

Rivelatori di Radiazione e Fisica Medica

Scopo: fornire risposte a problemi reali di misura delle radiazioni ionizzanti (rivelatori esistenti non adeguati).

Caratteristiche comuni a tutte le proposte:

- 1) **esiste un problema definito da altri** ;
- 2) gruppo di lavoro variabile ma solitamente interdisciplinare (fisici, ingegneri, medici, fisici medici,);
- 3) i rivelatori e le tecniche di lavoro possono essere diverse da caso a caso, ma **sempre necessaria una fase di analisi dati.**



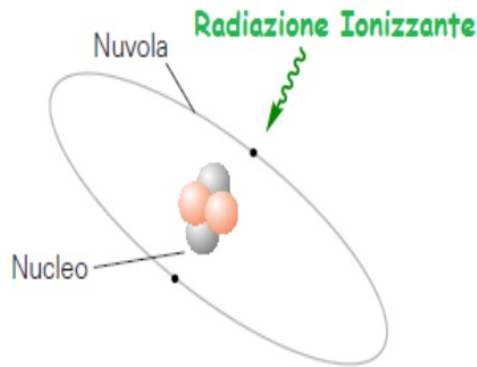
Cosa si impara in generale:

- Cosa sono le radiazioni ionizzanti;
- Come interagiscono con la materia;
- Come possono essere rivelate;
- Come si imposta una analisi dati;
- Come si valutano segnale e rumore;

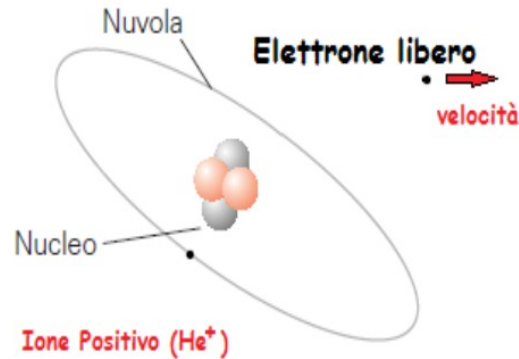


Cosa è la radiazione ionizzante?

Radiazione ionizzante: elettroni, protoni, ioni, fotoni, neutroni.....
→ portano energia e quantità di moto



Interazione di Coulomb per
particelle cariche



Interazione nucleare per
protoni, ioni, neutroni

Interazione elettromagnetica per i
fotoni:

Eff. Fotoelettrico,
Scattering Compton,
Creazione di coppie

Servono rivelatori diversi
per radiazioni diverse
(e per scopi diversi)



Esperimento HASPIDE:

Hydrogenated Amorphous Silicon Pixel DEtectors



Uso di strati sottili di Silicio Amorfo idrogenato su substrati isolanti, usati per rivelare radiazioni ionizzanti.

L. Servoli, M. Menichelli, A. Morozzi, M. Ionica, L. Tosti (INFN), K. Kanxheri, F. Peverini, D. Passeri^{PG}, P. Placidi, T. Croci (UniPG), M. Pedio, F. Moscatelli (CNR--IOM)

~ 40 ricercatori di 14 istituzioni: **INFN e UNIPG capofila del progetto**

7 Sezioni INFN (**PG**, LE, FI, MI, TO, LNS, RM1)

Uni. Perugia, Uni. Firenze, Uni. del Salento, Uni. Sapienza (Roma),

Uni. Urbino, Uni. Wollongong (Australia),

Ecole Polytechnique Federale de Lausanne - Neuchatel (Svizzera)



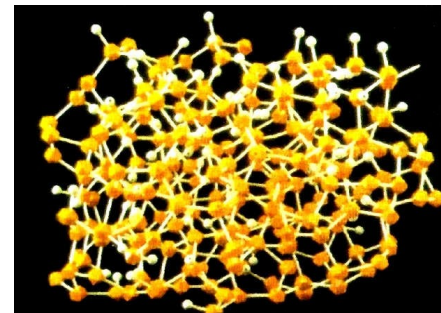


Esperimento HASPIDE



Uso di strati sottili di Silicio Amorfo idrogenato depositati su substrati isolanti come rivelatori radiazioni ionizzanti.

- *Semiconduttore disordinato*
- *alto assorbimento di fotoni ottici*
- *bassa mobilità portatori di carica*
- *resistenza alla radiazione elevatissima*
- *banda proibita: 1.75 eV → bassa corrente di buio*

