



L'aggiornamento del rivelatore RICH dell'esperimento LHCb

LUCA MINZONI A NOME DEL "LHCb RICH UPGRADE GROUP"

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - INFN SEZIONE DI FERRARA

6 APRILE 2018

IFAE MILANO

L'esperimento LHCb al CERN di Ginevra

LHC: il più grande e potente acceleratore di particelle del mondo

- Anello lungo 27 km, energia del centro di massa fino a 13 TeV

LHCb: uno dei quattro maggiori esperimenti che lavorano su LHC

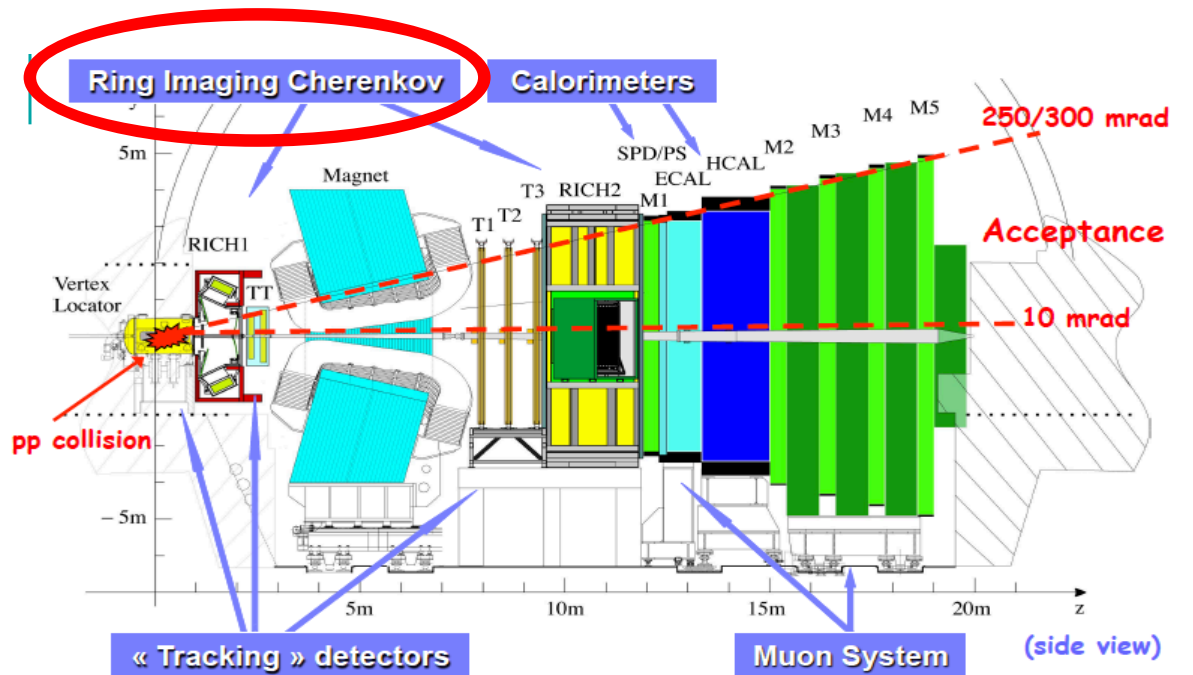
- ATLAS, CMS, LHCb e ALICE

Scopo di LHCb: studiare decadimenti rari di quark *b* e *c*

Luminosità limitata a $4 \cdot 10^{32} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

