

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.



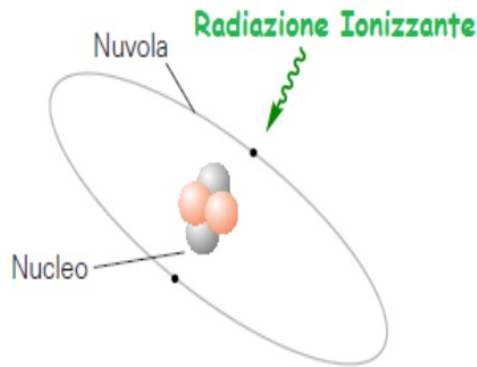
Cosa si impara in generale:

- 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;

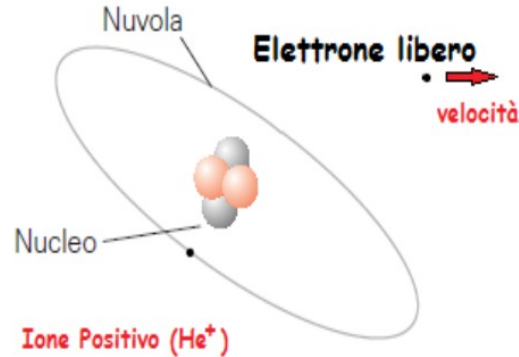


Cosa è la radiazione ionizzante?

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

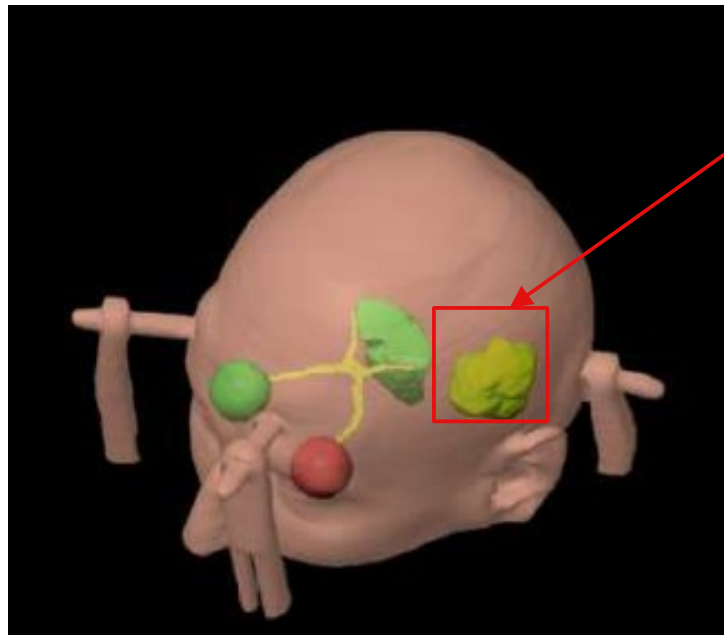
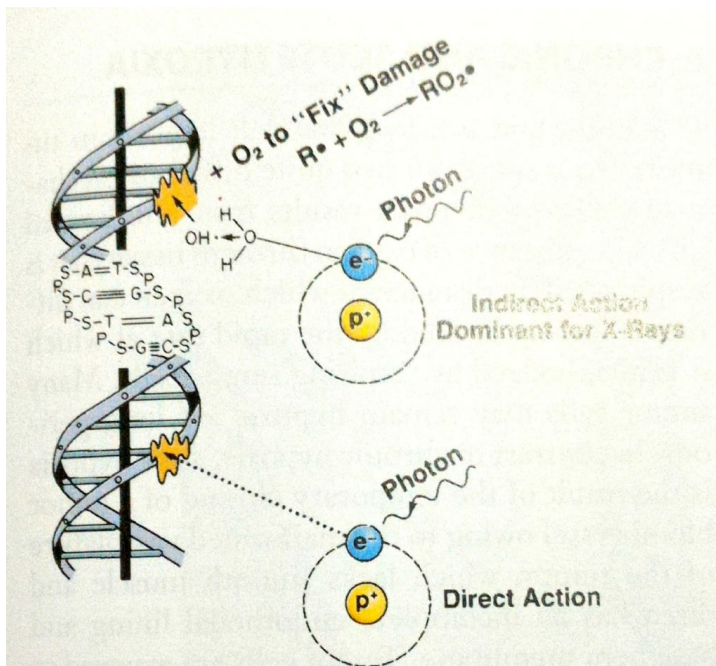
Interazione elettromagnetica per i
fotoni:

Eff. Fotoelettrico,
Scattering Compton,
Creazione di coppie

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



Esperimento FOOT: Fragmentation Of Target



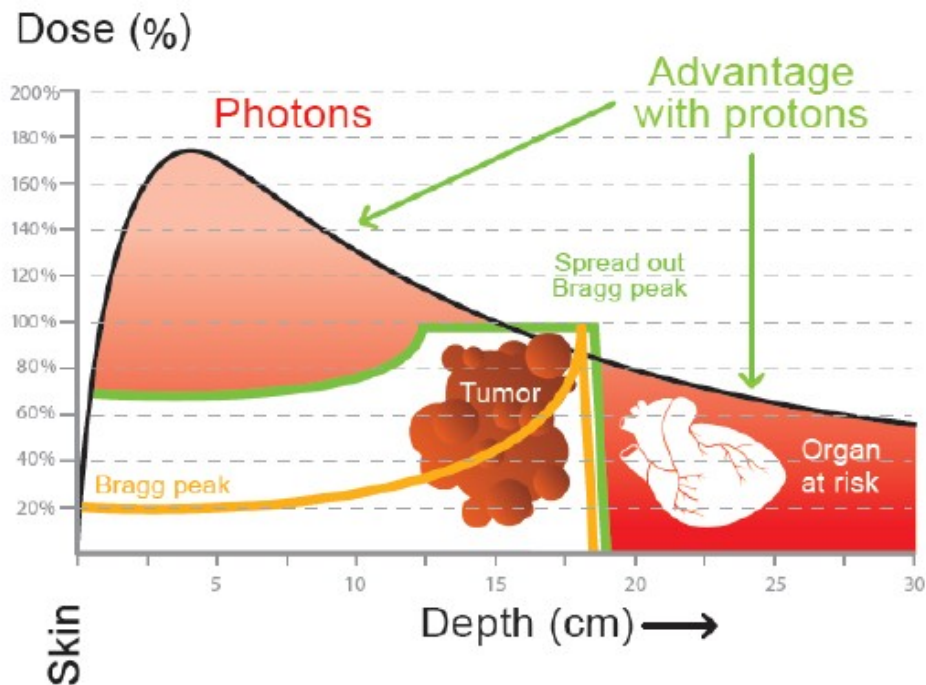
*Tumore
solido*

*Come
rimuoverlo?*





Esperimento FOOT: Fragmentation Of Target

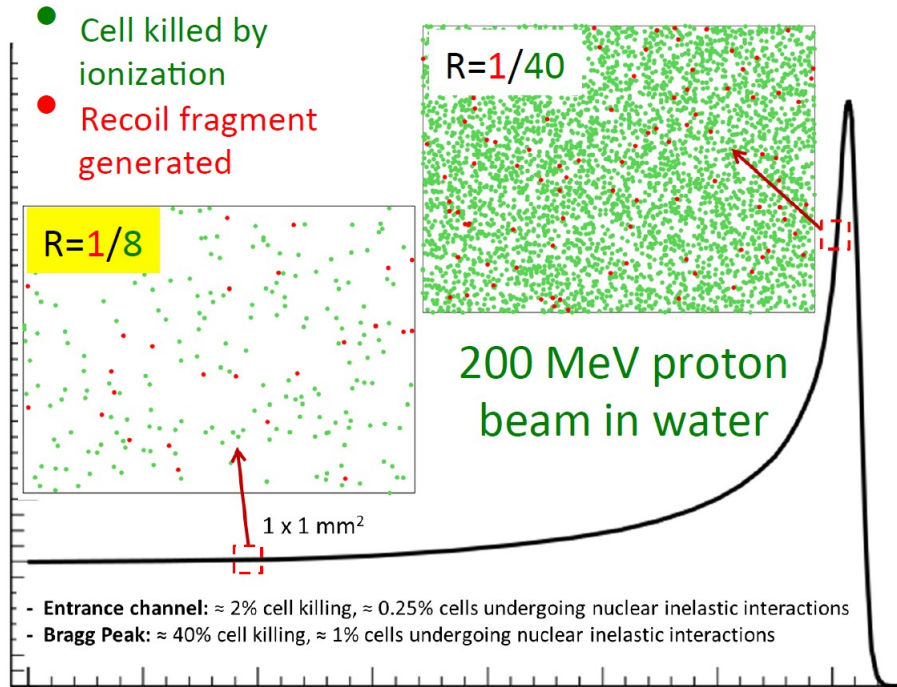


La adroterapia si basa sul fatto che le particelle cariche più pesanti degli elettroni rilasciano meno energia durante il percorso per arrivare alla zona tumorale, sono meno sottoposti a diffusione laterale e non rilasciano energia oltre una certa distanza precisamente definita dalla energia iniziale.





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

I frammenti fanno poca strada → non si riescono a misurare.

Cinematica Inversa →

Ioni accelerati colpiscono un bersaglio con protoni.

Stessa dinamica →

frammenti percorrono metri... → misurabili

Fragment	E (MeV)	LET (keV/μm)	Range (μm)
¹⁵ O	1.0	983	2.3
¹⁵ N	1.0	925	2.5
¹⁴ N	2.0	1137	3.6
¹³ C	3.0	951	5.4
¹² C	3.8	912	6.2
¹¹ C	4.6	878	7.0
¹⁰ B	5.4	643	9.9
⁸ Be	6.4	400	15.7
⁶ Li	6.8	215	26.7
⁴ He	6.0	77	48.5
³ He	4.7	89	38.8
² H	2.5	14	68.9