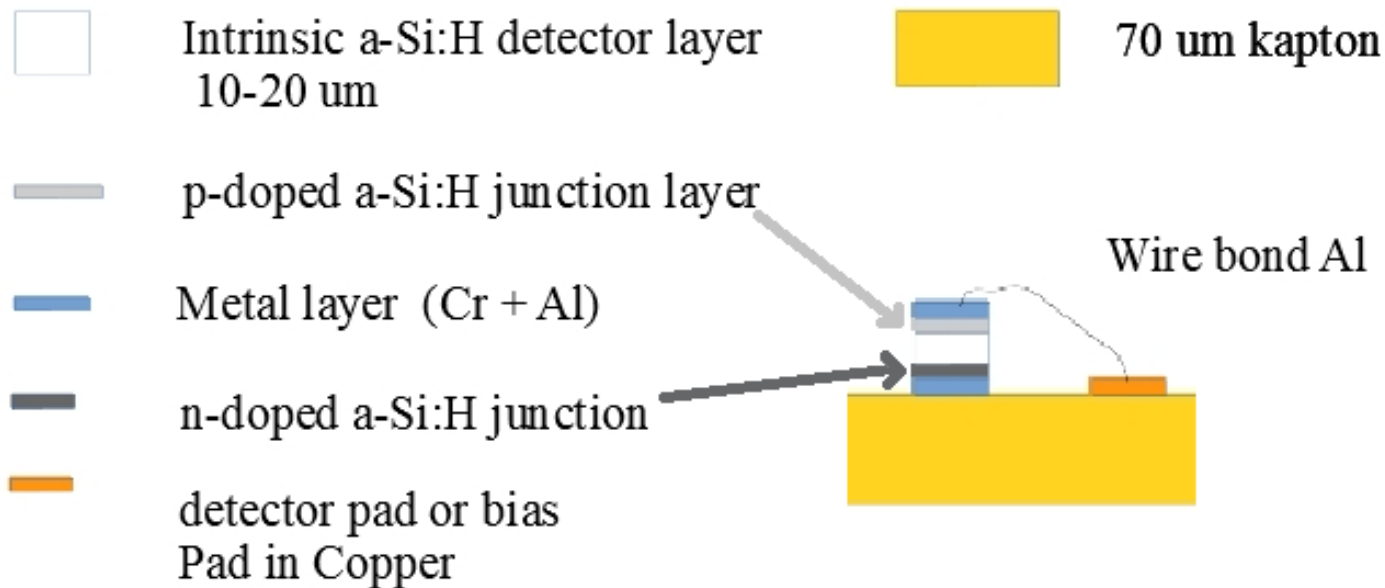


- *tecnologia di deposizione molto sviluppata (pannelli fotovoltaici, flat panel per radiografie)*
- *spessori anche molto sottili (1 - 20 μm) depositabili su vari substrati anche flessibili*





Esperimento HASPIDE



*Caratteristiche fondamentali: sensore sottile < 10 μm ;
attenzione alle connessioni e al rapporto segnale/rumore.*





Esperimento HASPIDE



Problemi da affrontare con sensori a-Si:H

- *beam monitoring di LINAC clinici e anche altri tipi di acceleratori*
- *rivelazione di emissioni di radiazione solare nello spazio (Solar Energetic Particles events)*
- *rivelazione di neutroni attraverso il deposito di un film di ^{10}B sopra uno strato a-Si:H per rivelare la particella α prodotta dalla interazione del neutrone col ^{10}B .*

