

SPPD

Scintillating pixels for particle detection

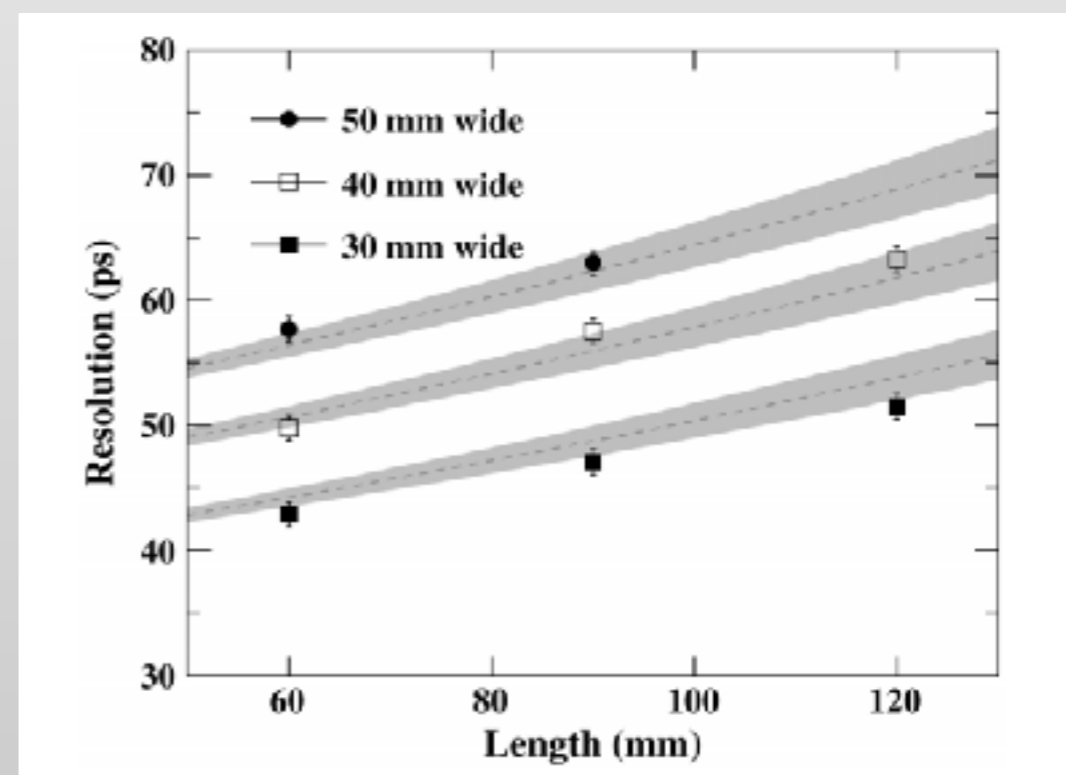
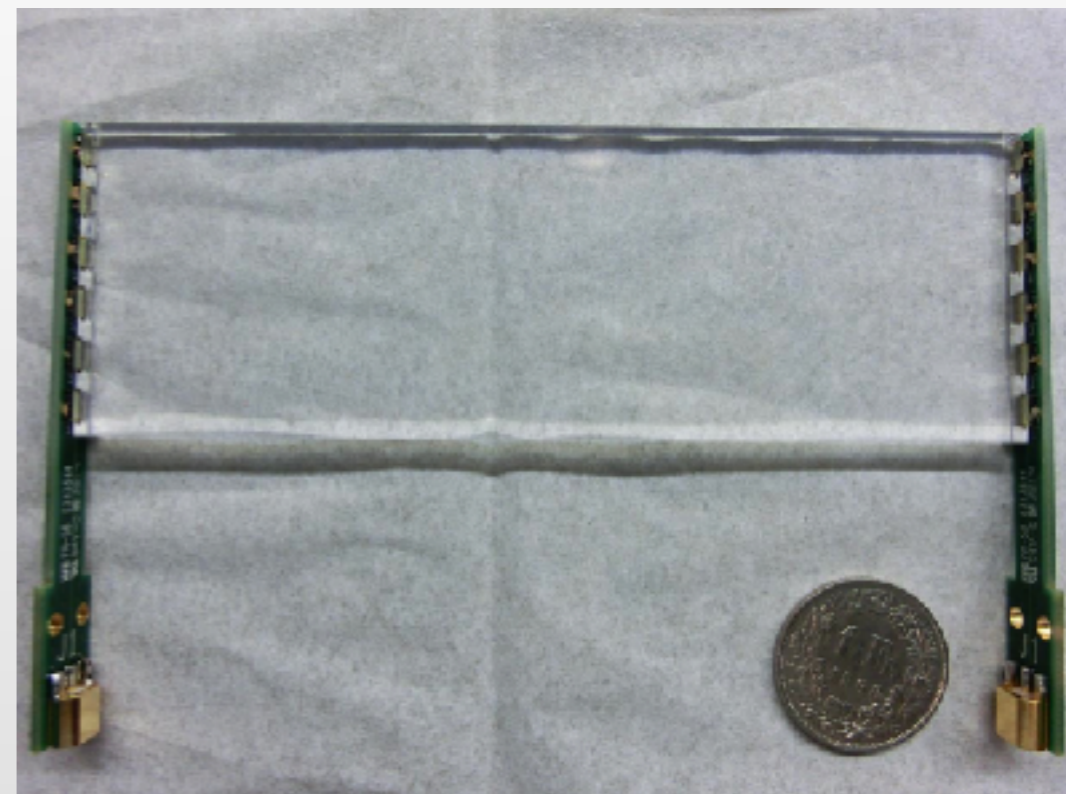
M. De Gerone
CdS 2018

