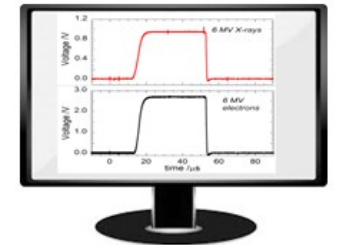
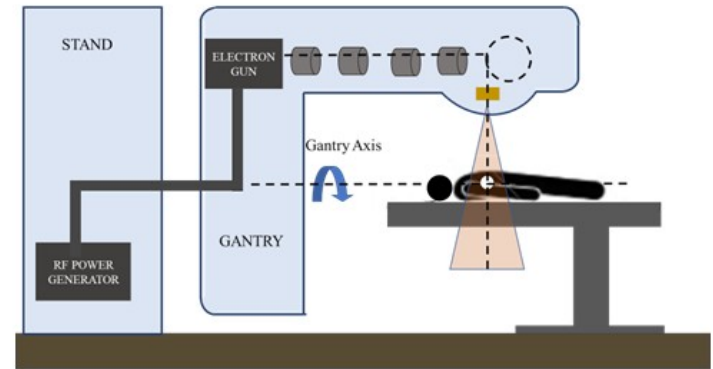


Sara Pettinato

Università degli Studi Niccolò Cusano
Roma



Sistema di rivelazione innovativo per il monitoraggio real-time impulso per impulso dei fasci di fotoni ed elettroni usati in radioterapia



Il gruppo di lavoro



Dott.ssa Sara Pettinato, PhD
Università degli Studi Niccolò
Cusano, Roma



Dott.ssa Antonella Stravato, PhD
Azienda Ospedaliera «San
Giovanni-Addolorata», Roma



Prof. Stefano Salvatori, PhD
Università degli Studi Niccolò
Cusano, Roma



Ing. Marco Girolami, PhD
Istituto di Struttura della Materia,
CNR, Montelibretti (RM)



Prof.ssa Maria Cristina Rossi, PhD
Università Roma Tre, Roma

Ambito

- L'evoluzione delle tecniche radioterapiche pone sempre nuove e più difficili sfide dosimetriche. Se da un lato è necessario disporre di dosimetri con elevata risoluzione temporale e spaziale, dall'altra inizia a diventare necessaria un'adeguata elettronica per il condizionamento del segnale di fotocorrente generato dai dosimetri (si consideri ad esempio l'emergente tecnica FLASH).

Stato dell'Arte

- Attualmente i fisici medici per le misure di dose usano le camere a ionizzazione abbinata a elettrometri che però non consentono di avere l'informazione della dose rilasciata dal singolo impulso (**assolutamente** necessaria per l'emergente tecnica radioterapica FLASH).

Idea

- Il lavoro propone un innovativo sistema di rivelazione basato su un dosimetro in diamante accoppiato a una elettronica di front-end/read-out sincronizzata con la sorgente in grado di garantire il monitoraggio impulso per impulso dei fasci di radiazione (fotoni ed elettroni). L'elettronica sfrutta il segnale di sincronismo disponibile alla console di controllo del LINAC per effettuare la misura del segnale di fotocorrente del dosimetro soltanto in un intervallo di tempo attorno al singolo impulso (**integrazione sincrona**), risultando maggiormente immune al segnale di background e garantendo un elevato rapporto segnale/rumore.

TGCOM24

MEDIASET Venerdì 24 Dicembre

Tgcom24 | Cronaca

23 NOVEMBRE 2021 12:28

Perugia, radioterapia più del prescritto su un bambino di 6 anni: due a processo

Secondo la ricostruzione del pm, la terapia avrebbe provocato nel minore una patologia cerebrale. L'ipotesi di lesioni personali colpose