- Il doppio del valore di design

Frequenza di acquisizione dati limitata a 1 MHz



I rivelatori RICH di LHCb

Due rivelatori RICH (Ring Imaging Cherenkov) in LHCb: RICH1 e RICH2

Identificazione di particelle cariche nell'intervallo 2-100 GeV/c

- Separazione tra π , K e p

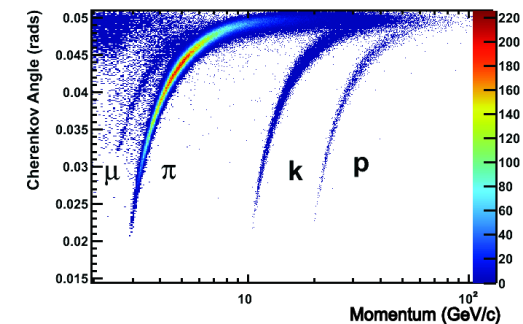
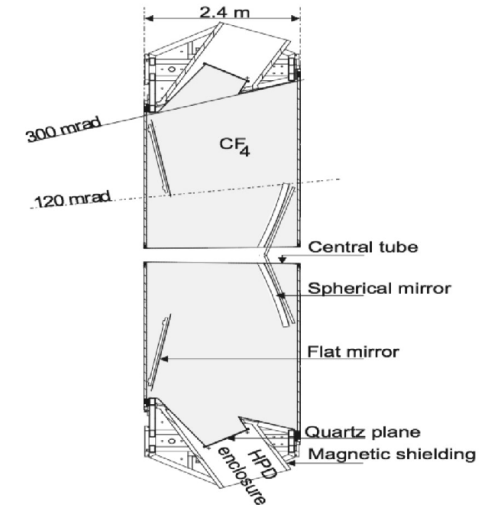
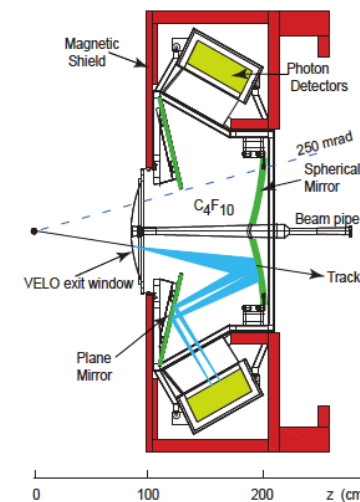
Mezzo radiatore: gas

- C_4F_{10} (RICH1) e CF_4 (RICH2)

Fotorivelatori Ibridi

- Finestra di quarzo, fotocatodo, tubo a vuoto, matrice di pixel silicio

Elettronica di acquisizione dati incorporata e limitata a 1 MHz



L'aggiornamento di LHCb e dei rivelatori RICH

Inizio aggiornamento: 2019

Luminosità $\sim 2 \cdot 10^{33} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (5 volte quella attuale)

Frequenza di acquisizione dati di 40 MHz

- Rimozione di L0 e installazione trigger software

Nuova elettronica di acquisizione adeguata alle nuove prestazioni

LHCb RICH

Attuali fotorivelatori ibridi (1 MHz) sostituiti con fototubi multi-anodo (Multi-anode Photo Multiplier Tube, MaPMT)

Nuova catena elettronica di acquisizione dati accoppiata ai MaPMTs

Maggiore luminosità comporta aumento dell'occupazione media su fotorivelatori

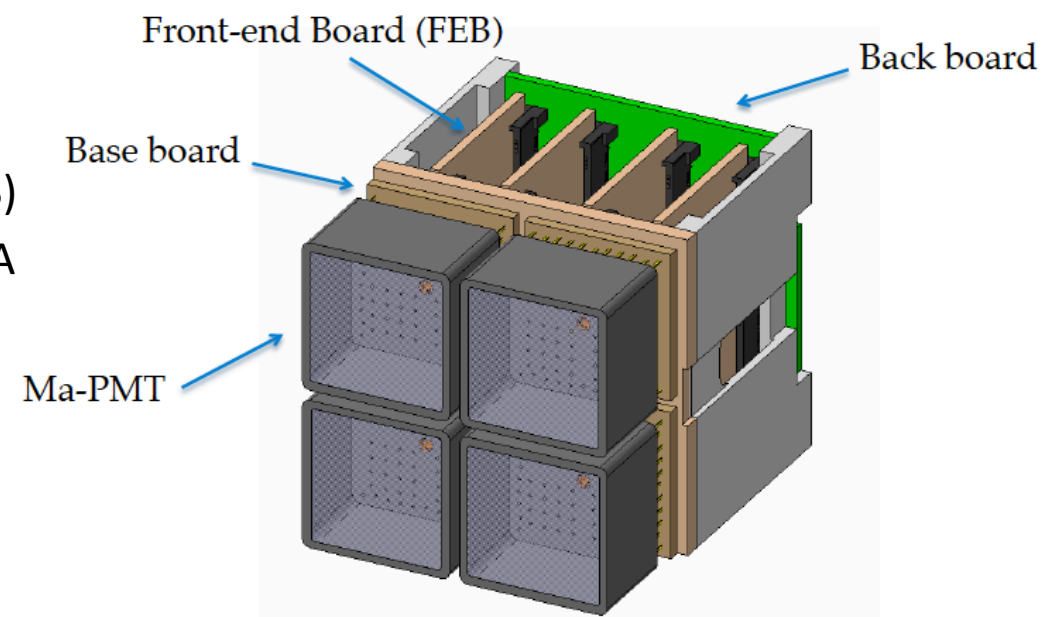
- Solo per RICH1: lunghezza focale degli specchi sferici estesa per aumentare dimensioni anello Cherenkov e diminuire occupanza