SPPD

- 20kE in 3 anni per “progetto di ricerca seguendo i propri interessi scientifici...”
- Applicazione di una attività’ già’ in corso ad altri aspetti della fisica sperimentale...
 - Non propriamente una nuova attività’...

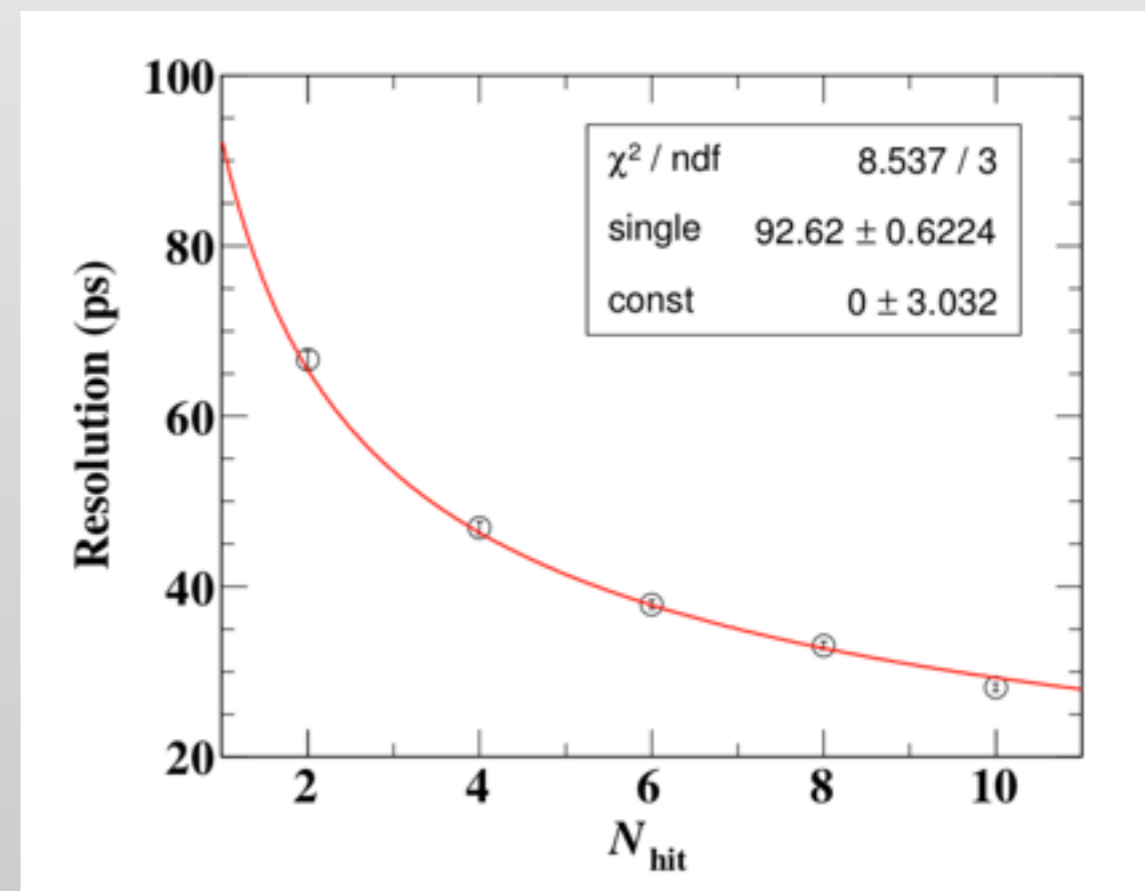
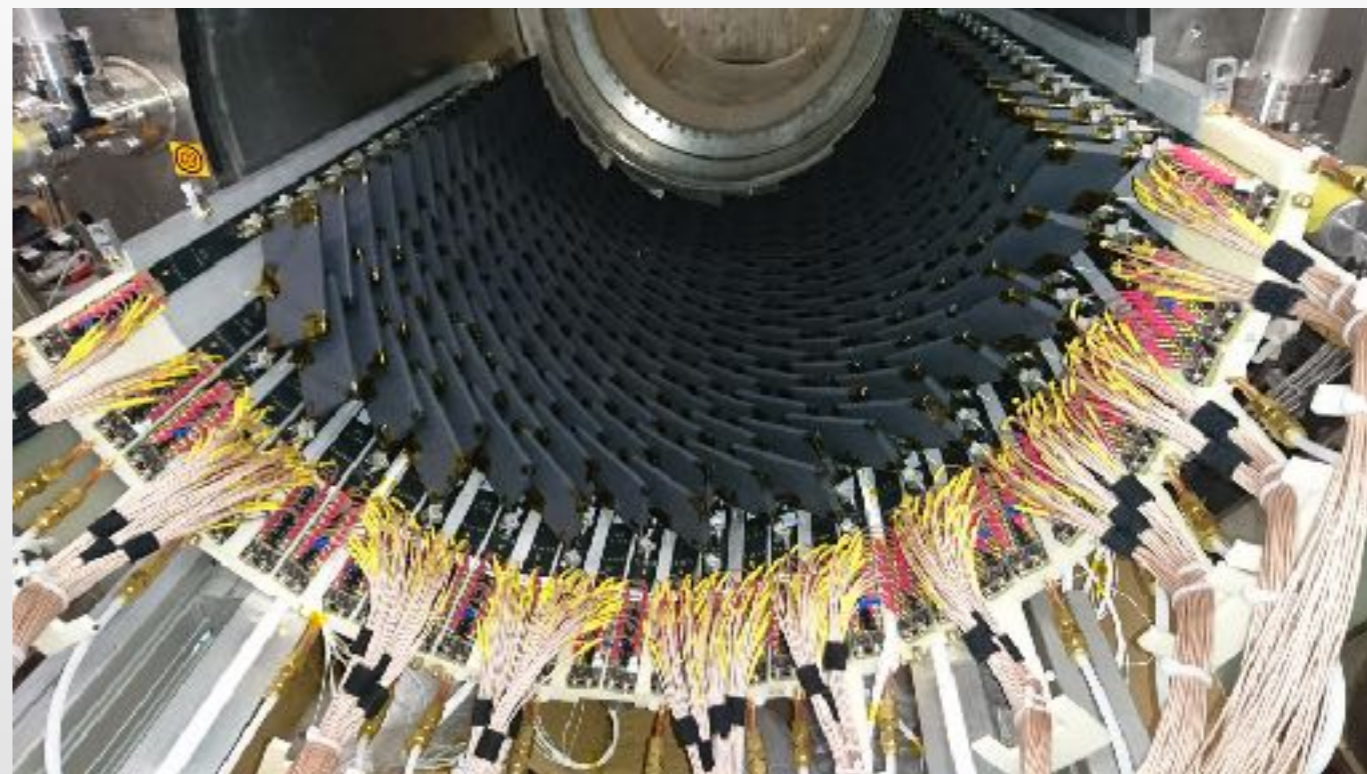
Scintillating pixel

- Piastrelle di scintillatore plastico (BC422) accoppiate ad array di SiPM
- Risoluzioni temporali eccellenti dimostrate per geometrie da $(60 \times 40 \times 5)\text{mm}^3$ a $(120 \times 50 \times 5)\text{mm}^3$: da 40 a 65 ps con array da 3 - 4 SiPM connessi in serie
- Alternativa al sistema PMT + scintillatore
 - compatti
 - alta granularita'
 - no HV
 - OK in campo B
 - ...