≡ **PERUGIA TODAY**

CRONACA

Radioterapia in dosi eccessive su bimbo di 6 anni, due medici sotto processo

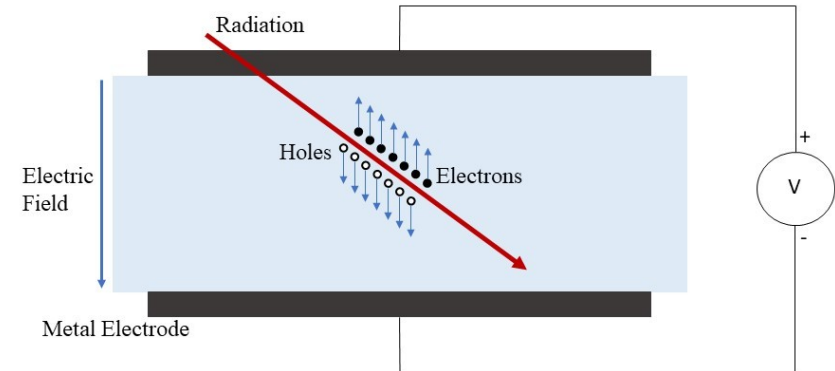
il Fatto
Quotidiano.it

Danni cerebrali per un bambino per eccesso di radioterapia, citati in giudizio due medici a Perugia

Dosimetro in Diamante

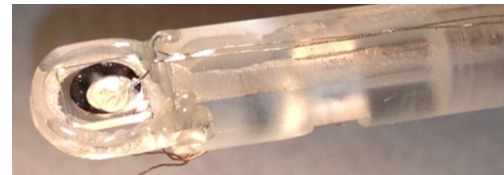
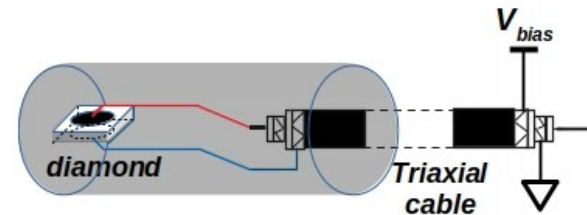
Il diamante è considerato un materiale particolarmente adeguato per la realizzazione di dosimetri a stato solido per la RT, grazie alle sue peculiari caratteristiche fisico-chimiche:

- ✓ Densità atomica: atomi/;
- ✓ **Acqua equivalente (Z=6);**
- ✓ **Risposta lineare con la dose e il dose-rate;**
- ✓ **Resistenza al danno da radiazione (fino a 10 MGy);**
- ✓ Bassi livelli di corrente di buio (< 1 pA);
- ✓ **Tempo di risposta dell'ordine del ns;**
- ✓ Elevata sensibilità (18-164 nC/Gy/).



La tecnica di sintesi **Chemical Vapor Deposition (CVD)** ha promosso l'uso del diamante per:

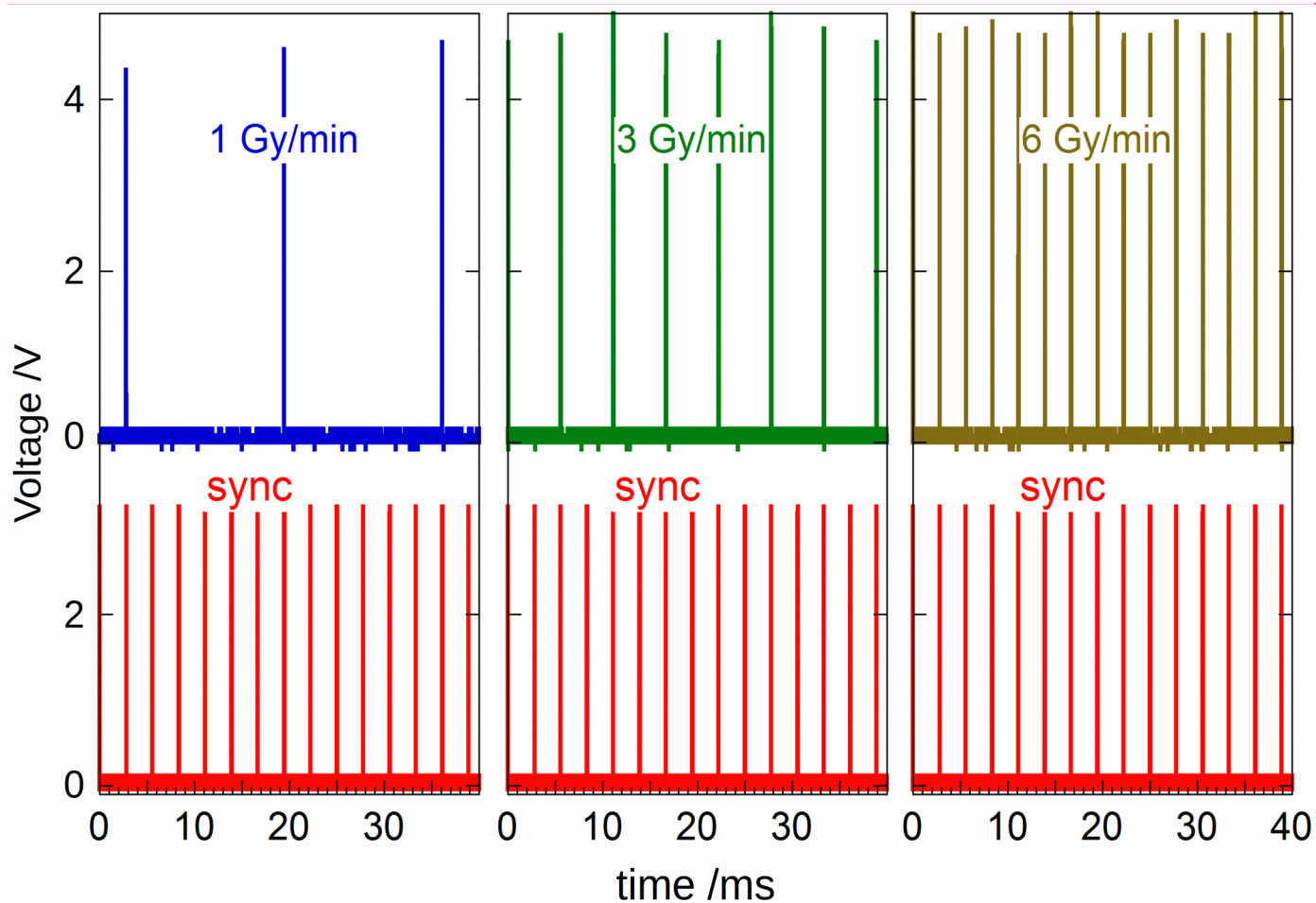
- 👍 per le eccellenti qualità del materiale depositato;
- 👍 riduzione dei costi di produzione del diamante.



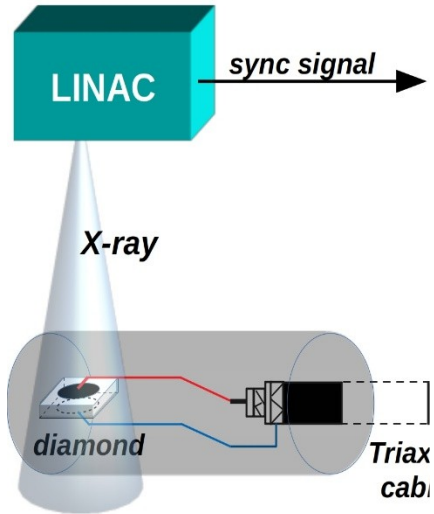
LINAC

Il LINAC genera impulsi sincronizzati con il segnale di **Sync**.

Per mantenere il DR voluto, l'apparato sopprime periodicamente alcuni impulsi.

