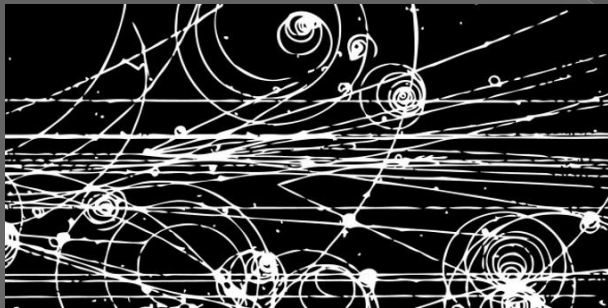


Rivelatori e radiazione in applicazioni mediche

L. Servoli, M. Biasini,
L. Alunni Solestizi, K. Kanxheri
e altri ...

Da dove veniamo? Dove andiamo?

→ **background:** è quello di sviluppo di rivelatori per fisica delle alte energie. Come applicare queste competenze a settori diversi?



→ **progetti:** come risposta ad esigenze avanzate dagli utenti (medici e fisici medici) o come applicazione di una tecnica nuova ad un problema “caldo” della ricerca internazionale.



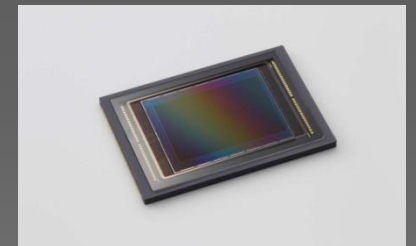
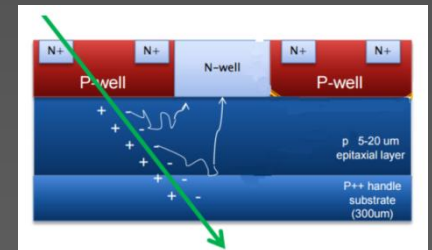
→ **collaborazioni:** sia con strutture sanitarie che con altri gruppi di ricerca (La Sapienza, IEO di Milano, ospedali regionali)
→ **Accesso** a strumentazione e infrastrutture avanzate.

Cosa imparerai? (A cosa ci servi?)

Tesi sia triennale che magistrale, a seconda delle esigenze del laureando/a, si definisce un piano di lavoro che porti risultati in tempi abbastanza certi.

Competenze acquisibili (che cosa ci guadagni?):

1. capacità di analizzare un problema e proporre soluzioni;
2. capacità di sviluppare programmi di analisi dati e maneggiare pacchetti di analisi statistica e grafica;
3. comprensione dei meccanismi di interazione radiazione-materia e caratterizzazione dei rivelatori;
4. lavoro in collaborazione con gruppi di ricerca anche esterni al Dipartimento.



Proposte ...

Tesi Disponibili: applicazioni di fisica medica

- 1) **Dosimetro wireless** di radiazione X per personale medico in procedure di Radiologia Interventistica.
- 2) **Caratterizzazione di fasci terapeutici** con sensori a semiconduttore finemente segmentati (pixel).
- 3) Sviluppo di **rivelatori a diamante** a lettura finemente segmentata per uso dosimetrico.
- 4) Sviluppo di una **sonda** per radioemettitori beta da utilizzare in operazioni di **chirurgia radioguidata**.
- 5) Studio della **dosimetria di apparecchi diagnostici** nelle Aziende Sanitarie ed Ospedaliere della Regione.

Chirurgia radioguidata

Tecnica che aiuta il personale medico a verificare la completa rimozione di residui tumorali durante l'intervento

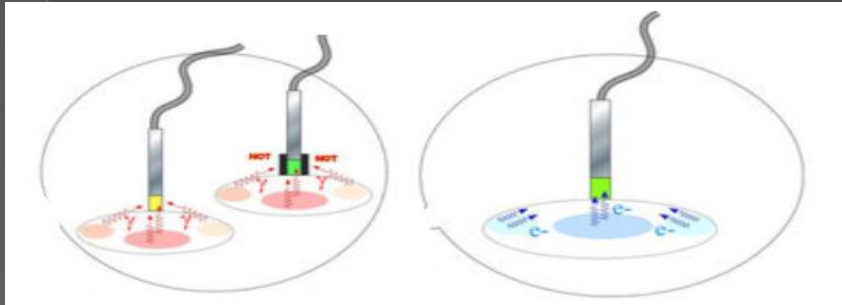


1. Assunzione **radiofarmaco**,
2. **Captazione** da tessuto malato da 4 a 30 volte maggiore che da tessuto sano,
3. **Sonda** (pen-shape) che distingue un segnale (residuo di tumore) dal fondo (emissione tessuto sano).