Applicazioni: ToF in MEG

- R&D sviluppato per esperimento MEG:
 - ricostruzione positroni da decadimento μ ;
 - segmentazione detector definita da richieste su trigger e multiplo hit;
 - ricostruzione timing con multiplo hit migliora risoluzione di fattore $\sqrt{N_{\text{hit}}}$;
 - 256 pixel, $\sim 1\text{m}^2$, $\sigma(t) \sim 30\text{ps}$ con e^+ 50MeV (@150KHz singolo pixel).

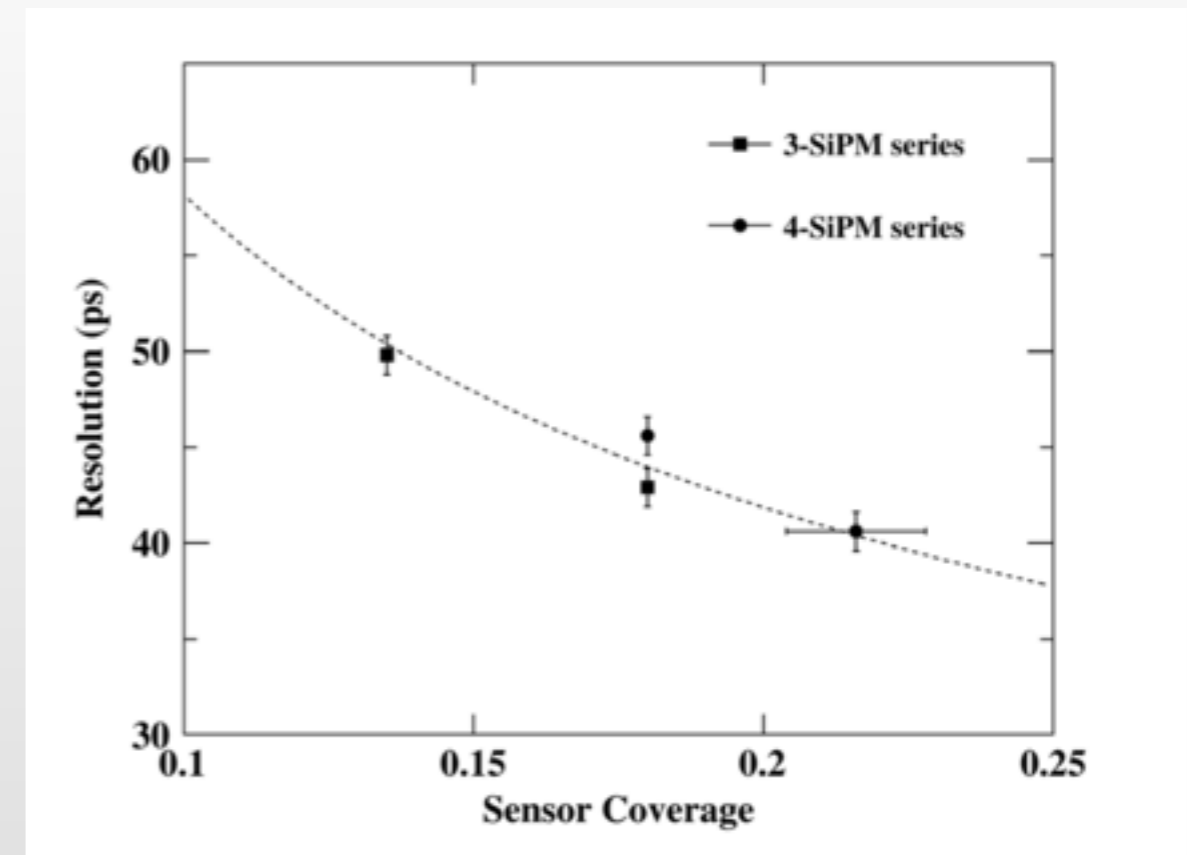


Altre applicazioni

- Trigger, anti-coincidenza / veto, 2D reconstruction ...
- Sviluppare R&D in altra direzione: ridisegnare la geometria del pixel in due modi opposti:
 1. mini-pixel di piccole dimensioni, $O(\text{cm}^3)$ per spingere al limite la risoluzione temporale:
 - massimo incremento fotostatistica \rightarrow ricerca scintillatori veloci con alto yield;
 - minimizzazione contributi da dispersione fotoni o attenuazione nello scintillatore;
 - estrapolando dalle curve misurate, risoluzioni $O(10\text{ps})$?