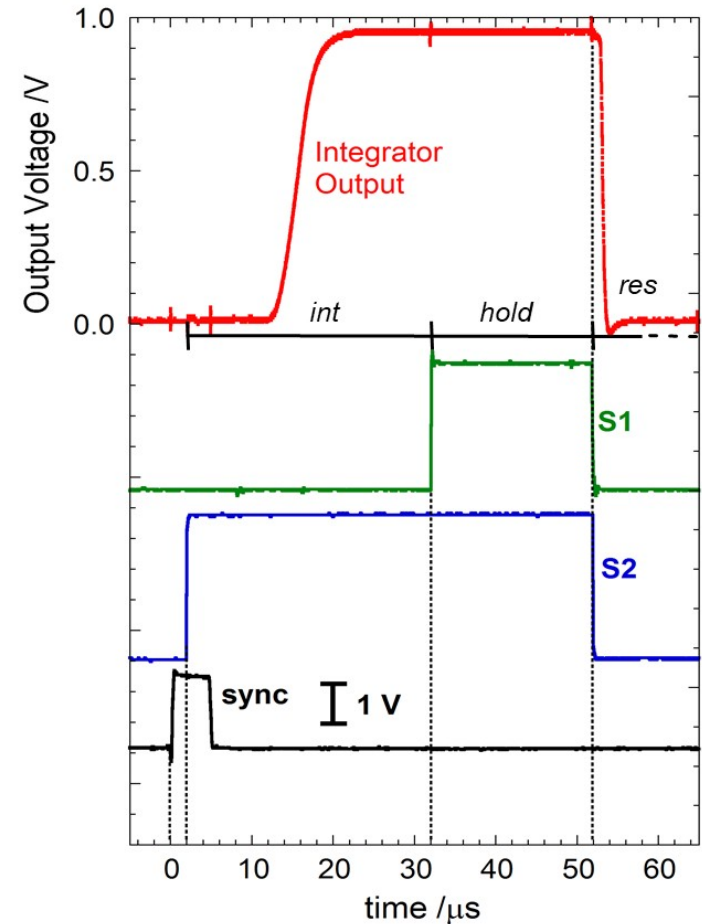


Elettronica sincronizzata



L'elettronica di front-end si basa su un **integratore** di precisione disponibile su chip.

Il sistema risulta quindi particolarmente compatto e un **microcontrollore** gestisce l'intera tempistica per le misurazioni e il trasferimento dei dati verso un personal computer.



Esempio: l'integrazione inizia 2 μ s dopo il fronte positivo del segnale di **sync**.

Il periodo di integrazione è pari a 30 μ s, il periodo di hold è pari a 20 μ s.

Caratterizzazione sul campo

LINAC (Varian Clinac iX):

6 MV, 18 MV; DR nell'intervallo 1 - 6 Gy/min.

Elettronica di front-end/readout:

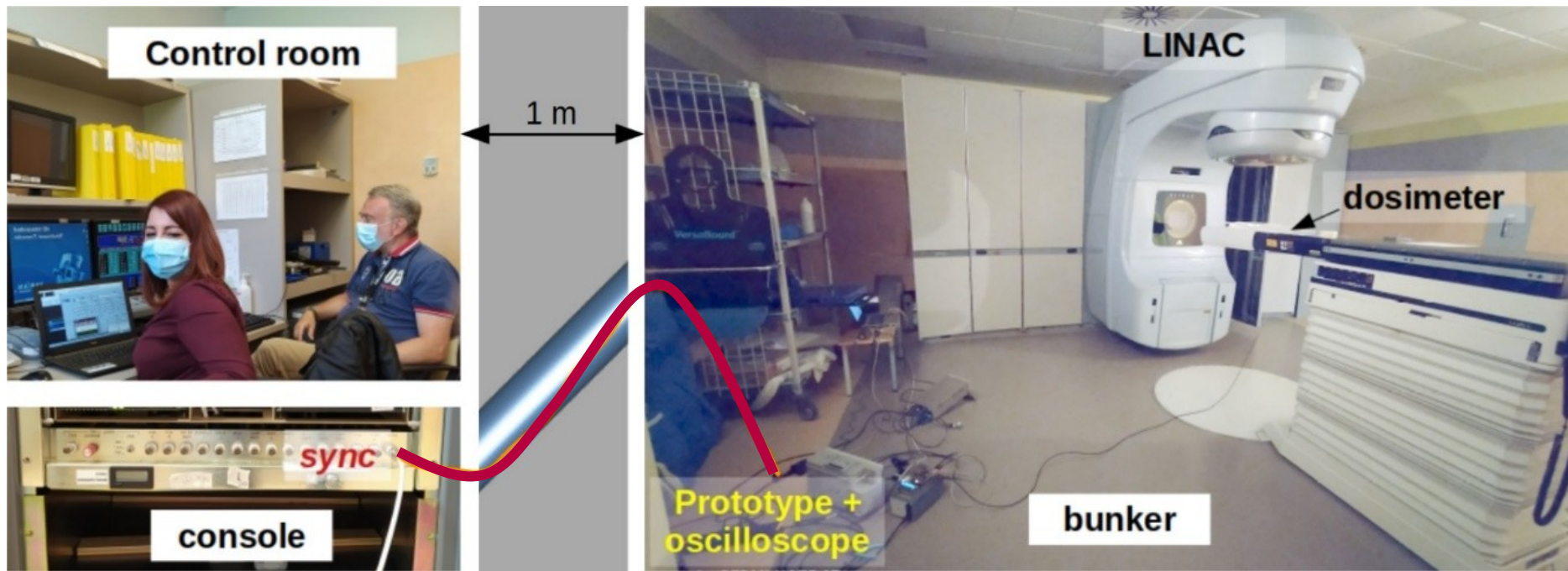
nel bunker del Linac;