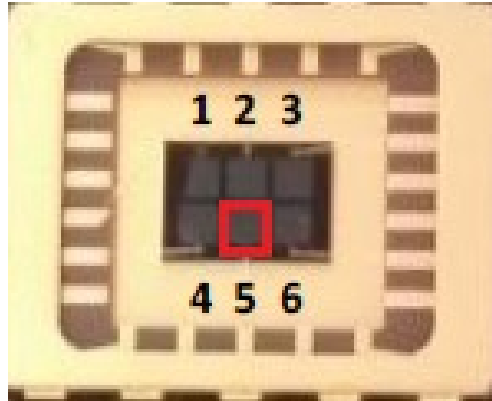




Esperimento HASPIDE

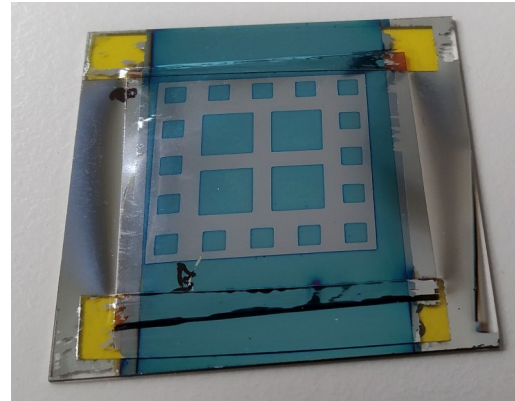


1° generazione



6 diodes: $1 \times 1 \text{ mm}^2 \times 10 \mu\text{m}$

2° generazione



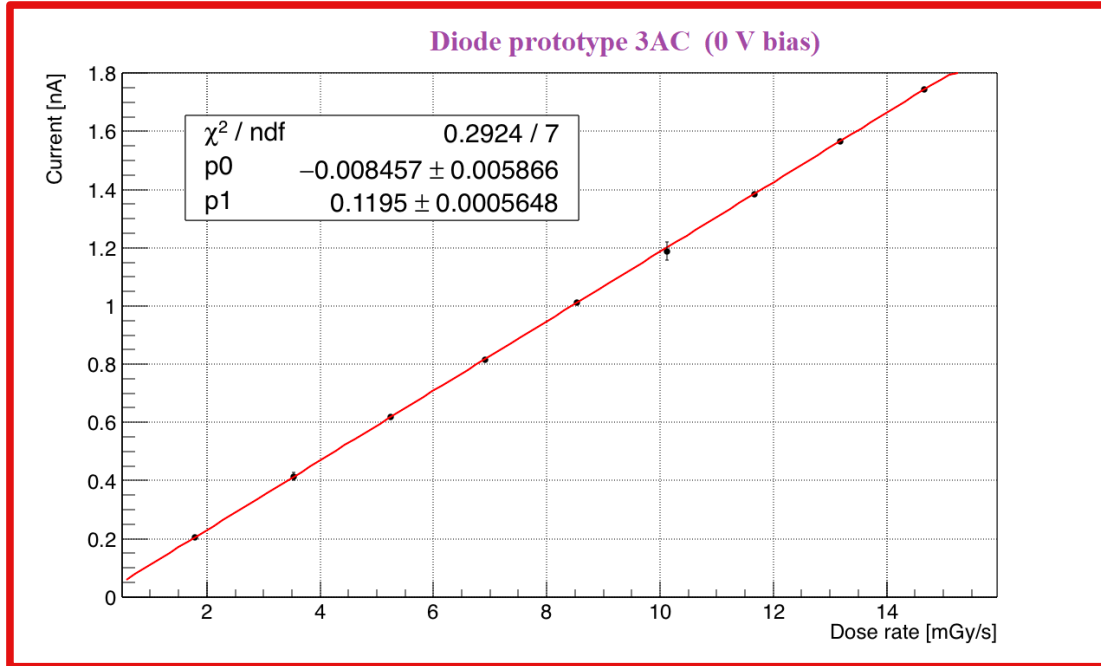
4 diodes: $5 \times 5 \text{ mm}^2 \times 2.5 \mu\text{m}$
20 diodes: $2 \times 2 \text{ mm}^2 \times 2.5 \mu\text{m}$

Diverse tipologie di sensori perché diversi sono i problemi

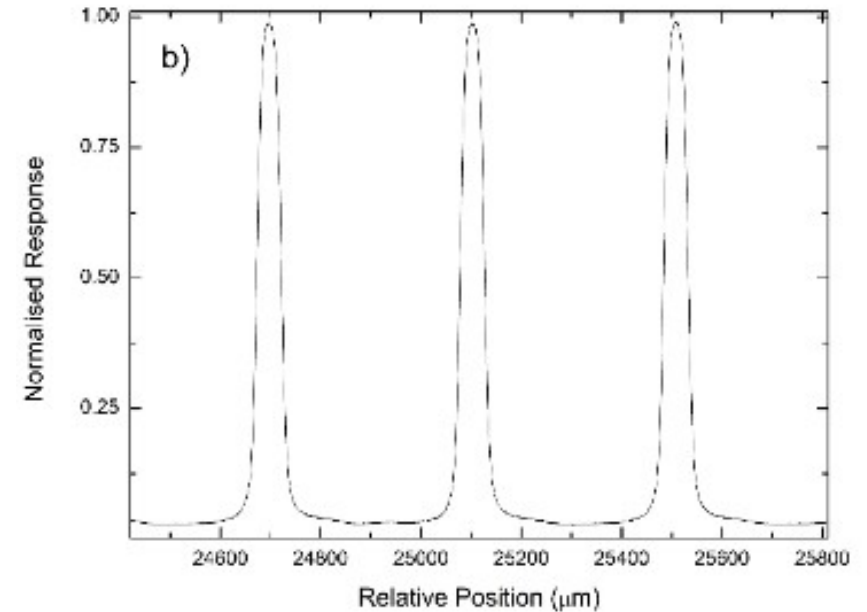




HASPIDE: esmpi risultati ottenuti nel 2023



Linearità della risposta (~ 1% precisione relativa)



Precisione spaziale nella misura (~ 1 μm)





Esperimento HASPIDE: scopi nel 2024



Clinical Xray beams 6-10 MV delivered by Elekta linacs at Radioterapy Unit of University of Florence.

$2 \times 2 \text{ mm}^2 \times 2.5 \mu\text{m}$

*diodo trasparente
alla radiazione ma
capace di alto S/N*

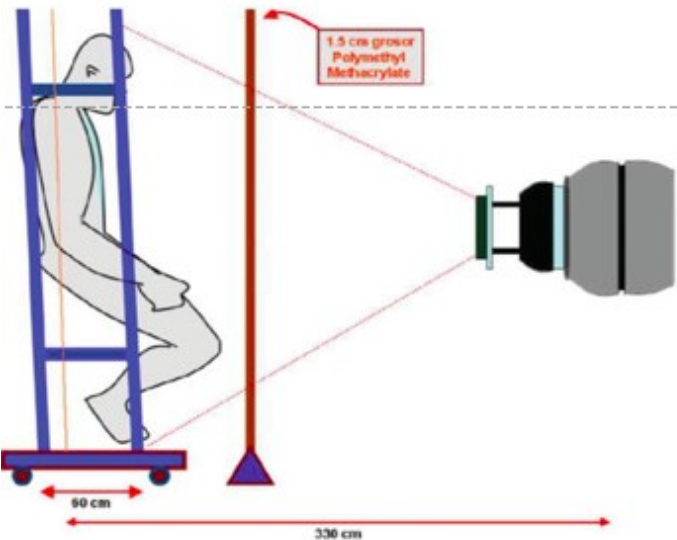


Single pixel:

Skin dosimetry

Total body irradiation in-vivo dosimetry
(several single diodes can be placed on the patient during TBI for real-time in-vivo monitoring of the dose delivered)