 2. pixel per veto/anti-coincidenza a grande area, $O(\text{m}^2)$ con ricostruzione della posizione 2D:
 - utilizzo di scintillatore con maggiore lunghezza di attenuazione (es. BC418 $h \lambda \sim 100\text{cm}$)
 - lettura su 4 lati fornisce misura spaziale bidimensionale
 - risoluzione temporale 120ps corrisponde a 1.5cm risoluzione spaziale

Pixel e risoluzione temporale

- Risoluzione temporale dipende da:
 - fotostatistica scintillatore:
 - light yield
 - lunghezza di attenuazione
 - tempi di emissione
 - fotosensore:
 - PDE
 - filling factor
 - rise time
 - geometria e read-out:
 - spread percorsi fotoni ottici
 - SiPM coverage
 - connessione serie o parallelo dell'array
 - elettronica di lettura
- σ limite estrapolata per pixel da $(60 \times 40 \times 5)\text{mm}^3 \sim 15 - 18\text{ps}$
- Come migliorare σ limite?

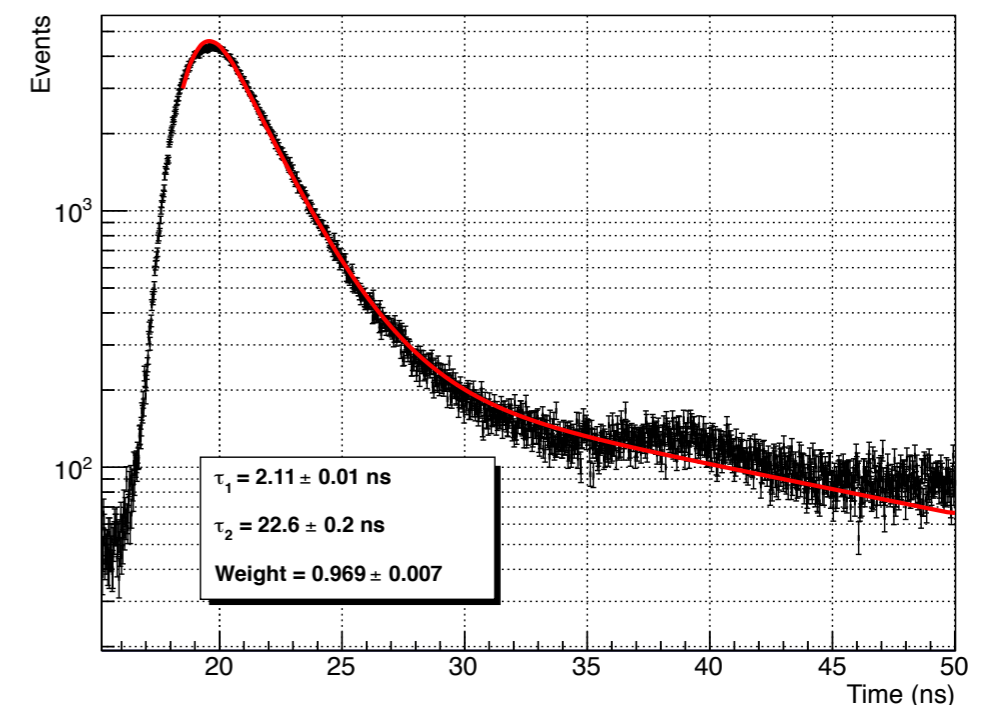
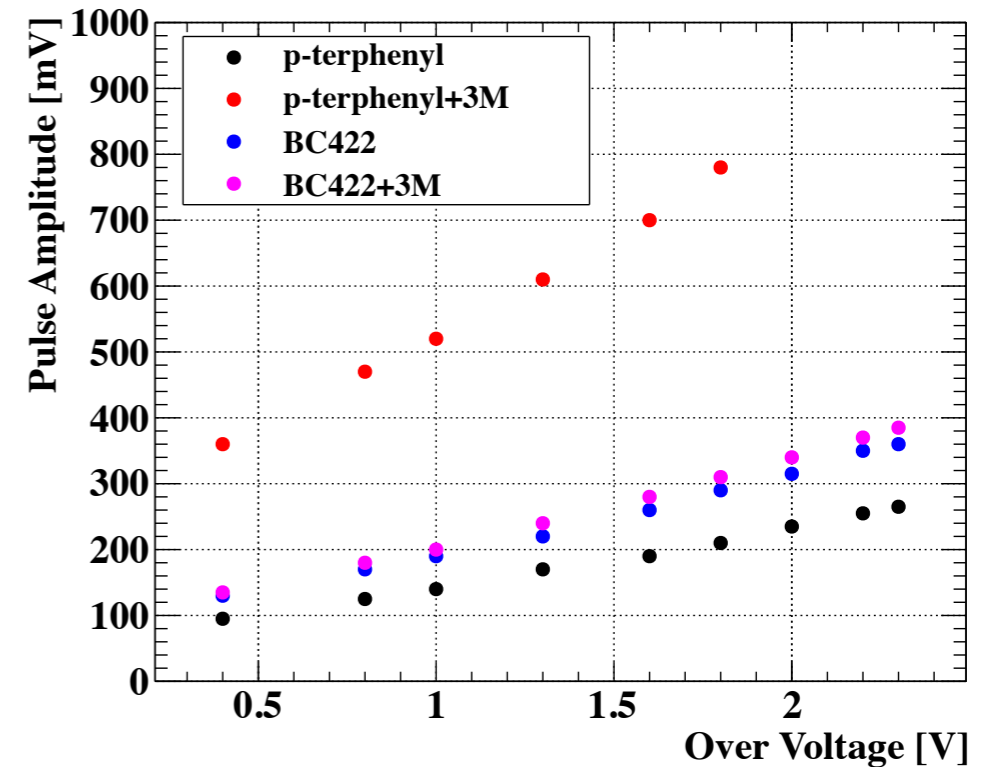