La componente fondamentale dei nuovi RICH: la Cella Elementare

Fototubi ed elettronica dei RICH aggiornati saranno assemblati in Celle Elementari (Elementary Cell, EC)

- MaPMT (Hamamatsu) inseriti in base-board
- CLARO8 ASIC chip installato su apposite Front-end Board (FEB)
- Back-board interfaccia FEB con scheda digitale basata su FPGA

Le EC saranno assemblate in moduli 4x1 chiamati Photon Detector Modules (PDMs)



Fotorivelazione: Fototubi multi anodo

Multianode Photo Multiplier Tube (MaPMT) a 64 canali

- Matrice di pixel 8x8
- Tensione di lavoro 1000 V, $G=10^6$
- Amplificazione a 12 dinodi

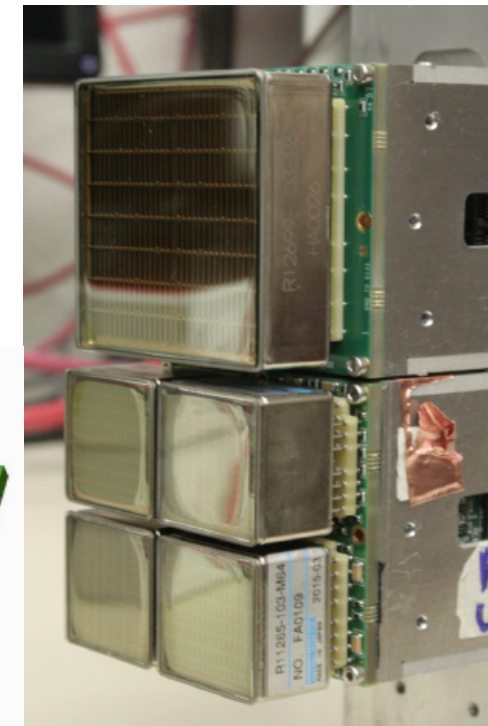
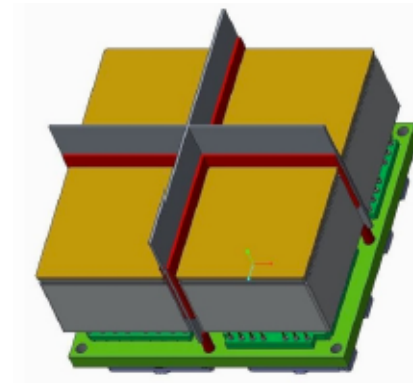
Hamamatsu R13742 (1") in RICH-1 e RICH-2

Hamamatsu R13743 (2") nelle zone esterne a bassa occupanza in RICH-2

Due tipi di celle: tipo R (R13742) e tipo H (R13743)

