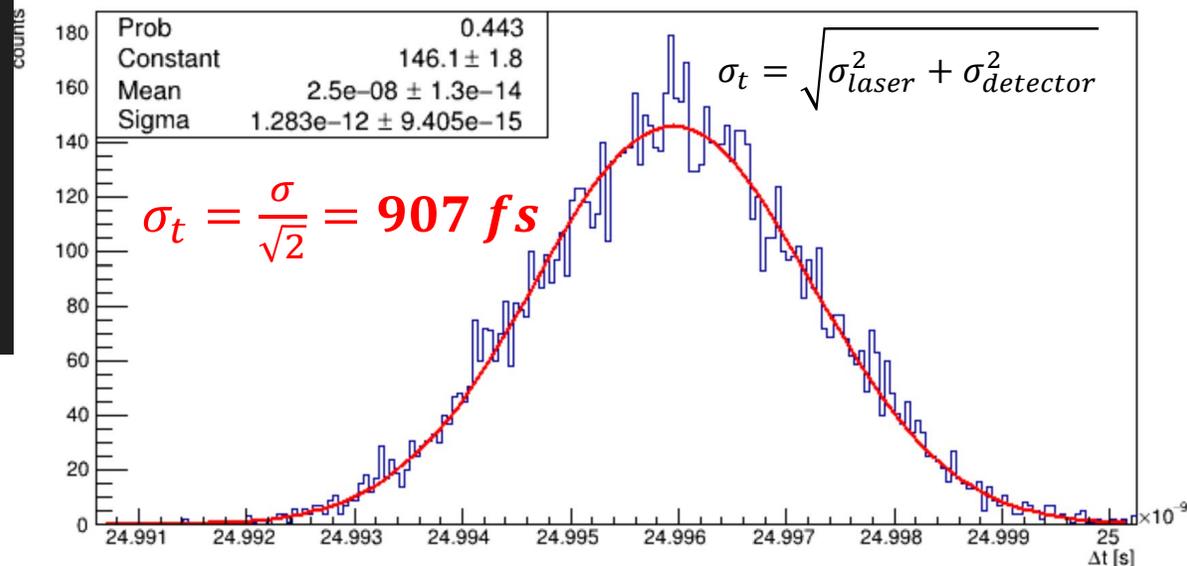
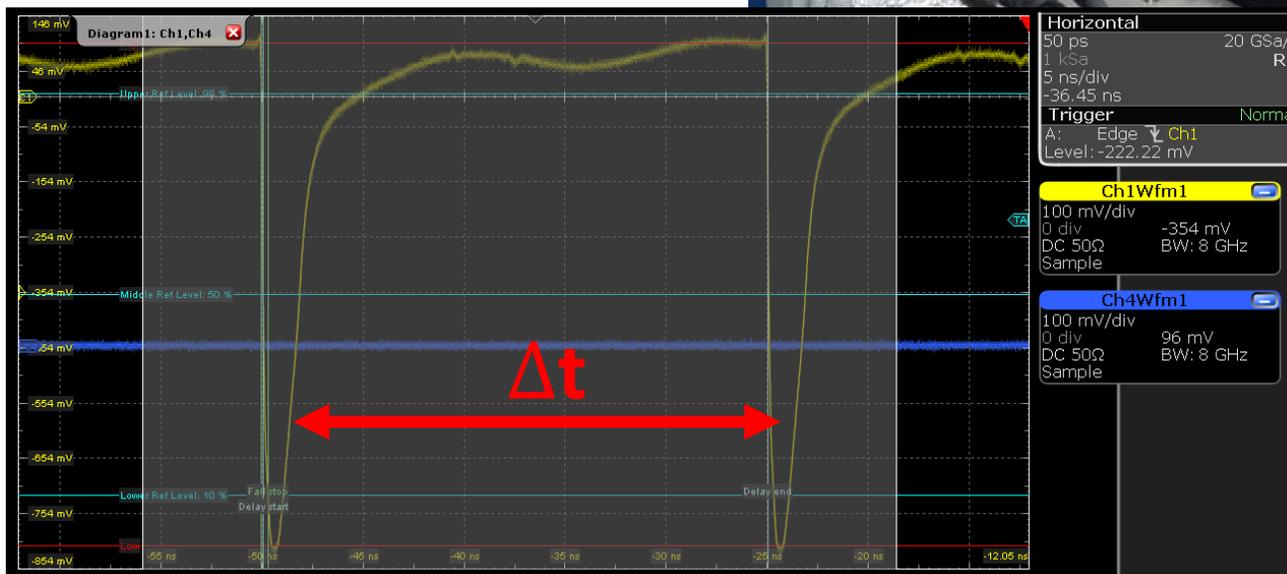
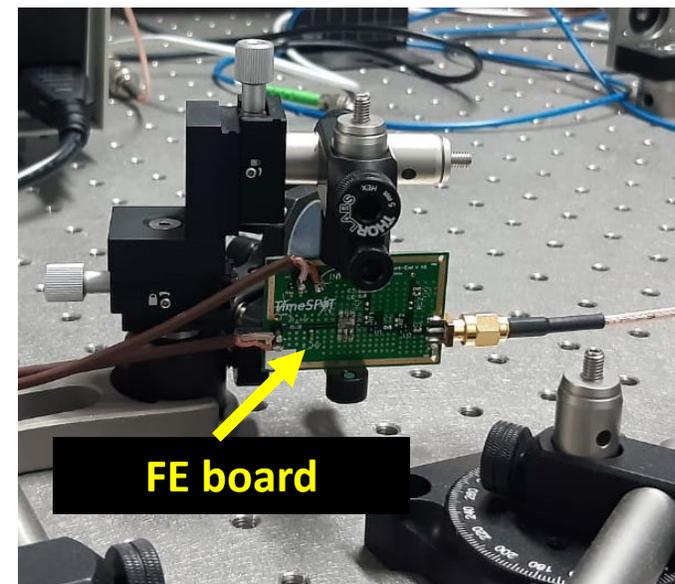
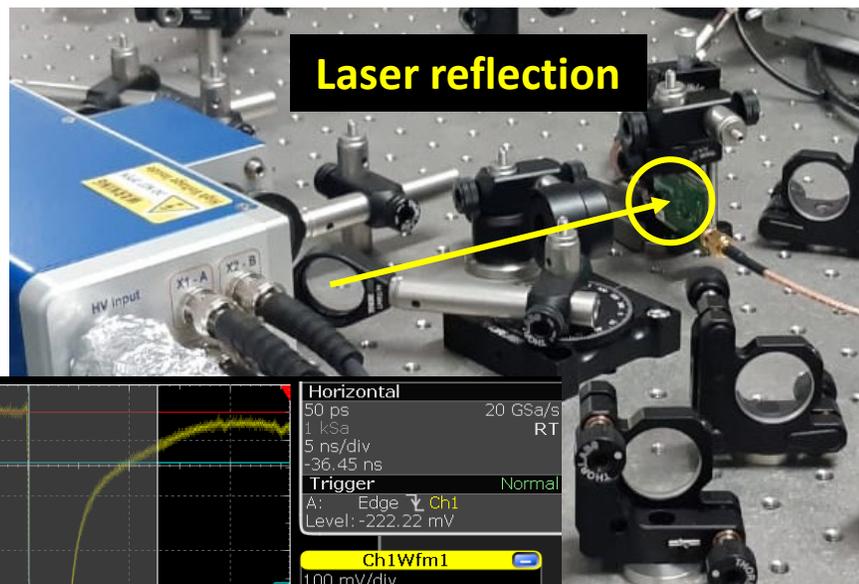
A. Lampis



- Risultato molto migliore rispetto al test su fascio (24 ps)
- Sensore stimolato in una sola posizione
- Accuratezza sufficiente per studiare le disuniformità del sensore

# Riferimento temporale

Anch'esso un sensore TimeSPOT illuminato con un'alta luminosità



Risoluzione temporale inferiore al ps illuminando un sensore 3D con tanta luce ~10 MIP

# Conclusioni

- Setup con accuratezza inferiore al ps
- Prestazioni del sistema sensore + elettronica < 7ps (illuminazione in un'unica posizione)
- Misura della risposta del sensore nella sua area attiva per stimare le disuniformità del sensore

## Studi futuri

- Misura disuniformità del sensore
- Nuova elettronica di FE presto disponibile
- Risposta del sensore a depositi superficiali per mezzo di un laser rosso