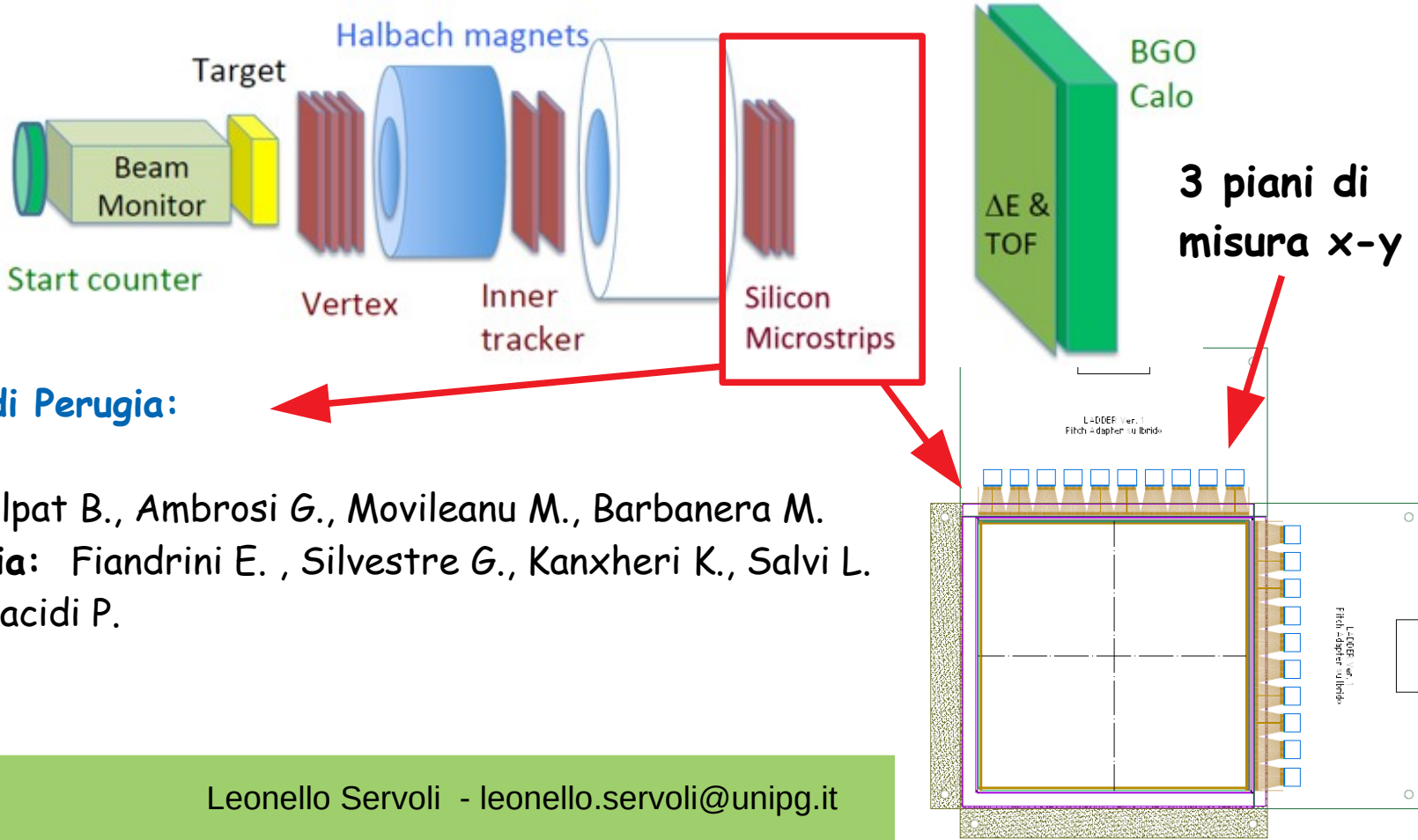


Esperimento FOOT: Fragmentation Of Target

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

Tipologia di tesi 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 2023,





Esperimento HASPIDE:



Hydrogenated Amorphous Silicon Pixel DEtectors

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

Qui viene prima l'idea di tentare di sviluppare un nuovo tipo di rivelatori per risolvere una serie di problemi, non uno solo specifico.....

*Bisogna essere perseveranti e avere le competenze giuste per prendere i conigli
→ si mette insieme una collaborazione.*





Esperimento HASPIDE:

Hydrogenated Amorphous Silicon Pixel DEtectors



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 12 istituzioni:

6 Sezioni INFN (PG, LE, FI, MI, TO, LNS)

Un. Perugia (capofila del progetto)

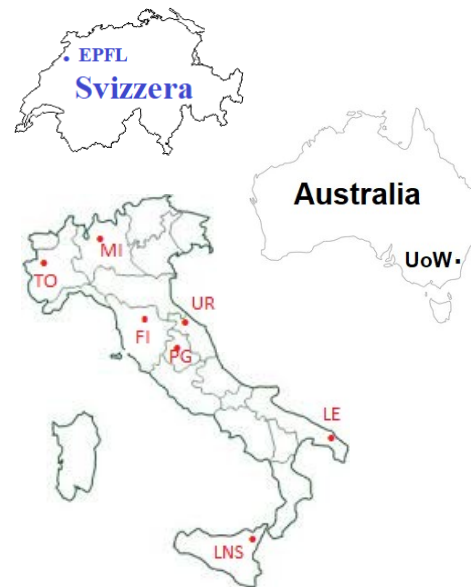
Un. Firenze

Un. del Salento

Un. Urbino

Un. Wollongong (Australia)

Ecole Polytechnique Federale de Lausanne - Neuchatel (Suisse)