*Perturbazione del
fascio di
radiazione < 1%*





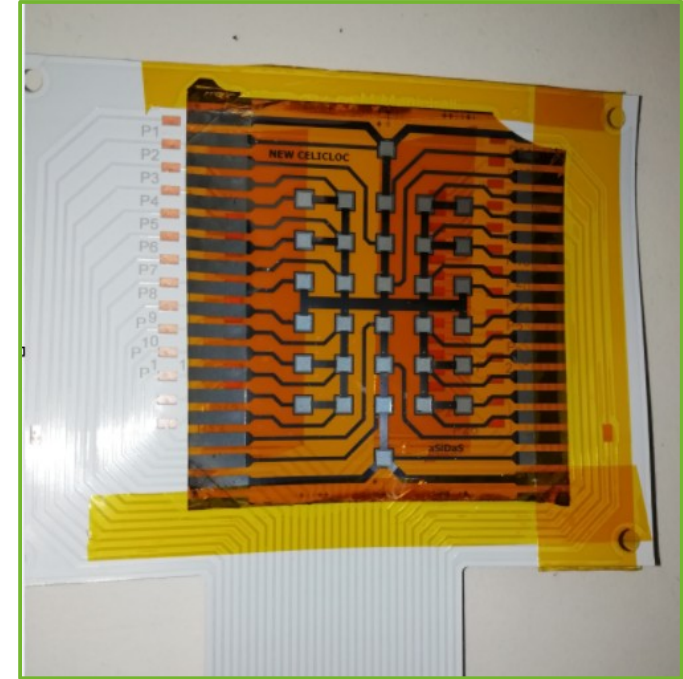
Esperimento HASPIDE: test su fasci FLASH



3° generazione appena ricevuti:

*Matrici bidimensionali di sensori depositate su kapton.
Incollate su circuito stampato su sottile supporto di kapton e connesse alle piste per il readout da parte di elettronica dedicata.*

Spessore complessivo < 0.1 mm





Esperimento HASPIDE



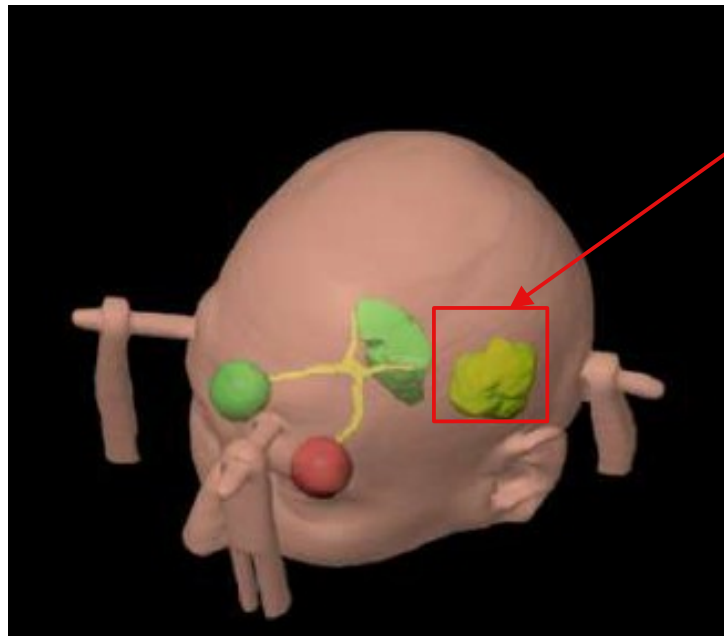
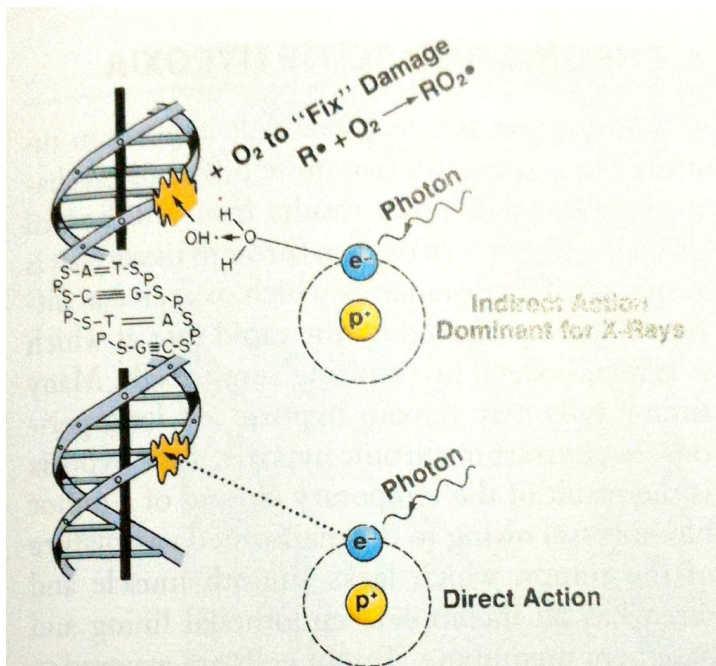
Tipologia di tesi disponibili: sperimentali

- Caratterizzazione in laboratorio (raggi X, spettroscopia)
- Caratterizzazione su fasci clinici negli ospedali (Careggi, Foligno, Perugia, Terni) e presso centri per adroterapia (CNAO, Trento)
- Calibrazione su centri di taratura LAT (COMECER -Castel Bolognese)
- Simulazione di dispositivi e comparazione con dati sperimentali.