Vantaggi:

- ✓ risoluzione al mm, supporto all'ispezione visiva,
- ✓ minimizza tessuto sano rimosso,
- ✓ riduce la probabilità di ricorrenza del tumore.

Emettitori e sonde



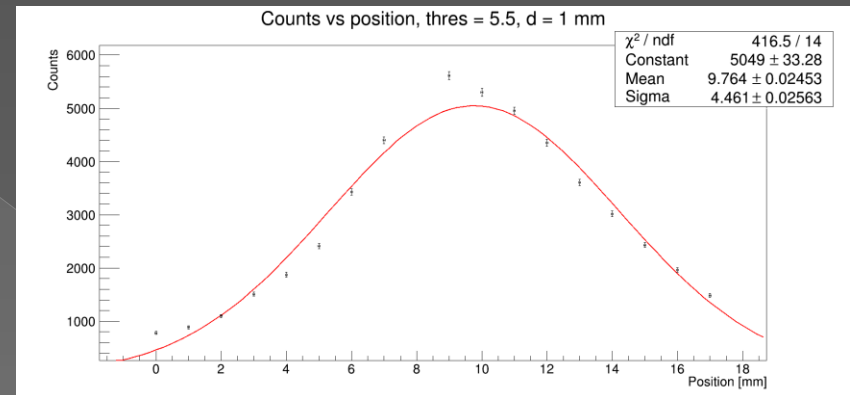
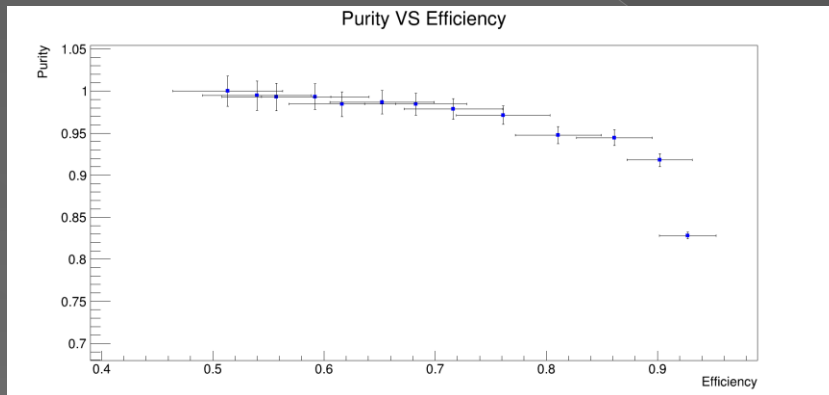
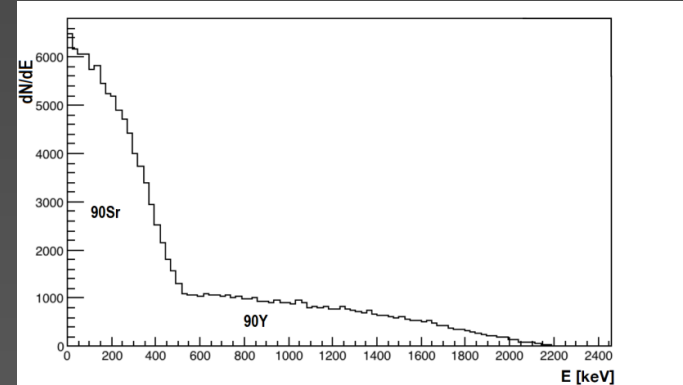
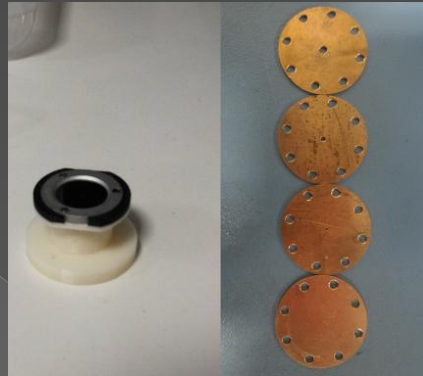
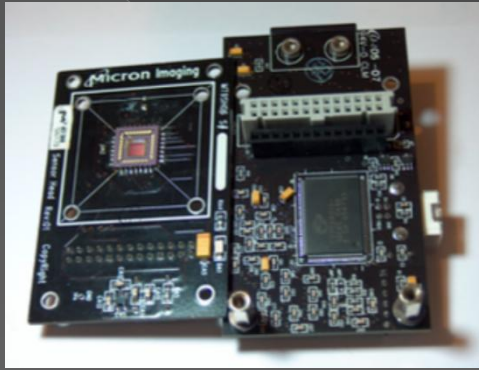
- γ molto penetranti, fondo significativo da tessuto sano circostante ed esposizione del personale medico ad alta dose di radiazione
- β^+ breve cammino, annichilano a riposo con gli elettroni circostanti, producendo due fotoni a 511 keV. Anche qui fondo e dose da somministrare elevati.
- β^- breve cammino, implica rapporto segnale fondo più favorevole. Sola contaminazione del segnale da fotoni di bremsstrahlung.