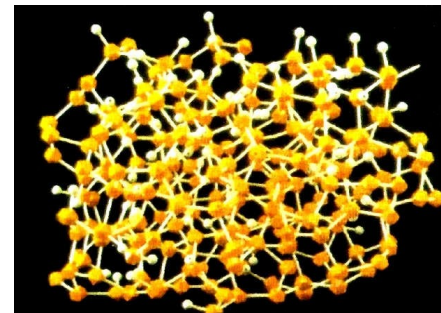


Esperimento HASPIDE



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*

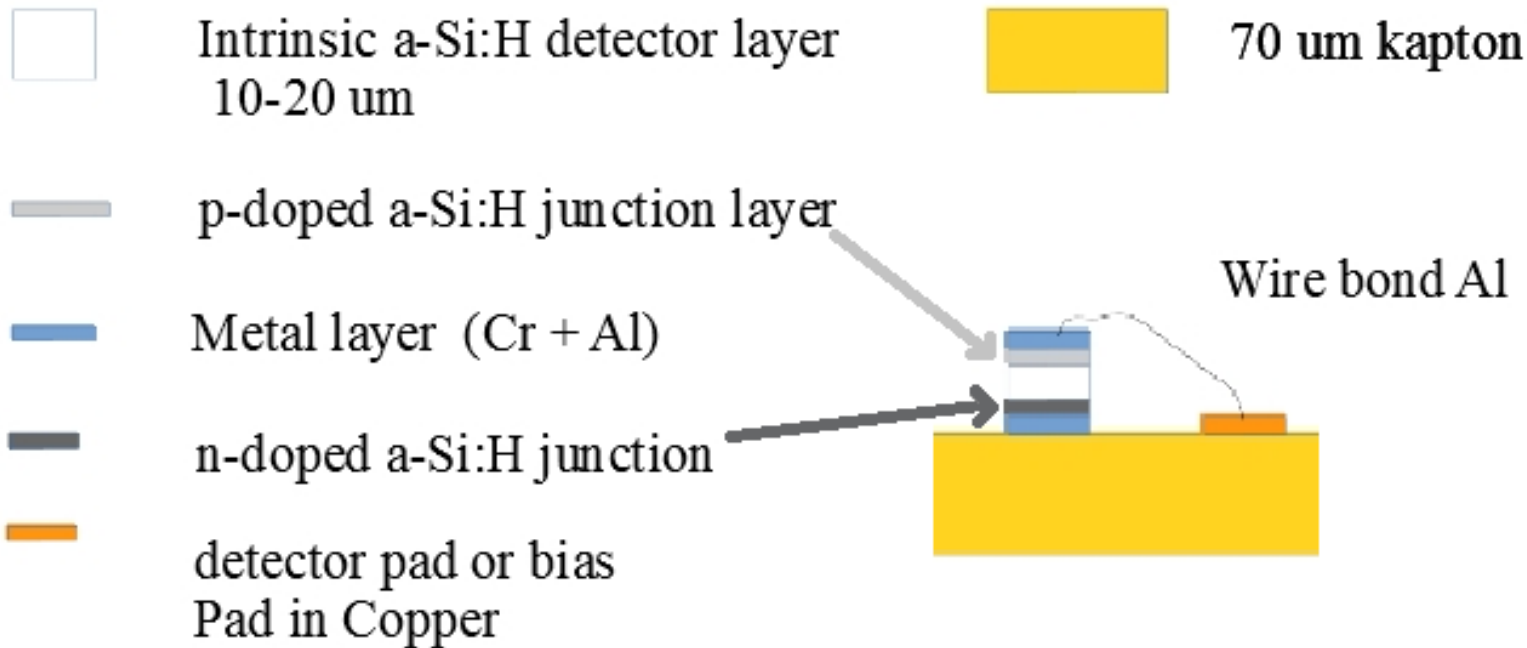


- *tecnologia di deposizione molto sviluppata (pannelli fotovoltaici, flat panel per radiografie)*
- *spessori anche molto sottili (1 - 20 μm) depositabili su vari substrati anche flessibili*