- R: 2x2 MaPMTs di tipo R
- H: 1x1 MaPMTs di tipo H

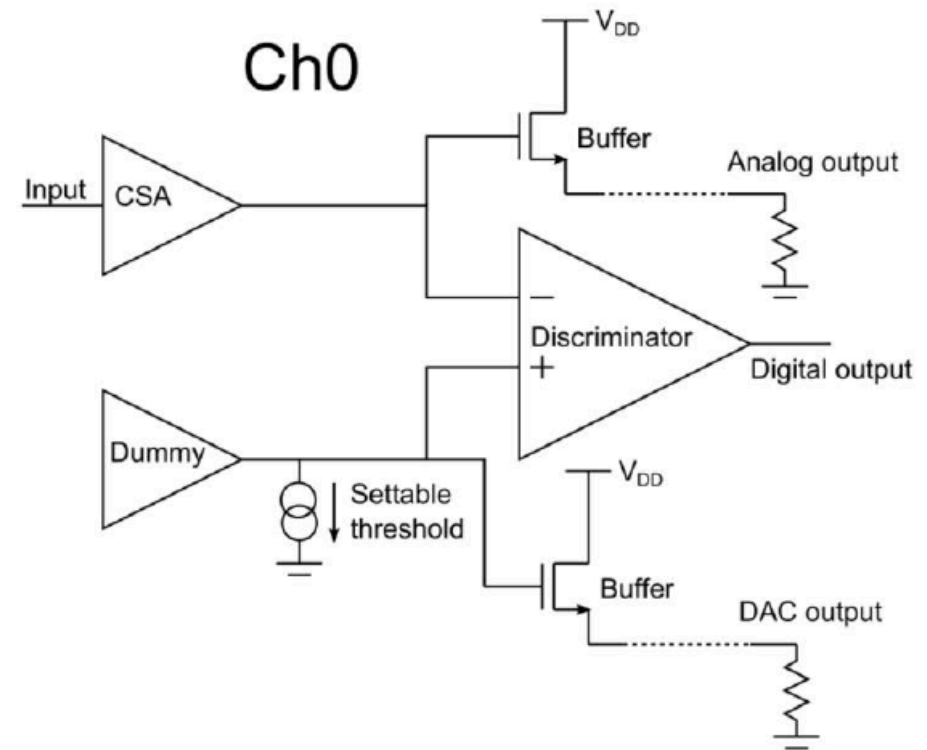
Scudo magnetico in mu-metal



Il chip: CLARO8

CLARO8 ASIC amplificatore/discriminatore a 8 canali progettato per la rilevazione del singolo fotone usando gli MaPMTs

- Tecnologia CMOS 0.35 μm
- Acquisizione a 40 MHz (recupero < 25 ns)
- Consumo ~ 1 mW/canale
- Soglia impostabile (6 bits)
- Guadagno impostabile (2 bits)
- Registro a 128 bit protetto con TMR



Il prototipo del nuovo RICH: test su fascio

Test a Prevezsin (CERN), linea H8 North-Area

Celle elementari complete "R" e "H"

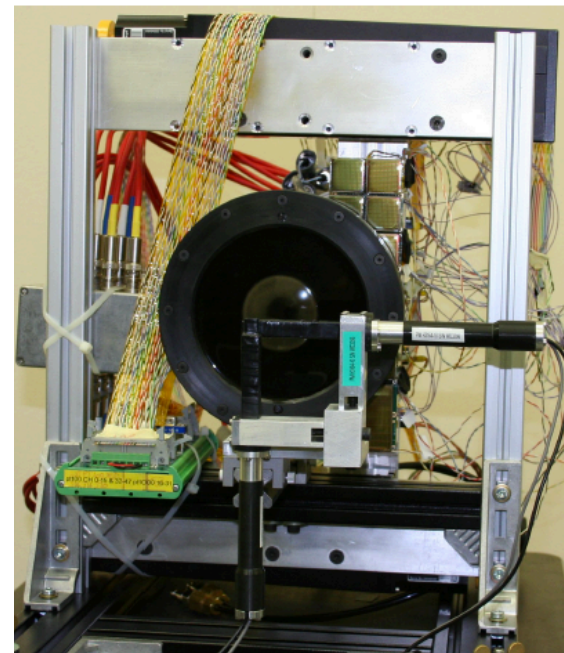
Supporti mobili con raffreddamento a liquido