Prototipo di sonda:
cristallo scintillante di para-
terfenile, 3 mm di altezza e
5 mm di diametro (test ex
vivo su tessuti)



Alternativa:
un sensore per immagini
CMOS, molto efficiente per
elettroni, minore efficienza
per fotoni, grazie al piccolo
spessore attivo (4 μm)

Prestazioni del CMOS



Varie necessità di misure e analisi dati:

Varie sorgenti: raggi X, 90Y e 90Sr emettitori β^- , 18F emettitore β^+

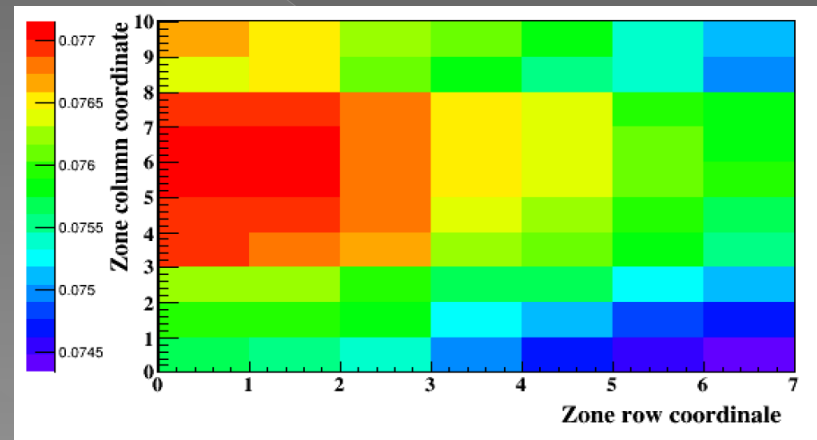
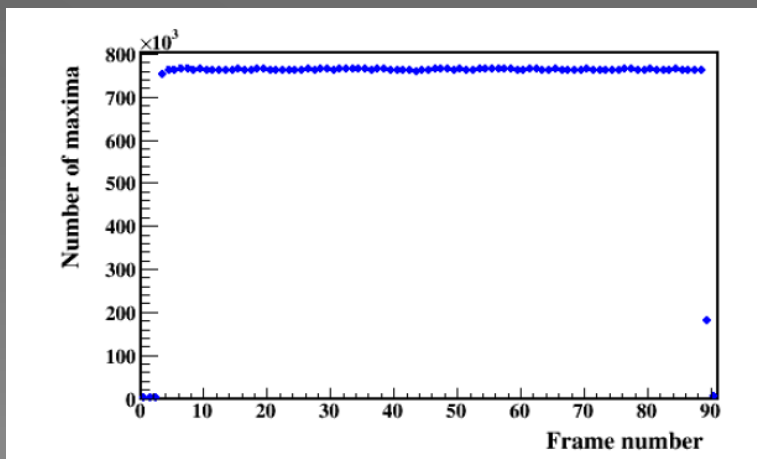
Caratterizzazione sensori: ottimizzare soglia del singolo pixel, calibrazione ADC/keV, stima di efficienza e purezza, scan in posizione orizzontale e verticale, utilizzo di collimatori per variare la geometria della sorgente o di filtri per assorbire intervalli di E dello spettro