Esperimento HASPIDE



Caratteristica fondamentale: sensore sottile < 100 μm ;





Esperimento HASPIDE

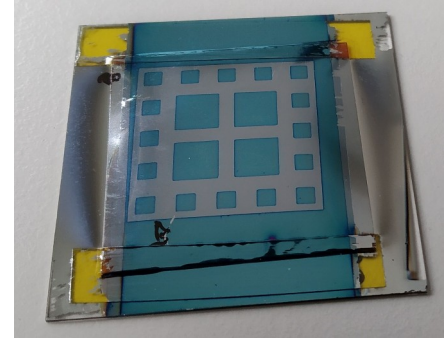
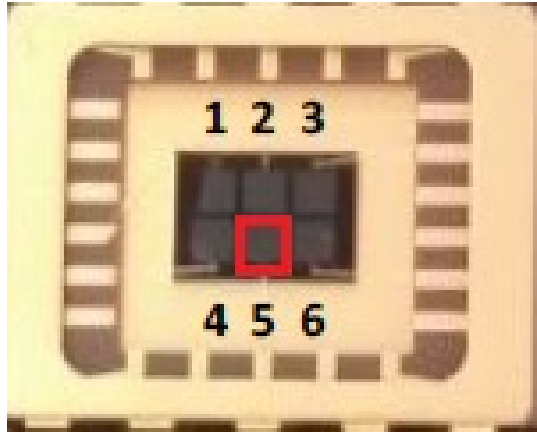


