

FLARES

Flexible Scintillation Light Apparatus for Rare Events Searches

Mattia Beretta, in rappresentanza della collaborazione FLARES



I rivelatori a scintillazione e il $0\nu\beta\beta$

Gli esperimenti di prossima generazione per la ricerca del doppio decadimento beta senza emissione di neutrini ($0\nu\beta\beta$) richiedono rivelatori di grande massa, con basso fondo radioattivo e alta risoluzione energetica al Q_{valore} del decadimento.

Scintillatori contenenti un candidato al $0\nu\beta\beta$ sono modularizzabili

Aumento di massa (M) possibile con costi competitivi e facilità di operazione

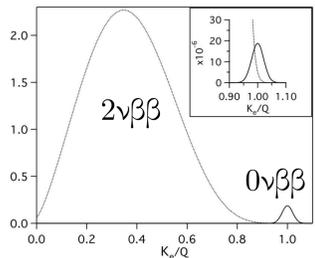
Gli scintillatori favoriscono la **Riduzione del fondo (B)**

- Analisi degli impulsi, perché particelle diverse hanno diversi meccanismi di scintillazione
- Scelta dell'isotopo ($Q_{\text{valore}} > 2615$ keV)

Sensibilità sperimentale

$$S_{\tau_{1/2}} \propto \epsilon \eta \sqrt{\frac{MT}{B\Delta}}$$

ϵ = efficienza di rivelazione
 η = abbondanza isotopica del candidato al $0\nu\beta\beta$



Il limite maggiore di questi rivelatori è la loro scarsa **risoluzione energetica FWHM (Δ)**, che può causare una sovrapposizione tra spettro del decadimento a due neutrini ($2\nu\beta\beta$) e picco del $0\nu\beta\beta$.

La strategia di FLARES per ottenere $\Delta \sim 2\%$ a 3MeV si basa su:

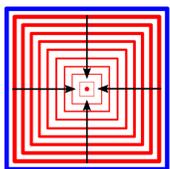
Scelta di rivelatori di luce con alta efficienza quantica e basso rumore

Raffreddamento a ~ 120 K

Quantificazione della non proporzionalità dell'emissione luminosa

V. Bonvicini et al., EPJ C (2014) 74: 3151

Silicon Drift Detectors (SDD)

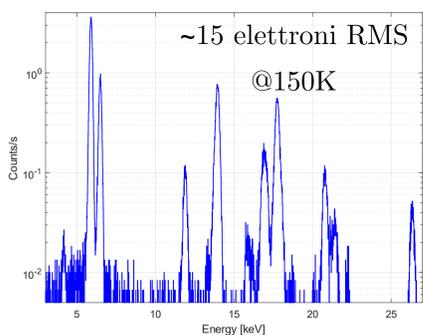


- Deriva degli elettroni per mezzo di **anelli a tensioni negative decrescenti**
- Raccolta della carica all'anodo, capacità $\sim fF$

Efficienza quantica $\sim 80\%$ per λ_{luce} tra 450nm e 1000nm

Basso rumore, ~ 20 elettroni RMS

Nuovi rivelatori con **area attiva di 9cm^2** sono stati progettati e prodotti da FBK

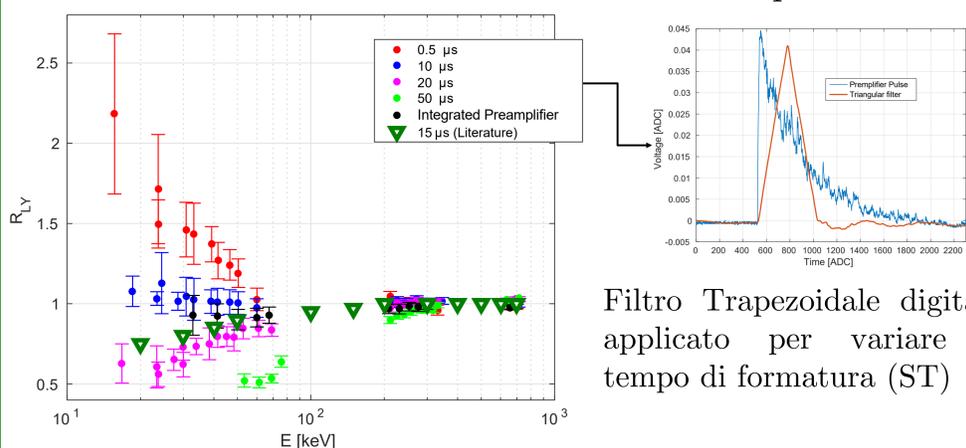


- Sono i più grandi a singolo anodo mai progettati a FBK
- I primi rivelatori prodotti sono stati testati con misure X (^{55}Fe e ^{241}Am)
 - Rumore ottimizzato anche grazie al raffreddamento
 - Risposta lineare