Caratterizzazione di fasci di radiazione ionizzante

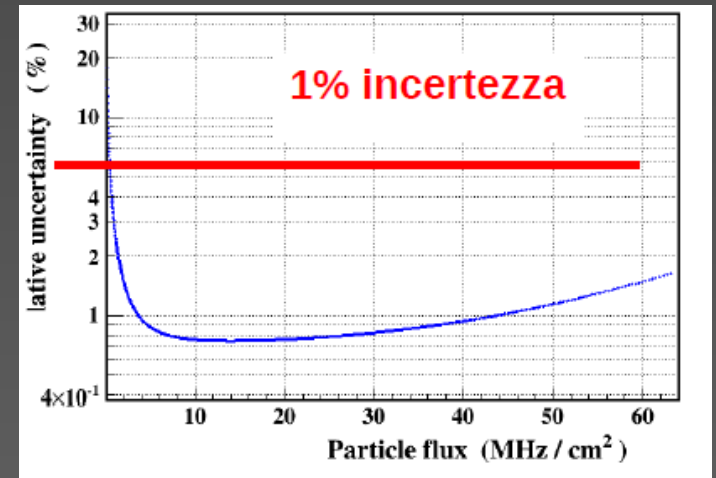
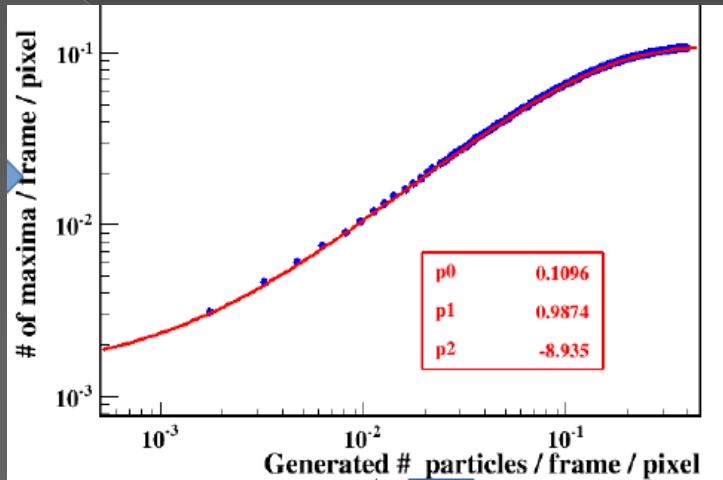
Misurazione precisa di forma, flusso, energia dei fasci, di radiazione ionizzante, dipendenza nel tempo (particelle cariche, fotoni di varia energia).

1. Simulazione
2. Misura sperimentale
3. Comparazione e validazione

La misura di **alto flusso** e con **piccoli campi** pone varie sfide. L'alta segmentazione del CMOS consente di apprezzare le eventuali variazioni di flusso, dividendo la superficie sensore in aree più piccole.



