

3DOSE (2017-2018)

Silvio Sciortino

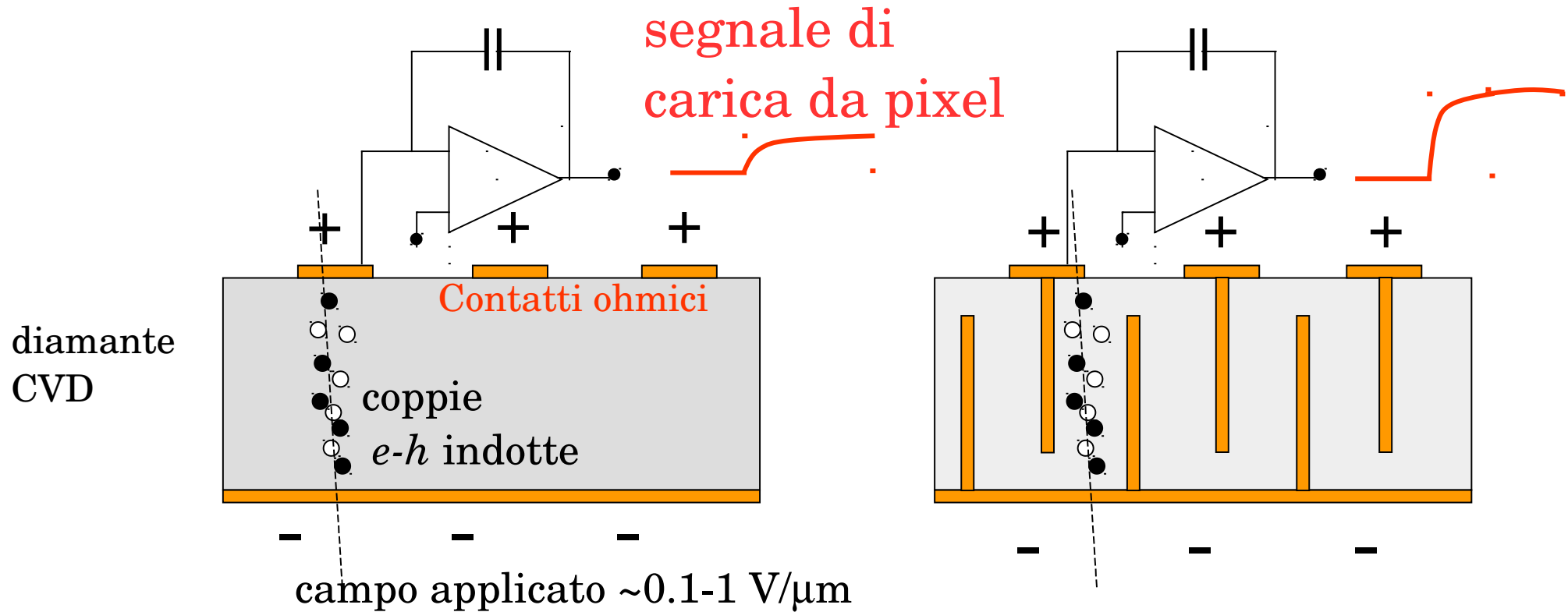
INFN e Univ. Perugia, A. Morozzi, D. Passeri, K. Kanxheri L. Servoli (**resp. nazionale**)

INFN, CNR e Univ. Firenze, M. Bellini, M. Bruzzi, F. Gorelli, S. Lagomarsino, S. Pallotta, M. Santoro, S. Sciortino (**resp. locale**), C. Talamonti

Sommario

- Esperimento 3D SOD: **sensori 3D**, saldatura diamante silicio, diamante-metallo, simulazione diamante su TCAD.
- Progressi nella sintesi del diamante (**Diamond On Iridium**)
- Dosimetria sul diamante stato dell'arte (intervento di Monica Scaringella, Esperimento IRPT)
- Nuovo esperimento (**3DOSE**): dosimetri segmentati **3D** e **2D** a **confronto per very small-field dosimetry**