Esperimento FOOT: Fragmentation Of Target



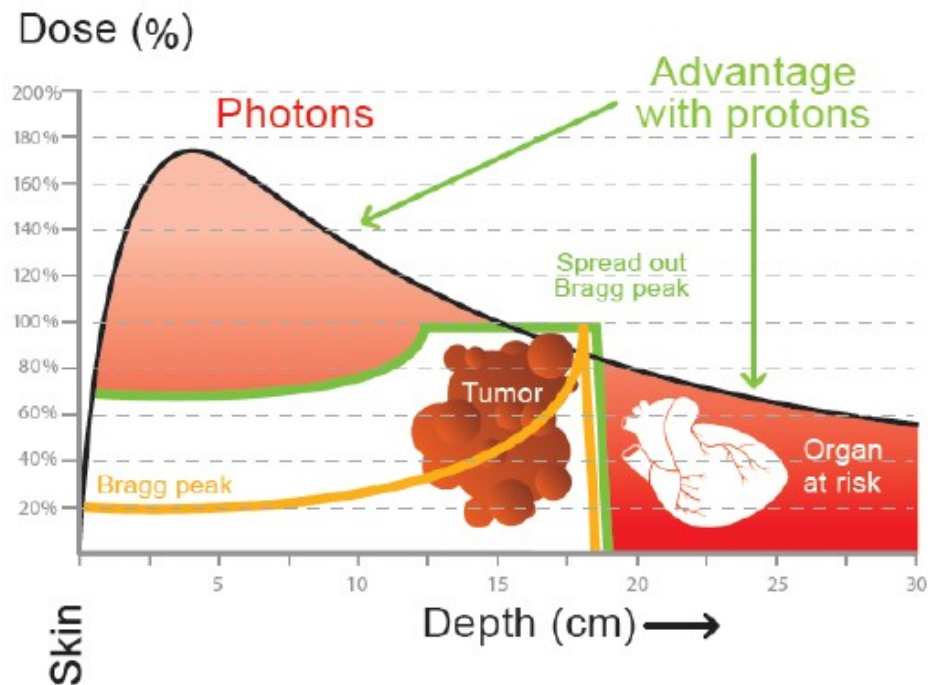
Tumore solido

Come rimuoverlo?





Esperimento FOOT: Fragmentation Of Target

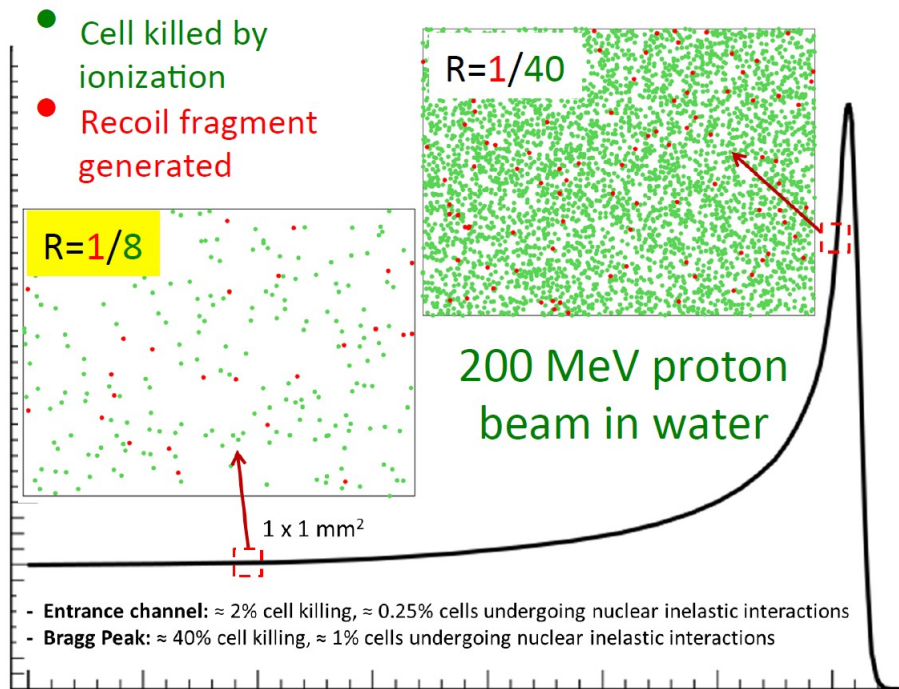


La adroterapia si basa sul fatto che le particelle cariche più pesanti degli elettroni rilasciano meno energia durante il percorso per arrivare alla zona tumorale, sono meno sottoposti a diffusione laterale e non rilasciano energia oltre una certa distanza precisamente definita dalla energia iniziale.