$$\sigma(k, L) = \sqrt{\frac{\sigma_{full,0}^2}{k \cdot e^{\frac{-L \cdot f}{2\lambda_{att}}}} + \sigma_{elec}^2}$$

$$\sigma_{full}^2 \sim 15 \div 18 ps$$

Pixel e risoluzione temporale

- Studio di materiali alternativi a scintillatore plastico:
 - es. para-terphenyl
 - alto light yield (24ph/keV, 3 x BC422)
 - ottimo tempo di risposta ($\tau \sim 2\text{ns}$ paragonabile a BC)
 - R&D di qualche anno fa mostrava risultati promettenti
 - $\lambda_{\text{att}} > 3\text{cm}$ (da confermare) incide poco su piccole dimensioni
 - qualità della superficie incide su trasmissione fotoni \rightarrow importante lavorazione del cristallo

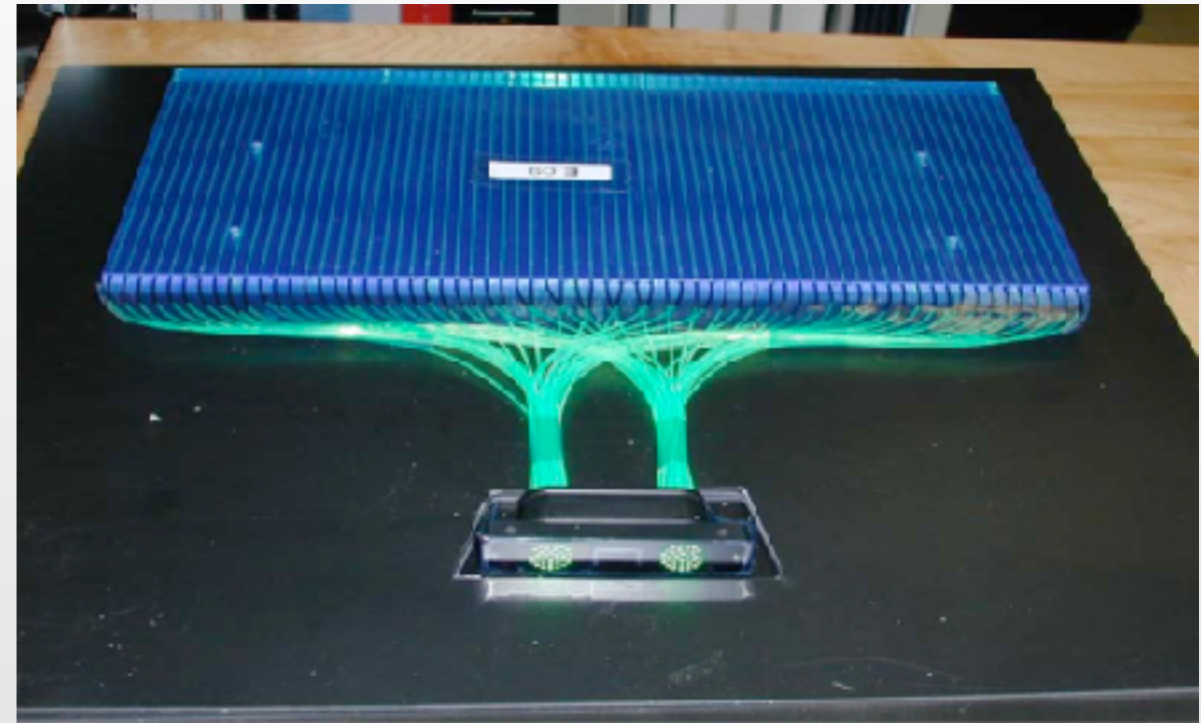


Attività' previste SPPD (1)

- Studio di materiale alternativo come p-terphenyl come scintillatore → 3x light yield:
 - conferma della misura di lunghezza di attenuazione per determinare minime dimensioni pixel
 - lavorazione e produzione di pixel prototipi → lavorazione del cristallo (fragile)
- Ottimizzazione sensor coverage con array di SiPM → > 0.5 con opportuno disegno del PCB e connessione in serie
- Implementazione lettura a 4 facce → 2 misure indipendenti di timing → $\sqrt{2}$ sulla risoluzione della misura combinata
- Misura sotto fascio (es. BTF @Frascati)
- Utilizzo: trigger ad alta risoluzione temporale, T_0 in misure di timing...

Large area pixel

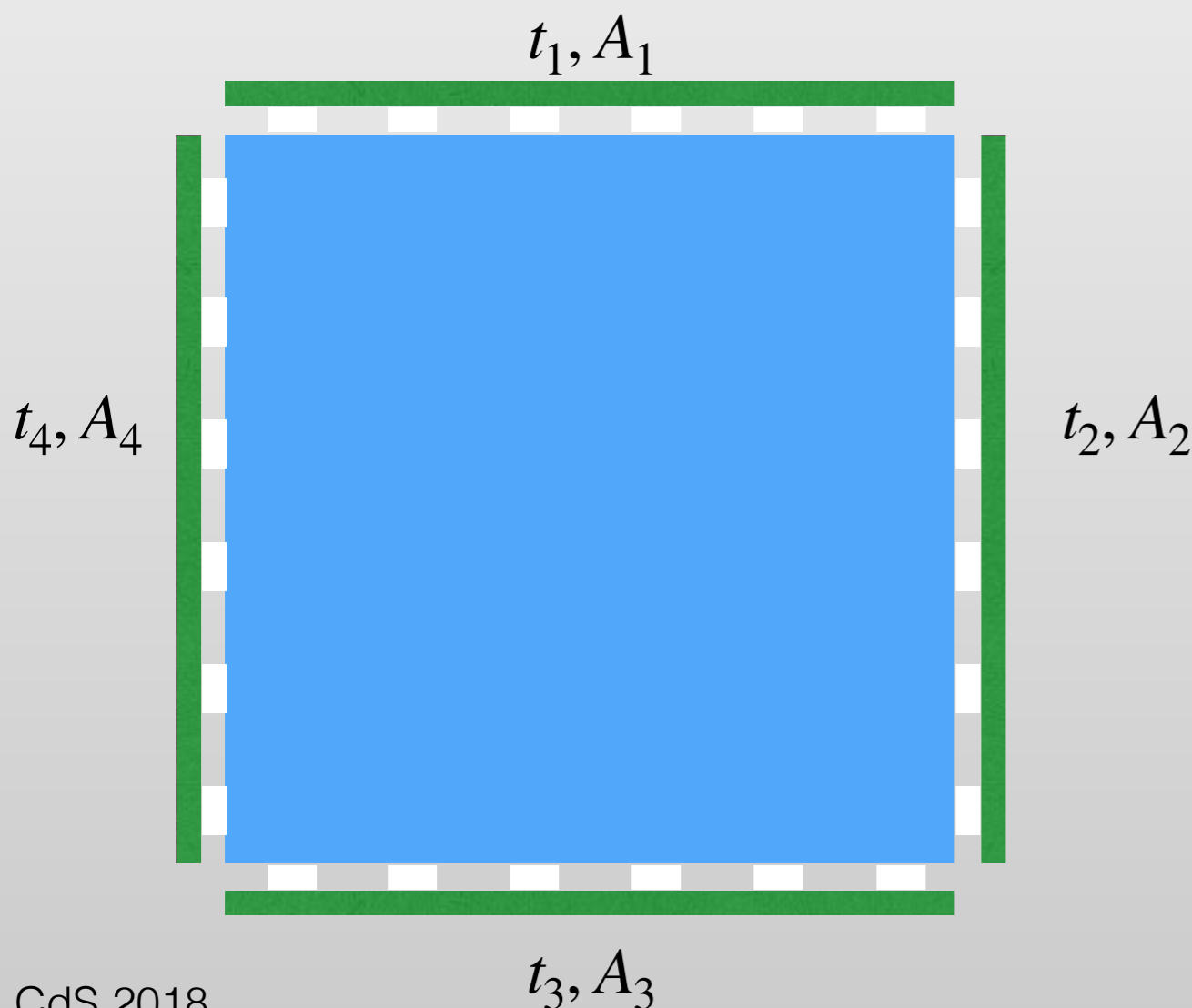
- piastre di scintillatore plastico + wavelength shifters accoppiate a fotomoltiplicatori utilizzati come sistemi di veto / anti-coincidenza in esperimenti a media scala (es. telescopi per raggi cosmici);
- vincoli rigidi su massimo payload e potenza di alimentazione disponibili