Sensori 3D: principio



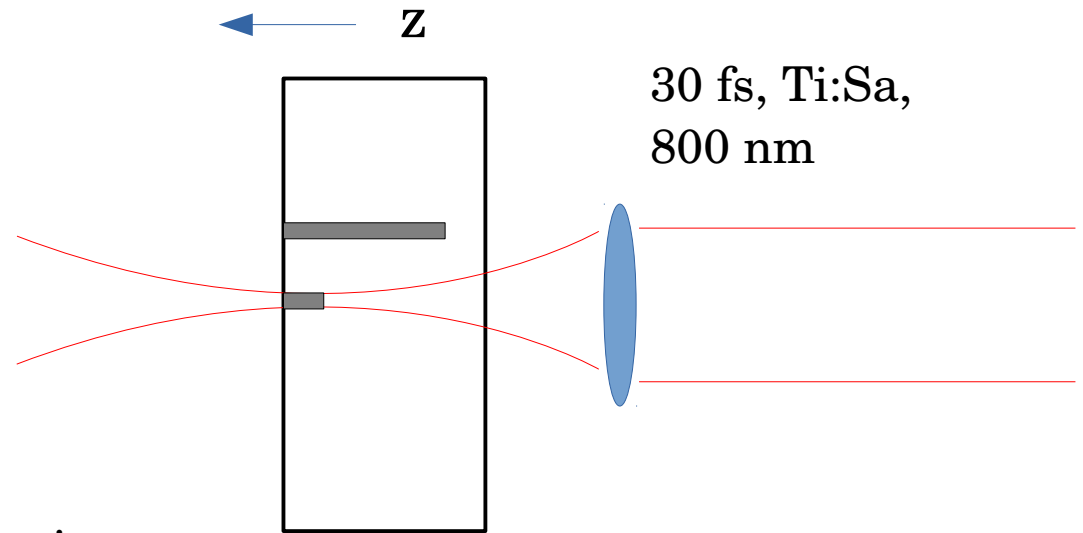
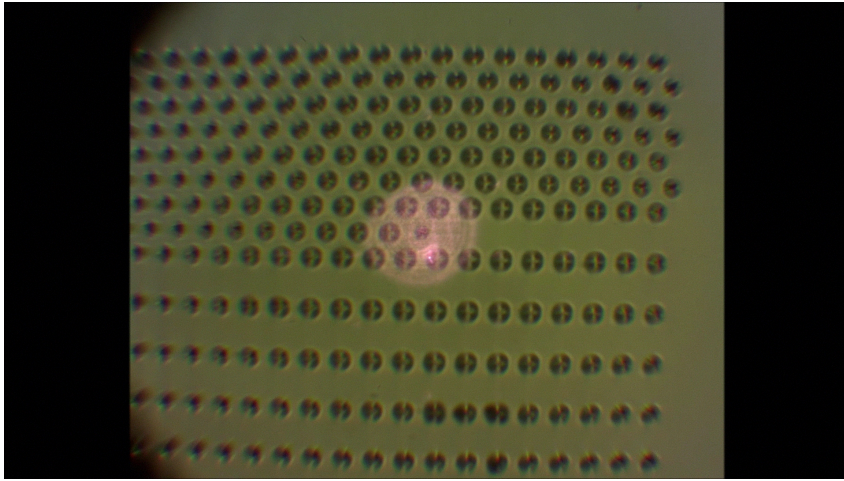
cammino ridotto dei portatori, maggiore efficienza di raccolta e resistenza a radiazione (verificata da 3D_SOD)