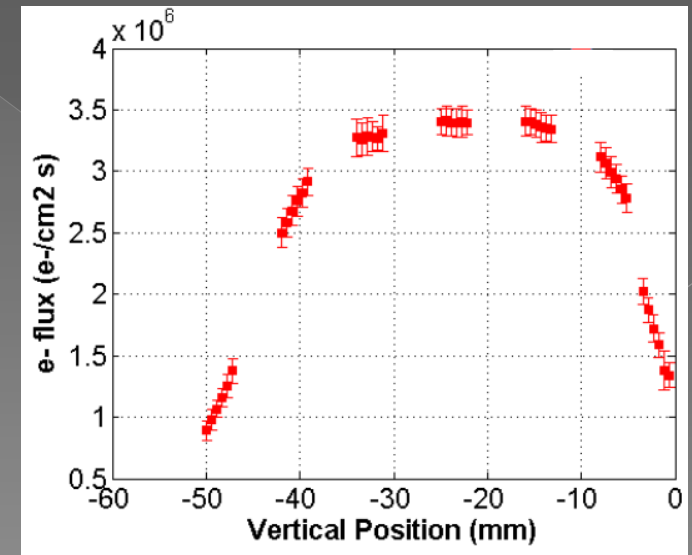
Caratterizzazione di fasci con CMOS



Si fa una **calibrazione non lineare** e si stima l'errore ad essa associato.

Occorre muovere un sensore per coprire una superficie abbastanza grande.

Precisione richiesta nella misura della dose totale **~1%** e implica lo stesso limite di incertezza sulla misura del flusso centrale, < 5% nella parte laterale del fascio.

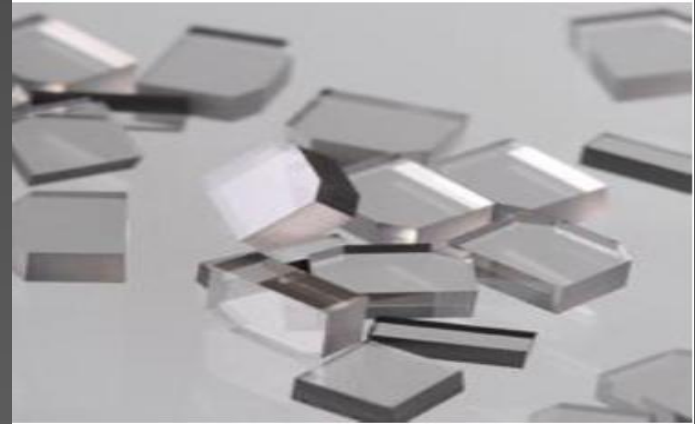


Sensori in diamante

Diamante CVD per dispositivi elettronici



Perché il diamante??

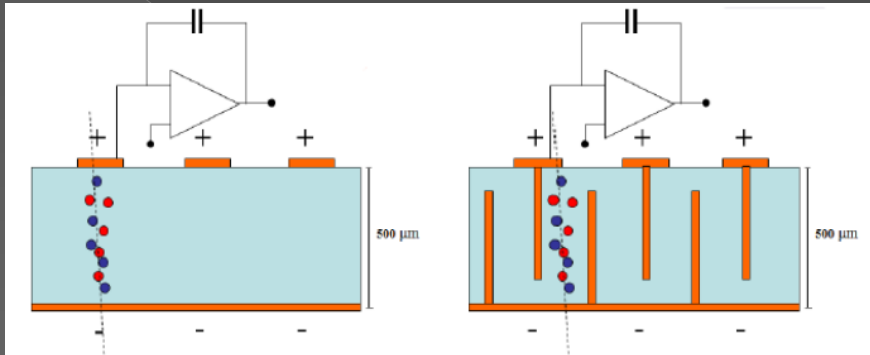


Nessun materiale è comparabile con il diamante per le sue proprietà meccaniche, elettriche, ottiche e chimiche.

