

WINK: Pathfinder per un innovativo rivelatore di raggi X e gamma nello spazio

Matteo Tambone per la collaborazione Crystal Eye

Università degli Studi di Napoli "Federico II", Italy
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare - INFN, Sezione di Napoli, Italy

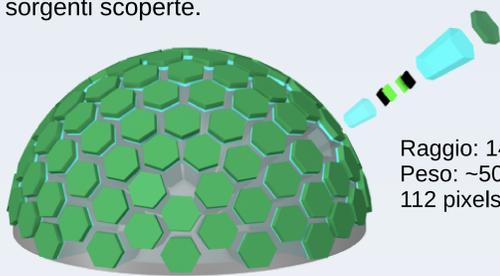
tambone@na.infn.it

Abstract

WINK è un rivelatore nato per testare, migliorare e validare la tecnologia alla base di Crystal Eye. Quest'ultimo, concepito per la rivelazione di raggi X e gamma (0,01–30 MeV) dallo spazio, ha tra i suoi obiettivi primari lo studio della controparte elettromagnetica delle onde gravitazionali grazie alla rivelazione e localizzazione online di Gamma Ray Bursts (GRB). Inoltre, grazie alle sue ottime capacità di localizzazione, potrà fungere da *alert* per altri rivelatori. WINK è costituito da tre pixel completi del disegno originale di Crystal Eye: ogni pixel è composto da due strati di cristalli scintillatori, ciascuno letto da Silicon Photomultipliers (SiPM), e da un sistema di anti-coincidenza. A bordo di Space Rider (SR), un nuovo veicolo ESA, WINK volerà per due mesi in orbita terrestre bassa (LEO), permettendo la caratterizzazione del fondo cosmico e la misura di Terrestrial Gamma-Ray Flashes (TGF) nelle due settimane circa in cui punterà verso Terra. L'engineering Qualification Model di WINK, che sfrutta una DAQ basata sull'utilizzo di COTS, è stato ultimato insieme alle componenti meccaniche del rivelatore. La DAQ sarà sottoposta alle qualifiche per lo spazio e permetterà quindi di abilitare i componenti usati anche per future applicazioni spaziali.

Crystal Eye

L'idea alla base di Crystal Eye è quella di riempire il gap nel range delle medie energie lasciato dagli esperimenti su satellite attualmente presenti, energie che corrispondono al picco di emissione della maggior parte delle sorgenti scoperte.



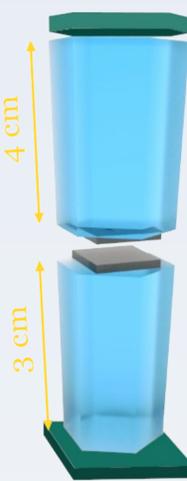
Raggio: 14 cm
Peso: ~50 kg
112 pixels

Monitoraggio del cielo nel range 10 KeV-30 MeV

- Largo FOV: ~ 6 sr
- Copertura totale del cielo
- Area efficace: ~ 5 volte quella di Fermi-GBM a 1MeV
- Elevata capacità di localizzazione

Pixel

FOV del singolo pixel: 2.5°x2.5°



Cristalli di scintillatore (azzurro) letti da array di MPPC Hamamatsu (grigio) e sistema di anti-coincidenza (verde)

Materiale: cristallo ad alta probabilità di assorbimento dei protoni e light yield, risposta temporale veloce. Possibili candidati, attualmente in fase di studio, sono cristalli di LYSO e GAGG.

Photodetectors: array 4x4 di SiPM (MPPC 3x3 mm², 50µm di passo)

Efficienza: 63% @ E<1 MeV, 40% @ E>1 MeV

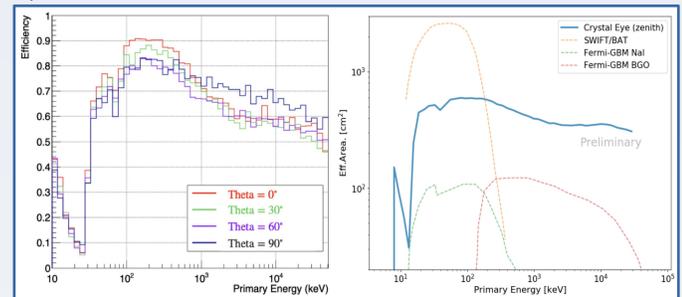
Anticoincidenza: (scintillatore plastico BC408) come veto per raggi cosmici carichi e posizionato:

- segmentato, al di sopra del cristallo UP
- strato continuo al di sotto dei pixel DOWN

Oggetto compatto, dai costi ridotti e altamente efficiente: l'impiego di nuovi materiali e sensori permette nuove tecniche innovative di rivelazione

Efficienza ed Area Efficace

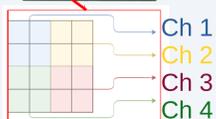
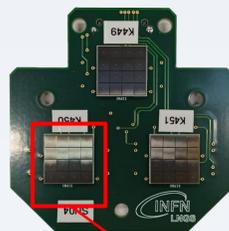
Attraverso simulazioni in GEANT-4 è stato possibile studiare le caratteristiche e performance del rivelatore. Grazie alla simmetria proposta, l'efficienza del detector è scarsamente dipendente dall'angolo zenitale delle particelle incidenti.