Labview VI per i comandi e il trasferimento dati

Dosimetro:

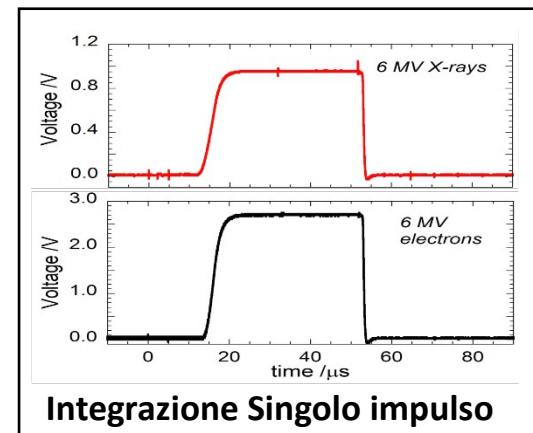
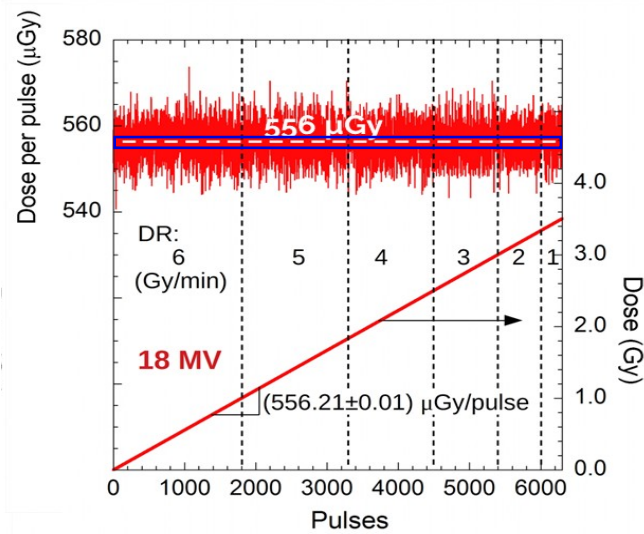
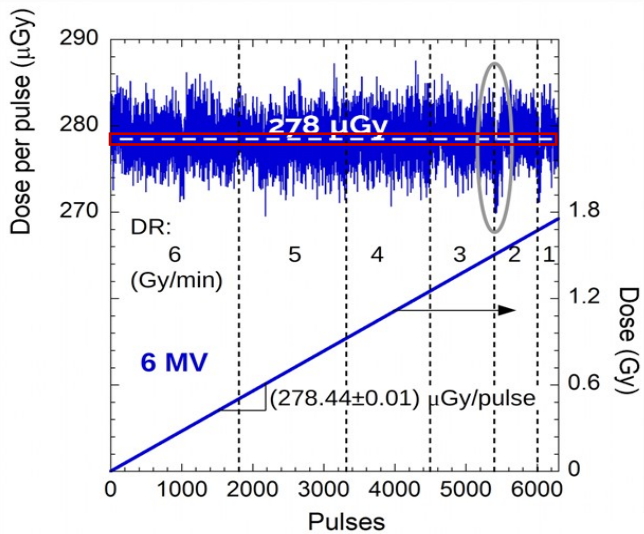
all'isocentro del LINAC;
fantoccio in plexiglass;

$V_{\text{bias}} = 10 \text{ V}$.