GLAST anticoincidence system

Large area pixel

- Read-out basato su SiPM ha prestazioni confrontabili con risparmio di materiale (peso e volume) e potenza.
- BC418 o simili ($\lambda \sim 1\text{m}$) per ridurre attenuazione segnale
- Incremento numero di SiPM nell'array
- Lettura a 4 facce permette ricostruzione 2D della posizione:



$$x = \frac{v_{eff}}{2}(t_2 - t_4) \quad y = \frac{v_{eff}}{2}(t_1 - t_3)$$

$$x = \frac{\lambda_{eff}}{2} \ln\left(\frac{A_2}{A_4}\right) \quad y = \frac{\lambda_{eff}}{2} \ln\left(\frac{A_1}{A_3}\right)$$

$V_{eff} \sim 13 \text{ cm/ns}$

ipotesi $\sigma(t) = 120\text{ps}$ (estrapolato da misure su pixel) \rightarrow 15mm
risoluzione spaziale con singolo layer e 4 canali

Attività' previste SPPD (2)

- Simulazione Montecarlo:
 - design del detector: migliore compromesso fra dimensioni, risoluzione spaziale e fattore di reiezione degli eventi
 - richieste standard: inefficiency $< 10^{-4}$;
 - risoluzione spaziale $O(\text{cm})$ su superfici m^2 ;
 - studio della migliore configurazione dell'array di SiPM (disposizione, numero device, tipo di connessione)
- Produzione di prototipo a singolo o doppio layer
- Misura sotto fascio (es. BTF @Frascati) → può essere fatta in concomitanza con la misura su mini pixel

Time schedule & allocazione budget

- ~ 200 SiPM da diversi produttori per confronto caratteristiche + produzione prototipi (2kE)
- Campioni di p-terphenyl mono-cristallino (3kE)
- Scintillatore plastico BC418/BC422 o simile (3kE)
- Componentistica per read out e produzione pcb (2kE)
- Digitizer ad alta risoluzione (5kE)
- Materiale di consumo per produzione prototipi (1kE)
- Missioni per beam test prototipi (4kE)

Time schedule & allocazione budget

- Anno 1: sviluppo simulazioni, procurement scintillatore/SiPM, disegno elettronica di lettura e PCB per array
- Anno 2: produzione prototipi, misure in laboratorio con sorgente, ottimizzazione layout
- Anno 3: misura con prototipi sotto fascio

	1 anno	2 anno	3 anno
missioni			4k
consumo	5k	6k	
inventario	5k		