Analisi della Non-proporzionalità

- Assenza di proporzionalità tra energia depositata e luce emessa dal cristallo
 - Errore nella valutazione dell'energia \rightarrow **perdita di risoluzione**
- Quantificabile con il Relative Light Yield: $R_{LY} = \frac{LY(E)}{LY(662\text{keV})}$

Risultati ottenuti con la tecnica di coincidenza Compton (CCT) su un CdWO_4



Filtro Trapezoidale digitale applicato per variare il tempo di formatura (ST)

La scelta di ST modifica la non-proporzionalità.

Questa caratteristica può essere eliminata, pertanto questo contributo alla risoluzione può essere rimosso.

M. Beretta et al., 2017 JINST 12 P04007

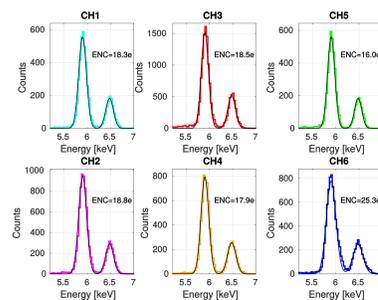
Cristalli scintillanti utilizzabili

Sia CdWO_4 and CaMoO_4 sono buoni candidati: contengono ^{116}Cd and ^{100}Mo come candidati al $0\nu\beta\beta$ (Q_{valore} di 2814 keV e 3034 keV) e hanno buone proprietà di scintillazione a bassa T.

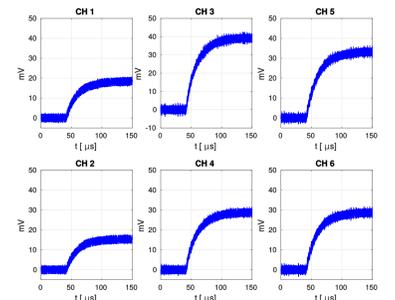
Crystal	Densità [gm/cm ³]	LY [ph/keV]		τ_{scint} [μs]	
		300K	120K	300K	120K
CdWO_4	7.9	18.5	33.5	13	22
CaMoO_4	4.3	8.9	25	18	190

Un primo test del rivelatore

- In collaborazione con il Politecnico di Milano
- CdWO_4 ($2.3 \times 2.3 \times 1.5 \text{cm}^3$) accoppiato a una matrice 2×3 di SDD identiche da $8 \times 8 \text{mm}^2$. Rivelatore raffreddato a 125K.
- Segnale letto dai preamplificatori di carica CUBE



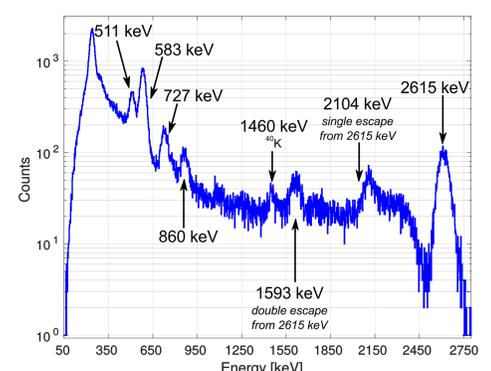
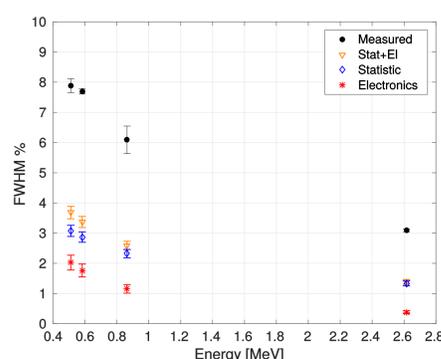
Misura di ^{55}Fe per la valutazione del rumore



Evento di scintillazione visto dalle 6 celle contemporaneamente

Risoluzione FWHM del 3% valutata al picco γ da 2615 keV del ^{208}Tl

- L'energia è vicina al Q_{valore} per il $0\nu\beta\beta$ del ^{116}Cd



Questo risultato mostra l'efficacia della strategia di FLARES per la riduzione della risoluzione FWHM

A.D. Butt et al., IEEE TNS, doi: 10.1109/TNS.2018.2810703