Problemi da affrontare con sensori a-Si:H

- *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



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

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*





Esperimento HASPIDE



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

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

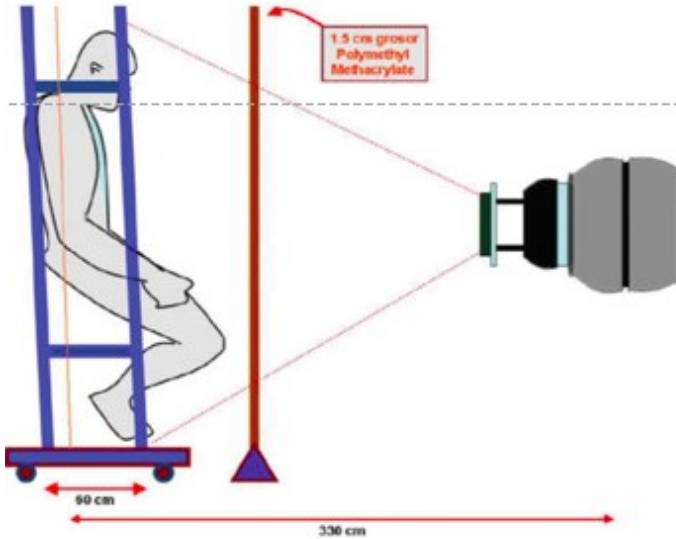
*diode trasparente
alla radiazione*



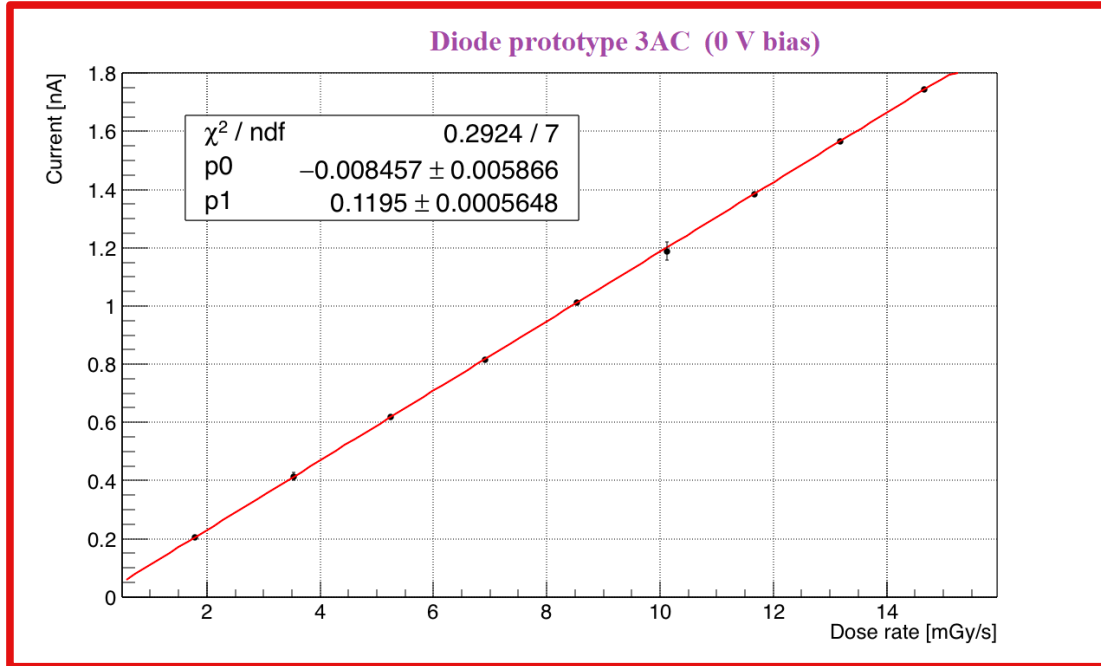
Single pixel:

Skin dosimetry

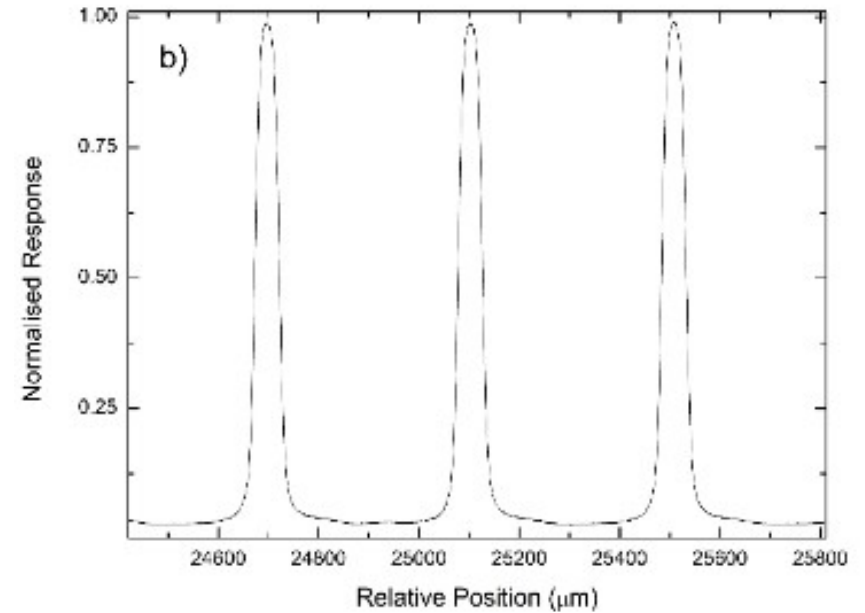
Total body irradiation in-vivo dosimetry
(several single diodes can be placed on the patient during TBI for real-time in-vivo monitoring of the dose delivered)



Esperimento HASPIDE



Linearità della risposta (~ 1% precisione relativa)



Precisione spaziale nella misura (~ 1 μm)





Esperimento HASPIDE



Tipologia di tesi disponibili: sperimentali

- Caratterizzazione in laboratorio (raggi X, spettrometria)
- Caratterizzazione su fasci clinici negli ospedali
- Calibrazione su centri di taratura LAT

- Simulazione di dispositivi e comparazione con dati sperimentali

- Studio capacità di rivelazione eventi di Space Weather Solar Emission Particles e come early warning per astronauti e popolazioni in alta quota
- Disegno di un dimostratore per la misura di SEPs.



Grazie e ricordate ...

può sempre **"saltar fuori"** qualcosa di nuovo