Esperimento FOOT: Fragmentation Of Target



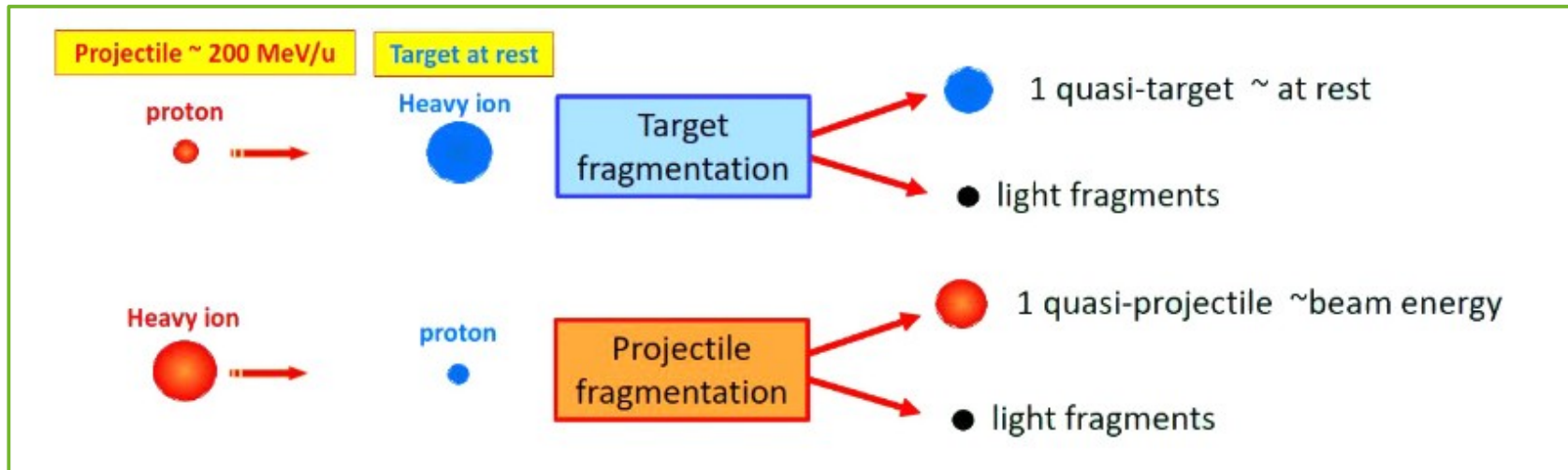
Manca una comprensione adeguata del deposito di energia nei tessuti sani antecedenti alla zona tumorale. I protoni producono anche reazioni nucleari e **occorre studiare la frammentazione dei nuclei** per capire le particelle rilasciate e il loro effetto sulle cellule circostanti.





Esperimento FOOT: Fragmentation Of Target

Tecnica della cinematica inversa



Ioni accelerati contro un bersaglio con protoni.

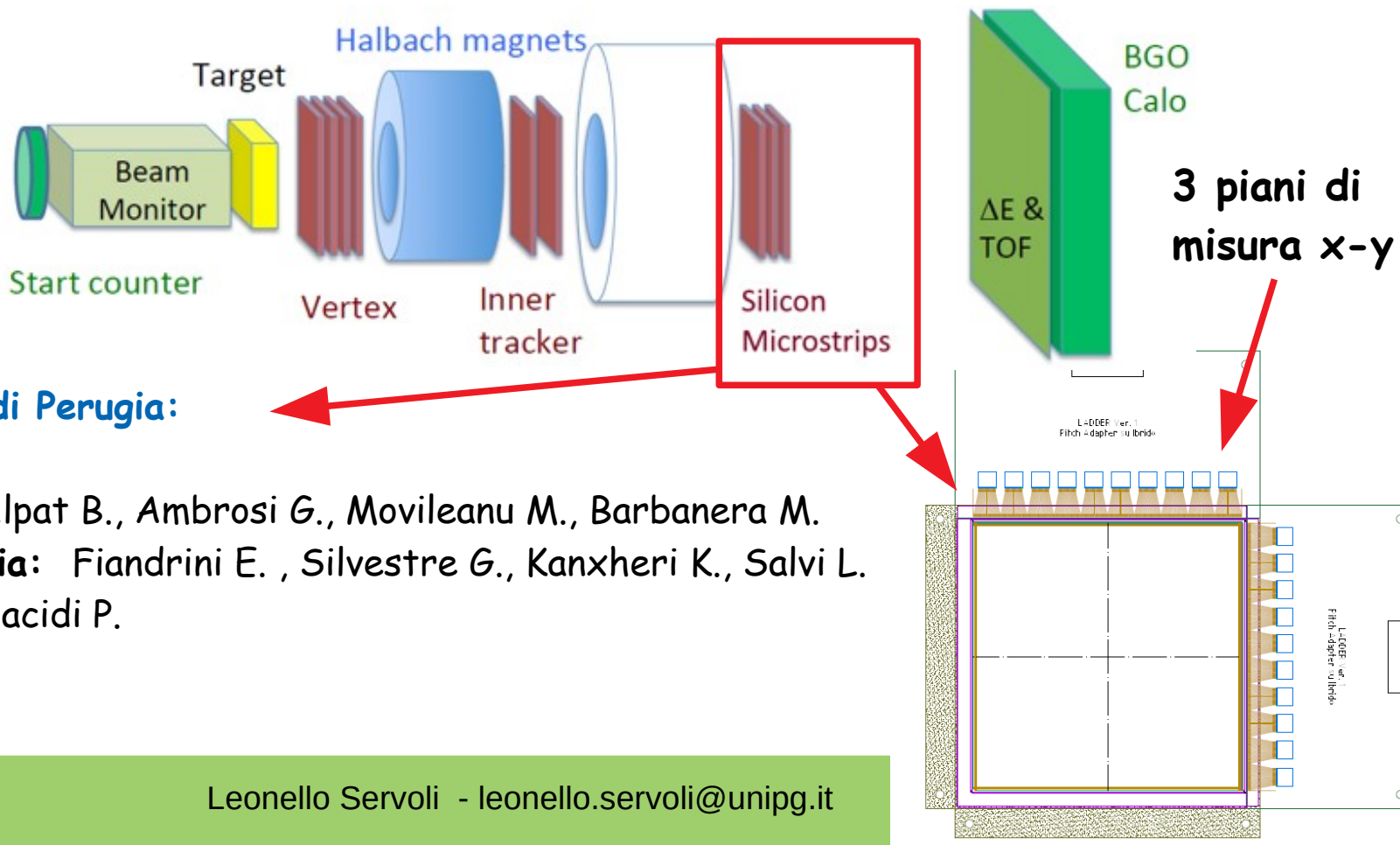
Urto con stessa energia nel centro di massa.