operante a tensioni basse 1-10 V quando non severamente irraggiato

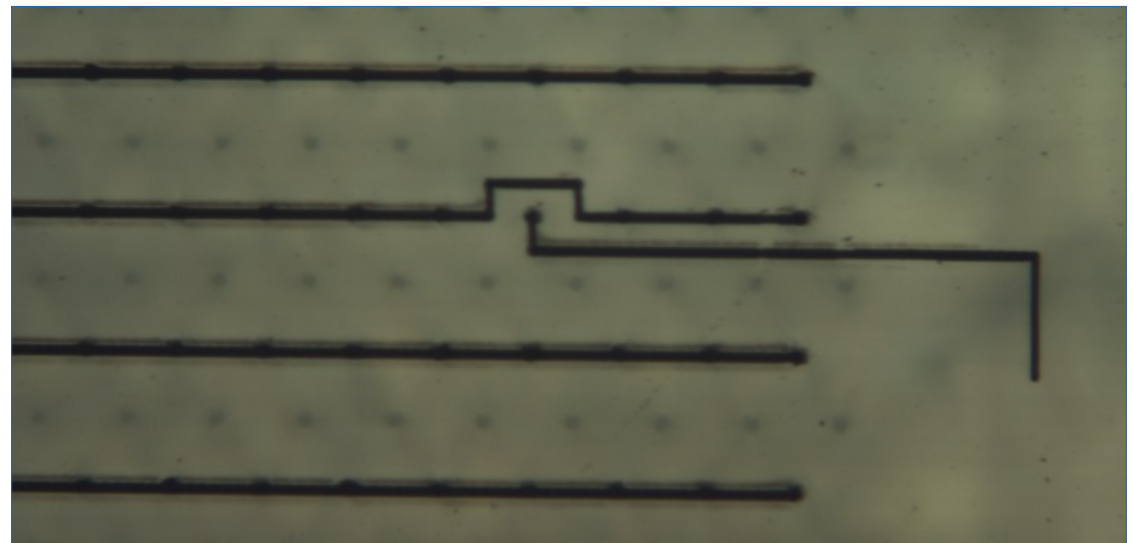
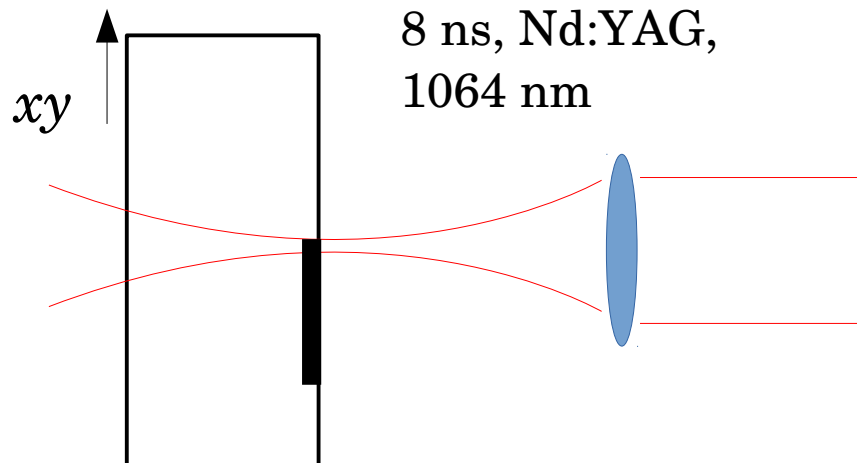
Tempi di volo brevissimi, ma la risoluzione temporale è limitata (280 ps, misure TOTEM N. Minafra Ph. D. 2016) dalla resistività e capacità delle colonne conduttive (in fase di ottimizzazione)

Fabbricazione di elettrodi di superficie/volume per grafitizzazione laser (LENS extreme optics lab Marco Bellini)

(Colonne: impulso 30-70 fs , spessore tipico 500 μm , tempo di processo 10 s , diametro colonne 10 μm)