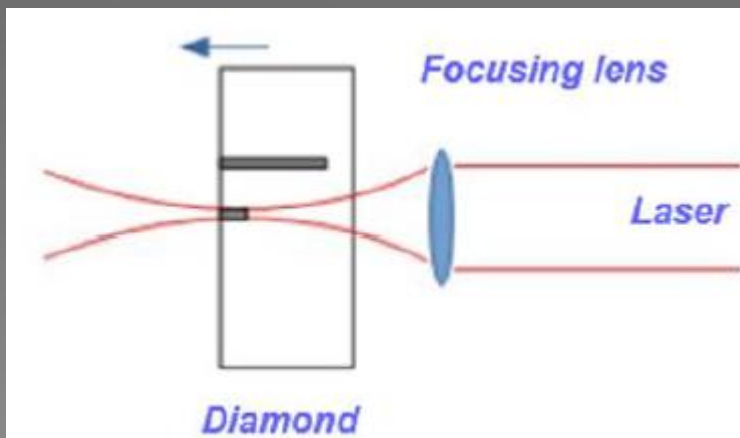
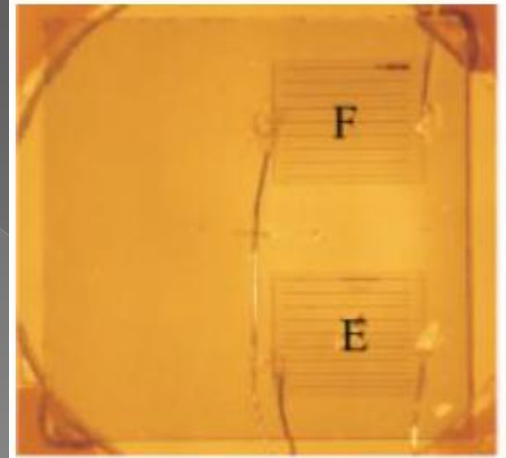
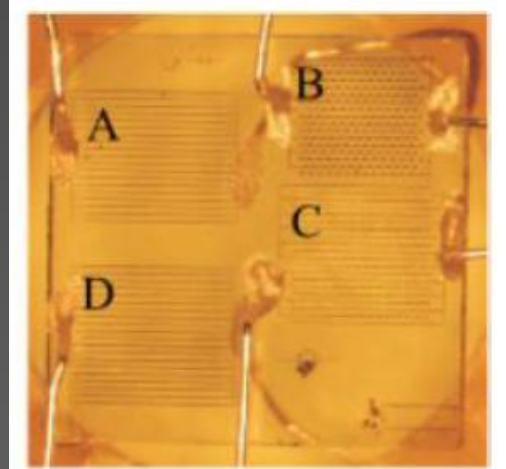
- Alta sensibilità alla radiazione
- Resistente alla radiazione
 - Tessuto equivalente

Sensori in diamante 3D

Prototipi realizzati



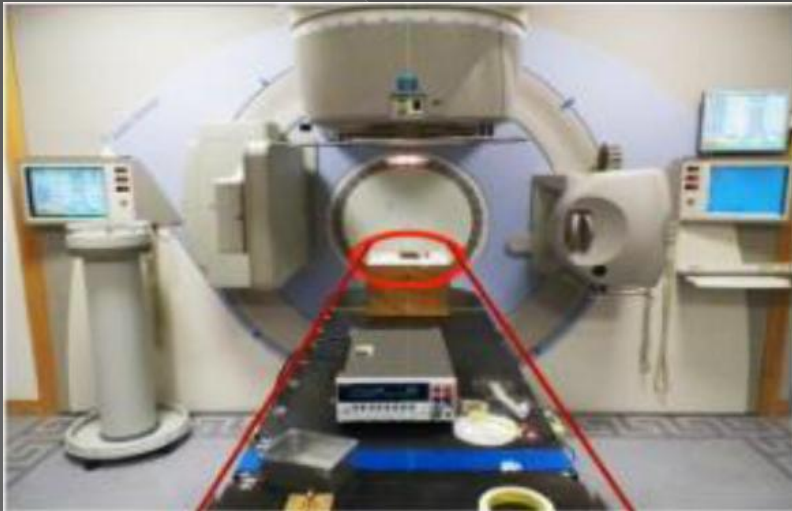
- Cammino ridotto dei portatori nei sensori 3D
- Minore tensione di polarizzazione
- Maggiore efficienza di raccolta di carica
- Maggiore resistenza alla radiazione