Stessa dinamica \rightarrow frammenti percorrono metri... \rightarrow misurabili





Esperimento FOOT: Fragmentation Of Target



10 Sezioni INFN
12 Università
~100 ricercatori

Membri del gruppo di Perugia:

INFN: Servoli L., Alpat B., Ambrosi G., Movileanu M., Barbanera M.

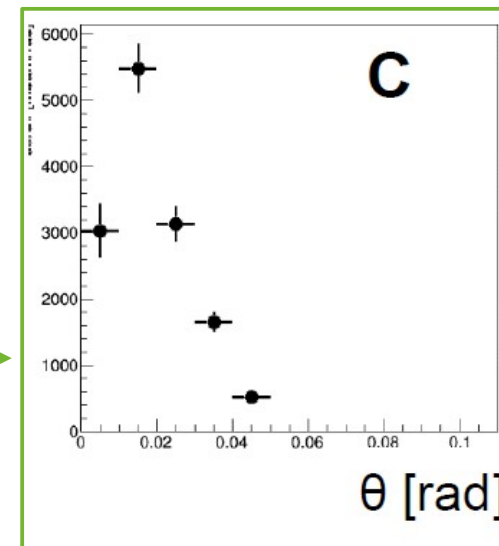
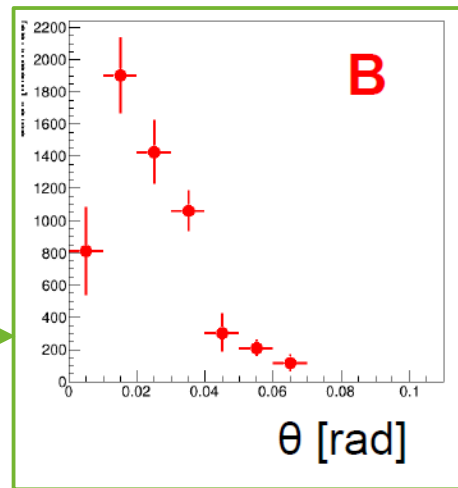
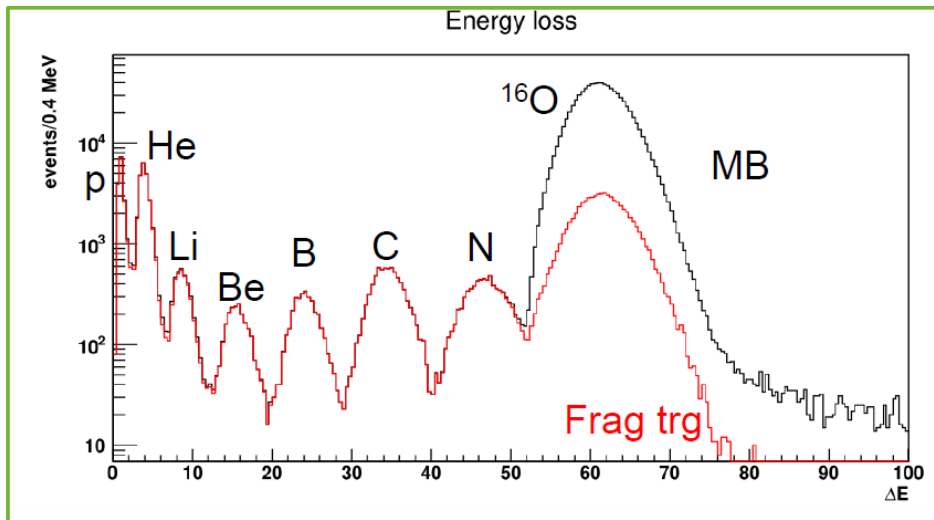
Dip. Fisica e Geologia: Fiandrini E., Silvestre G., Kanxheri K., Salvi L.

Dip. Ingegneria: Placidi P.