Mezzo radiatore: lente piano-convessa di vetro ottico (N-BK7)

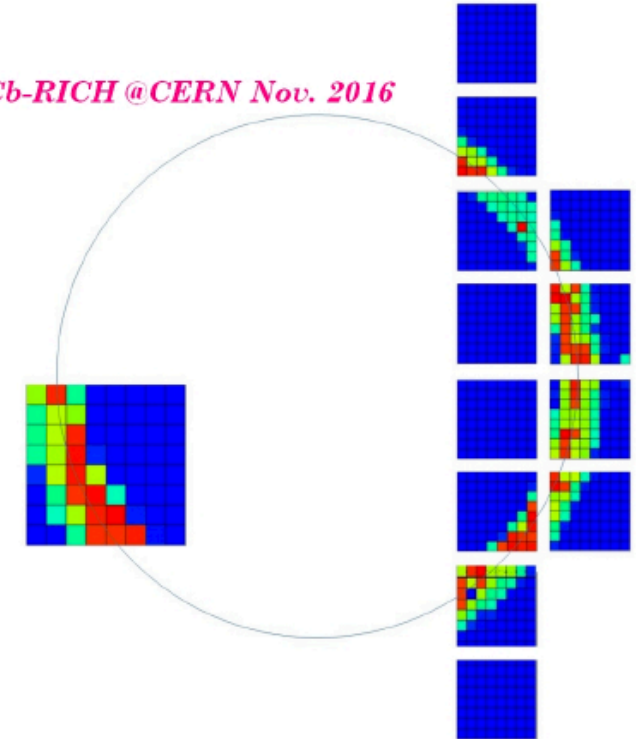
Scatola di polipropilene, isolamento termico e ottico

Atmosfera di N₂ per rimuovere umidità

Interfaccia grafica per monitoraggio in tempo reale



LHCb-RICH @CERN Nov. 2016



Calibrazione delle EC: scan di impulsi

Canale impostato a soglia fissata (0-63)

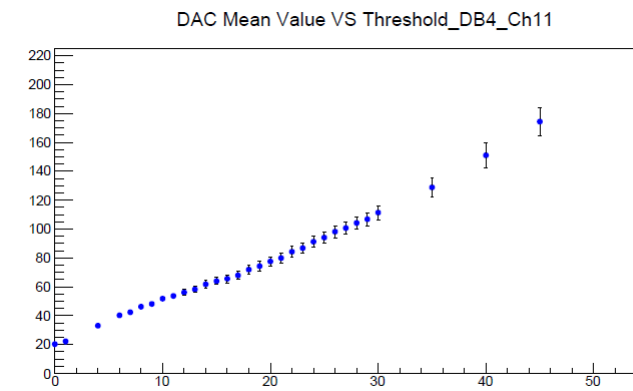
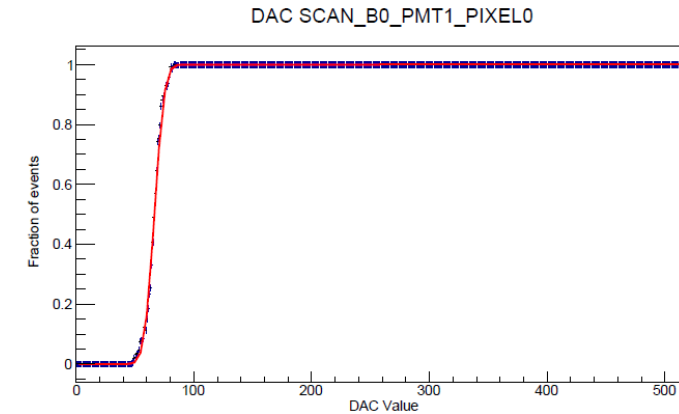
Treno di impulsi con la stessa ampiezza, si registra la risposta del canale, si aumenta ampiezza → Curva S

Parametri di interesse: punto di transizione, μ , e larghezza della curva S, σ

- Funzione degli errori

Test per verificare la linearità di ogni canale

- Studio del punto di transizione e della sua dipendenza dalla soglia applicata
- La larghezza σ è associata al rumore del canale