Surface graphitization connect the columns in surface conductive paths



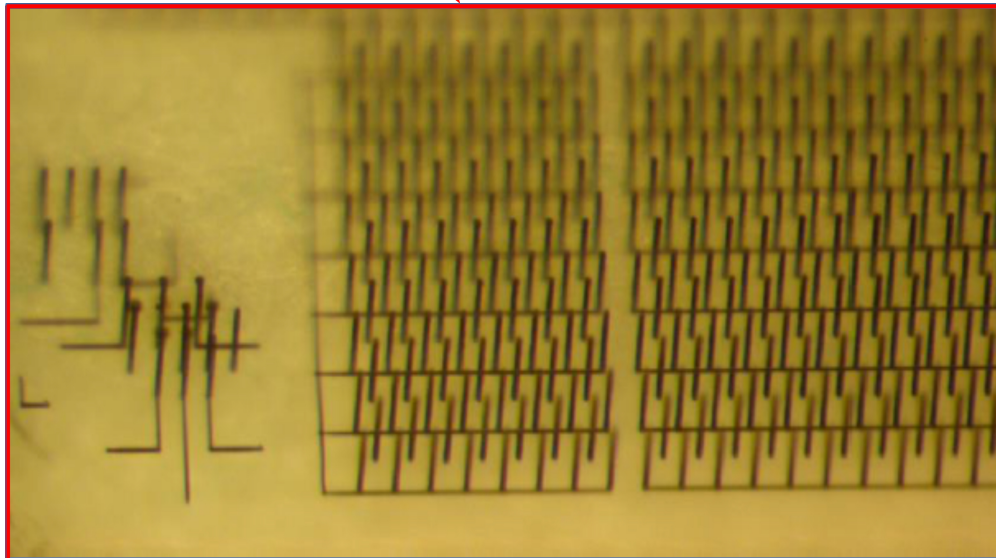
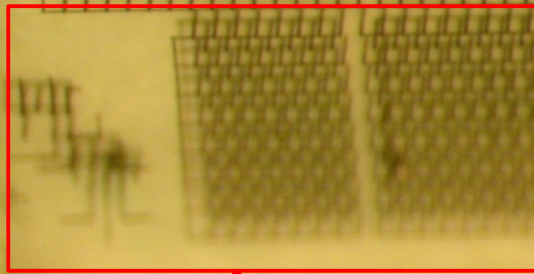
3D sensors on monocrystalline and polycrystalline diamond

APPLIED PHYSICS LETTERS **103**, 233507 (2013)

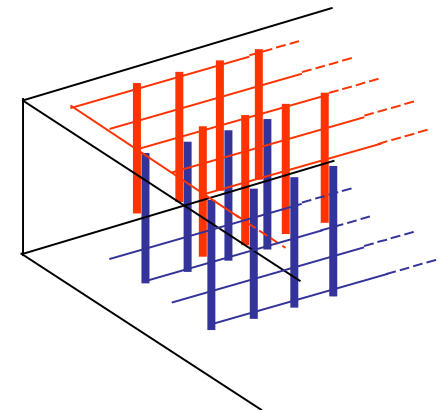


Three-dimensional diamond detectors: Charge collection efficiency of graphitic electrodes

S. Lagomarsino,^{1,2,a)} M. Bellini,^{3,4} C. Corsi,³ F. Gorelli,^{3,4} G. Parrini,^{1,2} M. Santoro,^{3,4} and S. Sciortino^{1,2}