Esperimento FOOT: Fragmentation Of Target

Analisi preliminare dati GSI 2021 (no campo magnetico)



Risultati senza uso di MSD. Con uso di MSD dovrebbero migliorare



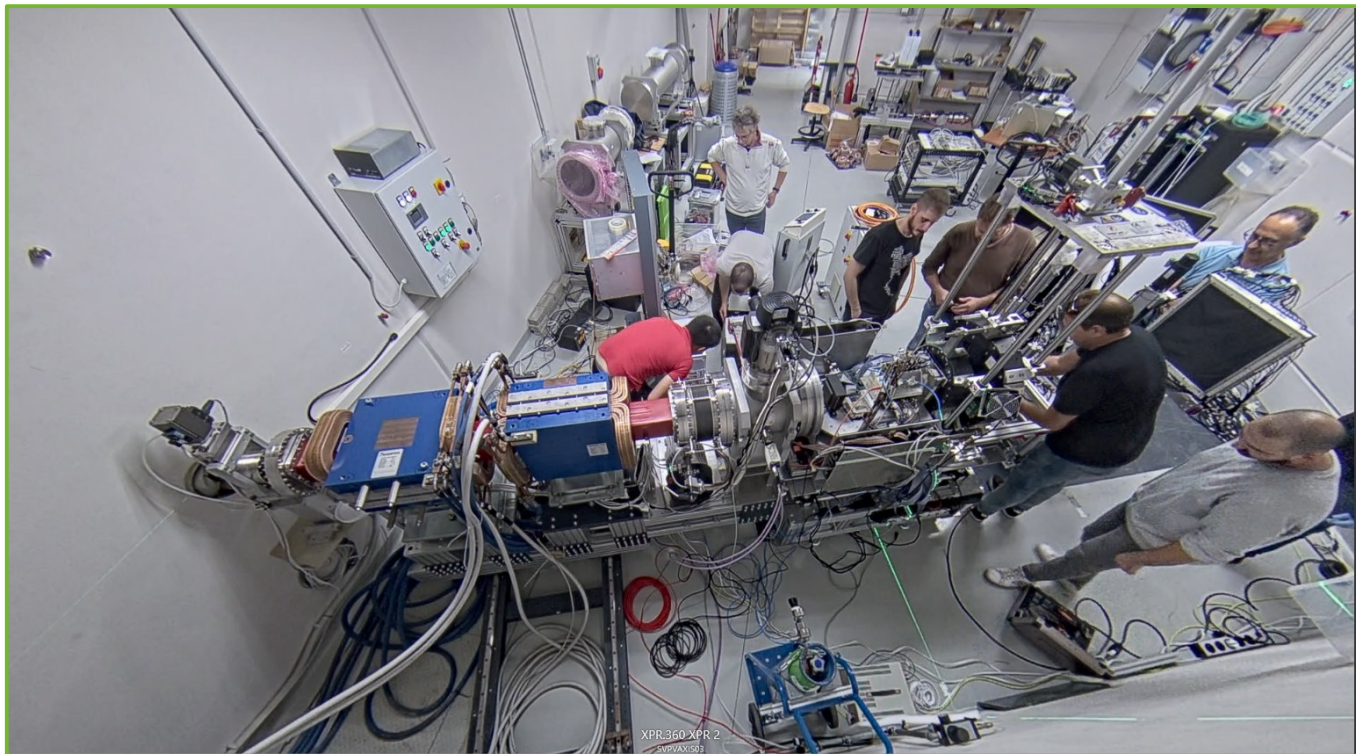


Esperimento FOOT: Fragmentation Of Target

Ultima presa dati
novembre/dicembre 2023
presso

Centro Nazionale
Adroterapia Oncologica
(CNAO - Pavia)

Stiamo analizzando i dati.
Prossima presa dati autunno
2024.



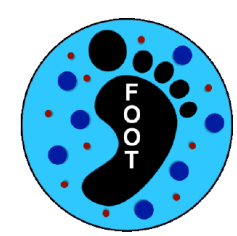


Esperimento FOOT: Fragmentation Of Target

Membri di FOOT che
Hanno partecipato alla
presa dati dell'autunno
2023 presso
Centro Nazionale
Adroterapia Oncologica
(CNAO - Pavia)

Milano, Perugia, Roma,
Strasburgo, Bologna,
Pisa, CNAO.





Esperimento FOOT: Fragmentation Of Target

Tipologia di tesi nell'esperimento FOOT: sperimentali

- 1) **Caratterizzazione sensori al silicio** usando particelle cariche di vario genere sia in laboratorio che presso acceleratori: Centro Protonterapia (Trento), CNAO (Pavia), GSI (Darmstadt), HIT (Heidelberg).
- 2) **Analisi dati dell'esperimento FOOT**, sia caratterizzazione MSD che misure di sezioni d'urto nucleari;
- 3) **Partecipazione alle prossime prese dati**: CNAO (Pavia) autunno 2024, e analisi dati relativi.
- 4) **Prevista una presa dati presso GSI (Darmstadt - Germania) in 2025. Obiettivo misure per radioprotezione nello spazio per viaggi spaziali.**



Grazie e ricordate ...

può sempre **"saltar fuori"** qualcosa di nuovo dal punto di vista di tesi di laurea. Quindi chiedete senza timori...