WINK: pathfinder di Crystal Eye

Il rivelatore WINK è composto da tre pixel completi, i cui SiPM sono montati su PCB custom, chiamati SiPM Holder (*destra*), a loro volta collegati tramite cavi SAMTEC alla DAQ board che comprende:

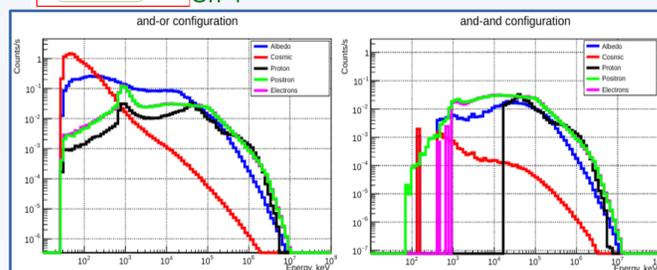
- Modulo Trenz contenente SoC ZYNQ
- ASIC Citiroc 1A della Weeroc
- Due moduli HV della CAEN per l'alimentazione dei SiPM
- Due SSD da 1 TB



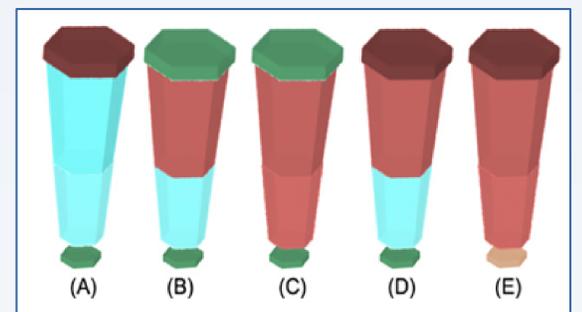
Logica di trigger

Ogni matrice 4x4 è divisa in 4 canali, ognuno contenente 4 SiPM e corrispondente ad un quadrante dell'array. La logica di trigger di WINK prevede un doppio livello logico AND/OR:

- Il primo livello logico AND/OR riguarda il numero di canali accesi in un singolo pixel
- Il secondo livello logico AND/OR riguarda il numero di pixel accesi in contemporanea



- a – Hard X (E<30keV) diretto verso il basso
- b – LE γ (30keV<E<1MeV) diretto verso il basso
- c – ME γ (E>1MeV) diretto verso il basso
- d – Particella carica LE (E_{ACD} ~1MeV) verso il basso
- e – Particella carica

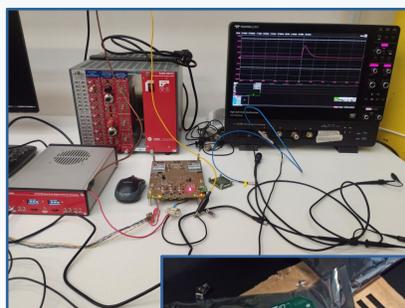


I pixel di WINK

Il Qualification Model di WINK prevede l'utilizzo del LYSO come cristallo scintillatore. La scelta è dovuta al fenomeno dell'auto-emissione da utilizzare come traccia per la calibrazione del rivelatore.

Primi test sulla DAQ board e piani futuri

Sulla DAQ board del Qualification Model, una volta completato l'upgrade rispetto alla versione precedente, che ha previsto l'inclusione di componenti di grado automotive e un PCB rivisitato, sono stati condotti i primi test di power up della scheda, verificando l'assenza di cortocircuiti e l'erogazione delle corrette tensioni di alimentazione dei diversi blocchi logici della board.



Una volta ultimate queste verifiche, si è passati alla lettura di segnali noti tramite la catena di DAQ. I prossimi passi per la caratterizzazione della scheda prevedono:

- Linearità e caratterizzazione dell'ADC
- Test con SiPM (con e senza sorgenti)
- Test di calibrazione e acquisizione
- Test termici
- Test elettromagnetici in camera anecoica
- Test vibrazionali

Obiettivo ultimo è quello di sviluppare una versione finale della DAQ space-compliant che, unitamente ad un nuovo firmware attualmente in sviluppo e ad una meccanica ulteriormente revisionata, restituisca un rivelatore adatto al volo in LEO.



WINK a bordo di Space Rider

Space Rider è un nuovo veicolo spaziale senza personale sviluppato da ESA con ampia partecipazione dell'ASI. Progettato per essere lanciato a bordo del vettore VEGA e per stazionare in Low Earth Orbit (LEO) per due mesi, il piano di volo prevede il suo decollo nel 2027.

WINK sarà posizionato su una piastra termica all'interno della Multy Purpose Cargo Bay (MPCB) del modulo Space Rider, in modo da garantire un FOV di 30°.

La missione WINK

OSSERVAZIONE DELLO SPAZIO: puntato verso lo spazio profondo per un totale di sei settimane, WINK raccoglierà informazioni sul background al fine di caratterizzarlo in ottica della futura missione di Crystal Eye (GRB).

OSSERVAZIONE DELLA TERRA: una volta puntato verso la Terra, WINK permetterà la rivelazione di Terrestrial Gamma-rays Flashes (TGF).

CALIBRAZIONE: ad intervalli regolari di 30 minuti o dopo una misura particolare, verrà utilizzata l'emissione intrinseca dei cristalli di LYSO per calibrare il rivelatore.