Calibrazione delle EC: scan di soglia

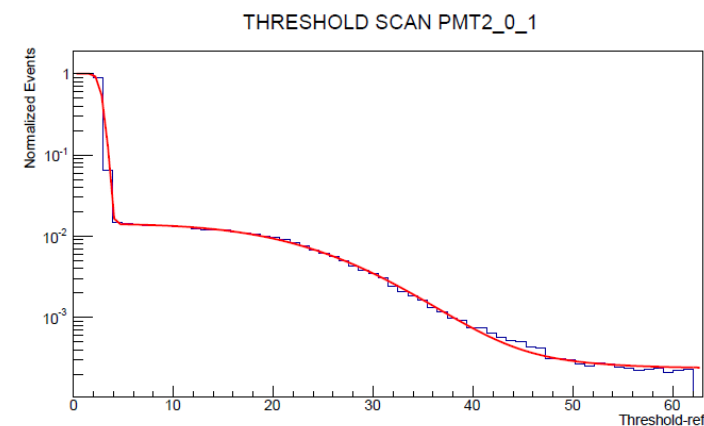
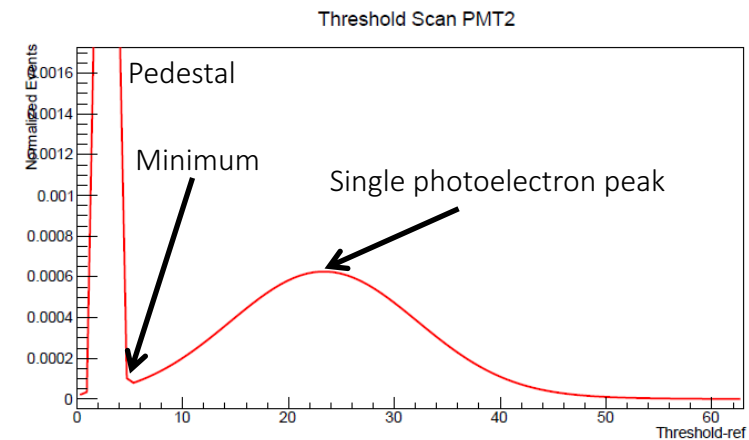
Segnale iniettato costante, soglia canale varia (0-63)

Distribuzione integrale dello spettro d'impulso del canale

Parametri di interesse

- Piedistallo (rumore elettronico)
- Picco di singolo fotone
- Valle o minimo

Soglia del canale impostata nella valle per miglior discriminazione possibile segnale/rumore



Modifiche all'ottica di RICH1

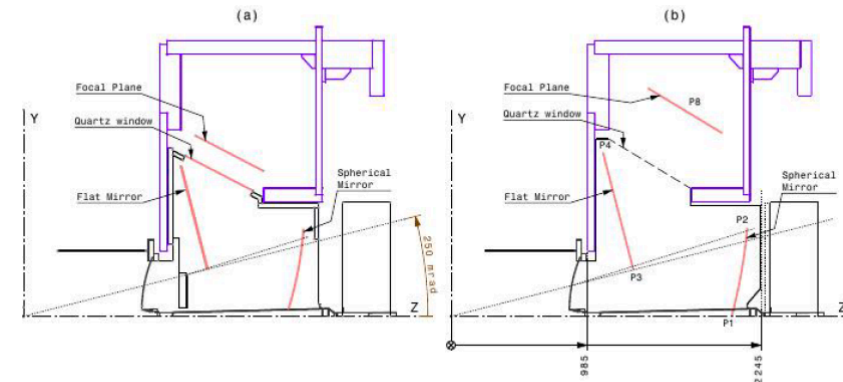
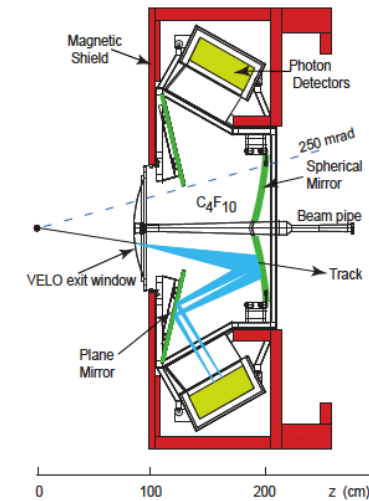
Raggio di curvatura degli specchi sferici aumentato per ridurre l'occupazione su fotorivelatori