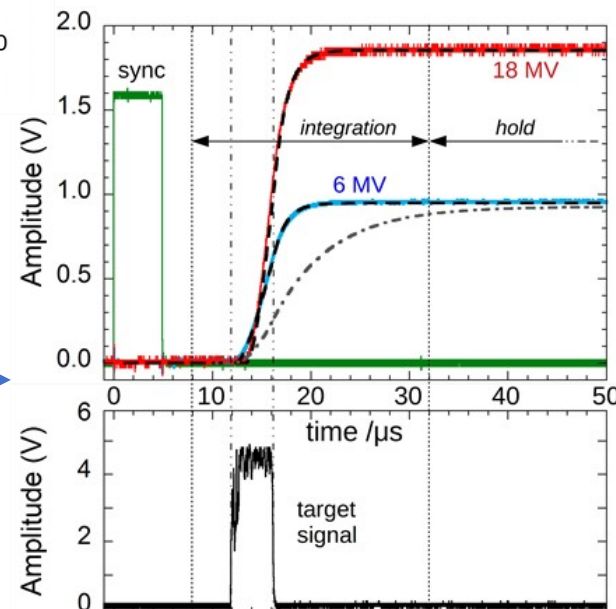
Risultati (1)

Il sistema ha permesso di misurare valori di dose per impulso pari a **278 μGy** e **556 μGy** per i fotoni a **6 MeV** e **18 MeV**, rispettivamente.



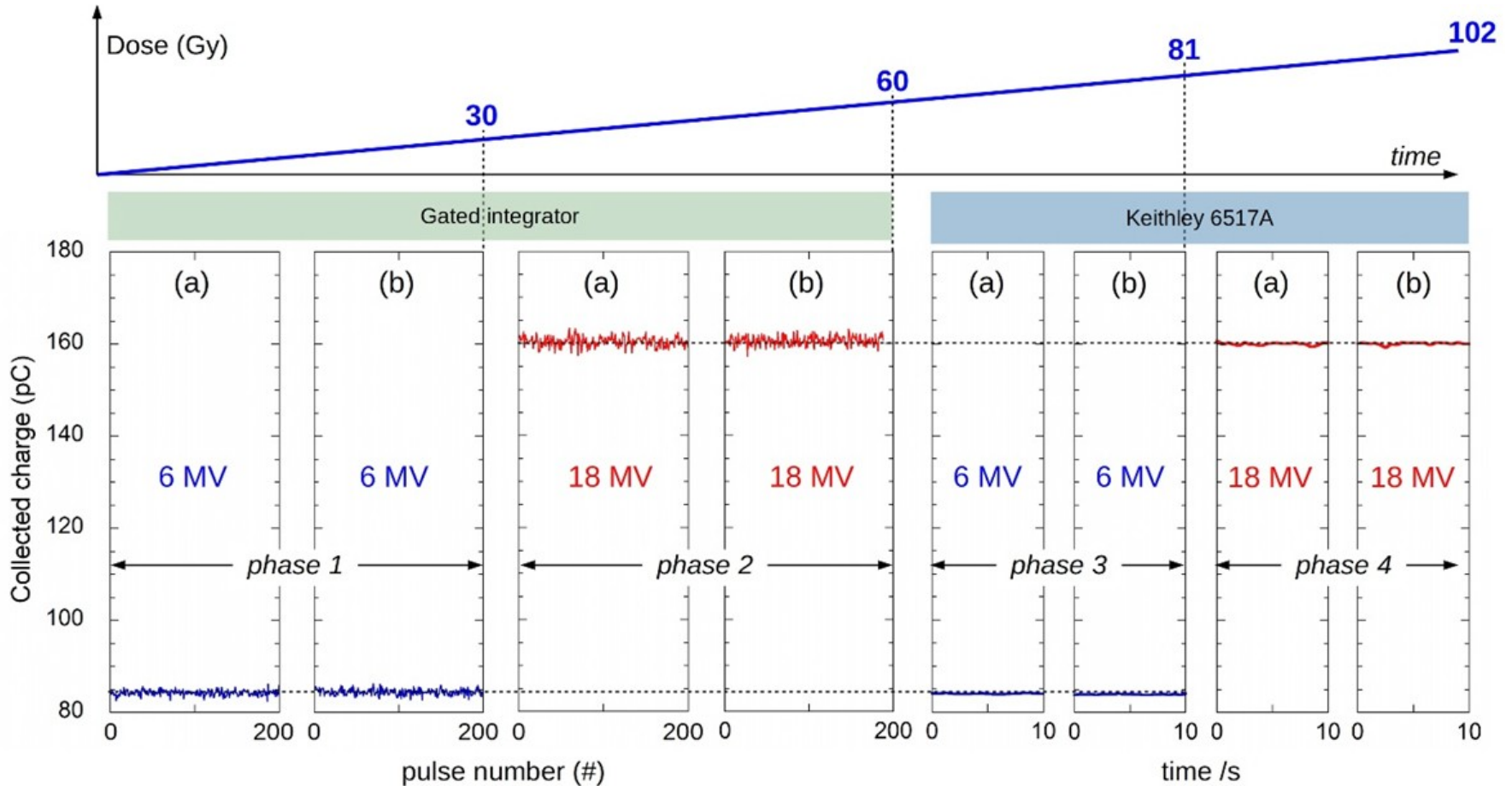
Il segnale richiede circa 10 μs in più rispetto al segnale target per raggiungere il valore stabile.