Grafitizzazione

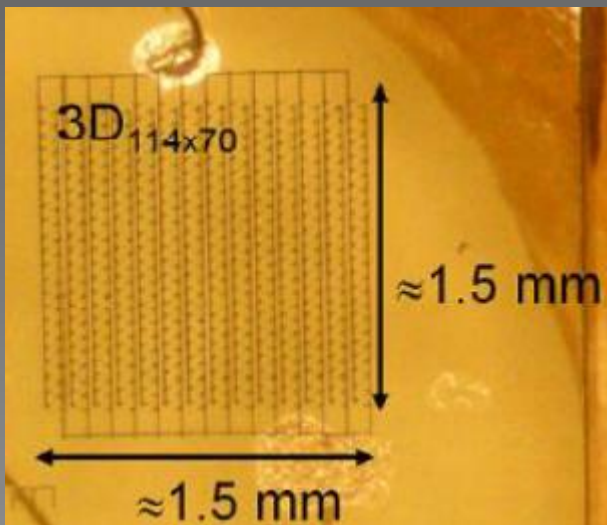
sia superficiale
che colonnare
con laser impulsati

Sensori in diamante 3D per dosimetria di fasci terapeutici



Obiettivi:

- Misurare con precisione i campi radioterapeutici ad alto gradiente
- Misurare la forma del fascio terapeutico, senza dover muovere fascio o rivelatore per fare la mappatura.
- Rivelatore preciso nella misura della dose a circa l' 1%
- Rivelatore con una risposta indipendente da rateo di dose

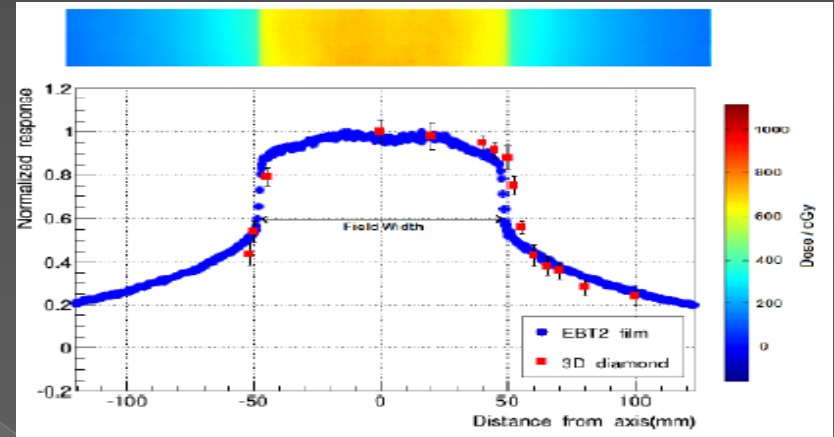


Ospedali: 'Santa Maria della Misericordia', Perugia; 'Careggi', Firenze; 'San Giovanni Battista', Foligno; 'Santa Maria', Terni; Citta di Castello

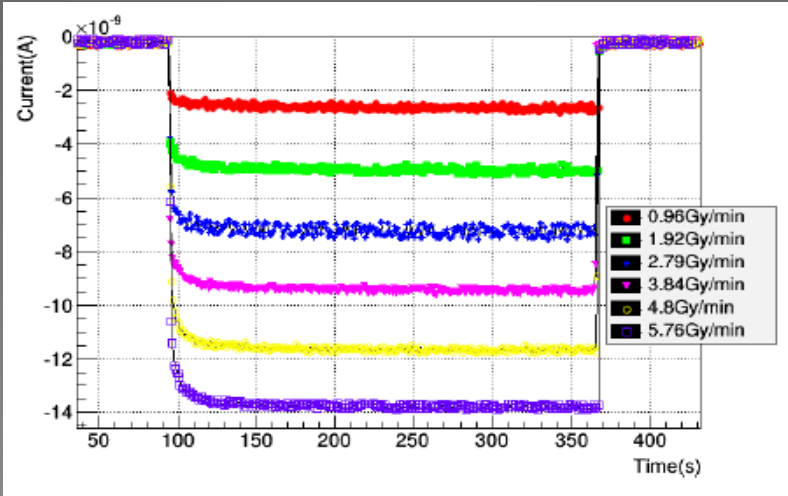
Esperimento 3 Dose



Profilo di un fascio di fotoni a 6 MeV



Dipendenza dal rateo di dose



Dose assorbita in funzione della profondità