- Aumento lunghezza focale

Piano dei fotorivelatori allontanato dalla linea di fascio

- Minor aberrazione negli specchi sferici, miglior risoluzione sull'angolo Cherenkov

Interventi compatibili con le attuali dimensioni di RICH1



Conclusioni

LHCb subirà interventi di aggiornamento considerevoli

- Aumento luminosità fattore 5
- Rimozione trigger L0, frequenza di acquisizione dati da 1 MHz a 40 MHz

Apparato di fotorivelazione dei rivelatori RICH smantellato e ri-assemblato con nuovi componenti: Celle Elementari

- Fototubi a multi anodo (MaPMT)
 - Chip CLARO8

Prototipo funzionante testato con successo su fascio

- Celle “R” e “H”
- Procedure di calibrazione delle EC per singolo canale

Cambiamenti ottica di RICH1



Extra slides



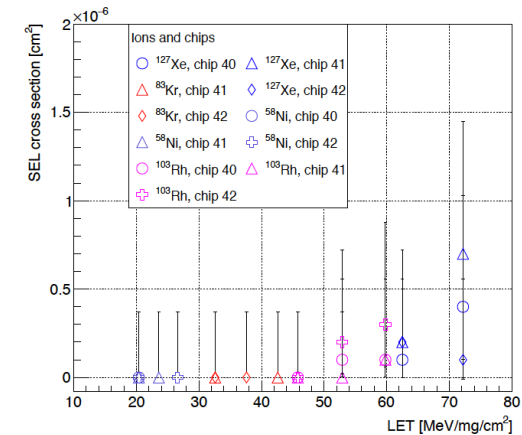
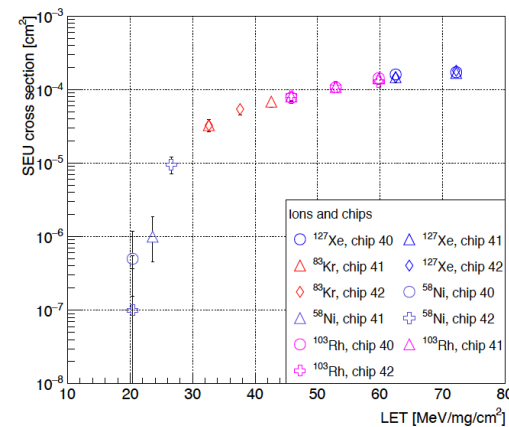
Test di irraggiamento su CLARO8

- Il pannello delle Celle Elementari sarà posto lontano dal fascio, ma verrà colpito da radiazione CLARO8 deve essere robusto e resistere ai Single Event Upset (SEU) e Single Event Latchup (SEL)
- SEU: uno o più bit del registro vengono cambiati da radiazione incidente, si corregge automaticamente
 - SEL: evento di sovracorrente, il chip deve essere spento e riacceso

Test su ioni a UCL (Louvain-La-Neuve) e LNL (Legnaro)

Test con protoni a IRRAD e LNL (Legnaro)

Test a CHARM



Calibrazione delle EC: funzioni di Fit

$$f_{DAC}(x) = \frac{par[0]}{2} \left\{ erf\left(\frac{x - par[1]}{par[2]}\right) + 1 \right\}$$

$$f_{th} = par[6] \left\{ \frac{1}{2} P(0, par[0]) erfc\left[\frac{x - par[3]}{par[4]}\right] + \sum_{n=1}^3 \frac{1}{2} P(n, par[0]) erfc\left[\frac{x - npar[1]}{par[2]\sqrt{n}}\right] + par[5] \right\}$$

ROOT

An Object-Oriented
Data Analysis Framework