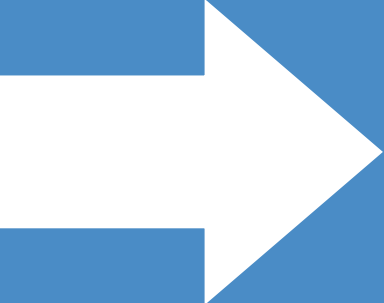
Un cavo molto lungo riduce fortemente la velocità del sistema (linea tratteggiata).



Risultati (2)

Confronto tra i valori di carica per impulso raccolti a **6 MV** e **18 MV** dal prototipo e dall' elettrometro Keithley 6517 A.



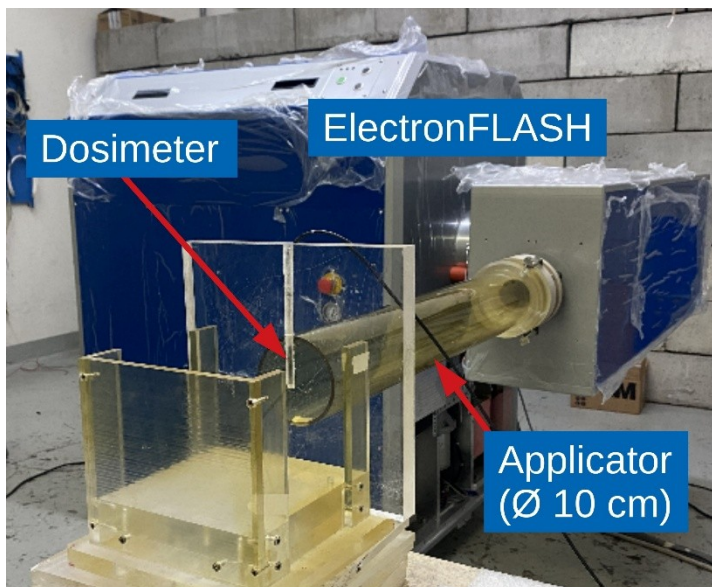


Il prototipo consente di rispondere pienamente alla sfide dosimetriche poste dall'emergente tecnica radioterapica FLASH in cui è fondamentale l'uso di un sistema in grado di misurare la dose rilasciata anche da un solo impulso.

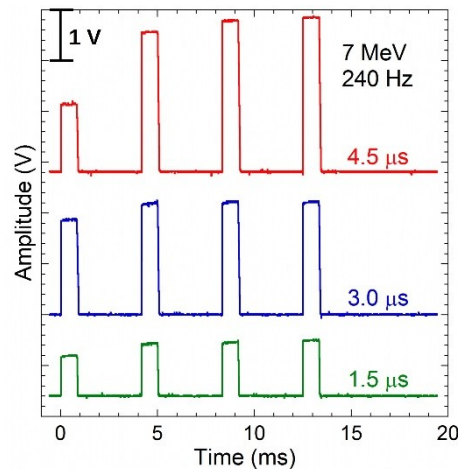
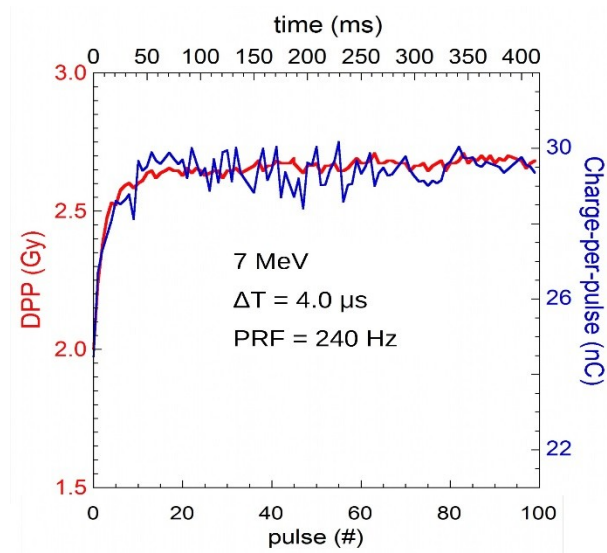
Radioterapia FLASH

Parametri necessari per avere l'effetto FLASH:

- Dose per impulso (DPP) maggiore di **1 Gy**;
- Dose Rate maggiore di **40 Gy/s**;
- Tempo di trattamento **100-200 ms**.



Il sistema permette di monitorare i fasci di elettroni FLASH, misurando valori di **DPP superiori a 2.5 Gy**



L'ampiezza del segnale acquisito è proporzionale alla durata dell'impulso di elettroni

L'elettronica sviluppata consente di misurare:

- 👍 la dose rilasciata da ogni singolo impulso generato dal LINAC;
- 👍 il Dose Rate medio e istantaneo;
- 👍 la frequenza di ripetizione degli impulsi.

Il sistema sviluppato è in grado di effettuare una diagnosi in tempo reale del fascio e, sfruttando le peculiarità del diamante, può essere impiegato sia nella radioterapia convenzionale che nella FLASH.

OBIETTIVI

DESTINATARI

FISICI MEDICI

Potranno contare su uno strumento di rilevazione utile per la definizione dei piani di trattamento e le verifiche periodiche degli output dei LINAC.

BIOLOGI

Potranno monitorare tutti i parametri del fascio di elettroni essenziali per studiare l'interazione tra radiazioni e tessuti. (Non del tutto ancora noti per la FLASH).

ONCOLOGI

Disporranno di un ulteriore strumento per definire la reale efficacia biologica dei trattamenti, finalizzata al raggiungimento della migliore capacità terapeutica.

AZIENDE

I settori in cui si producono sia dispositivi dosimetrici che apparati LINAC (convenzionali e FLASH) avranno uno strumento utile per i controlli ed il commissioning.



Sara Pettinato
sara.pettinato@unicusano.it
Assegnista di Ricerca
Università degli Studi Niccolò Cusano



UNIVERSITÀ
CUSANO



ATHENA



associazione
italiana
ingegneri clinici