Interdigitated columns

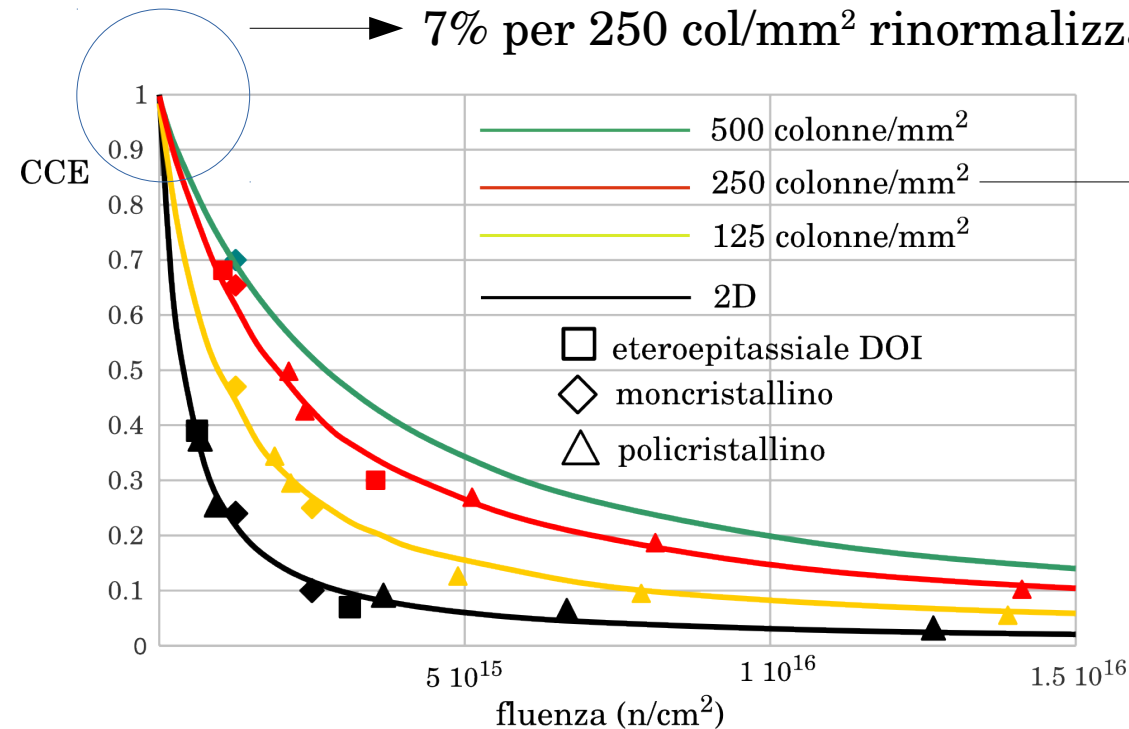


Sensori 3D: risultati

Charge Collection Efficiency vs fluenza
di neutroni da 1 MeV (JSI Ljubliana) ,

Percentuale di danno dovuta alla grafitizzazione

7% per 250 col/mm² rinormalizzato



250 colonne/mm²

2 % di volume inutilizzabile

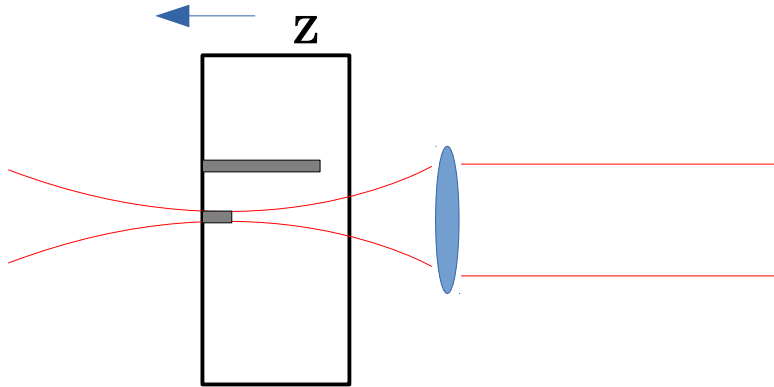
Capacità $C = 2\text{pF/mm}^2$

Guadagno di CCE di un fattore
3-4 rispetto ai rivelatori 2D

Tutti i tipi di diamante sintetico seguono la relazione

$$\frac{1}{\tau} = \frac{1}{\tau_0} + k \varphi \quad \text{con la stessa costante di danno} \quad k = 1.41 \pm 0.12 \cdot 10^{-6} \text{ Hz cm}^2$$

Sensori 3D: lavori in corso



Ottimizzazione della tecnica:

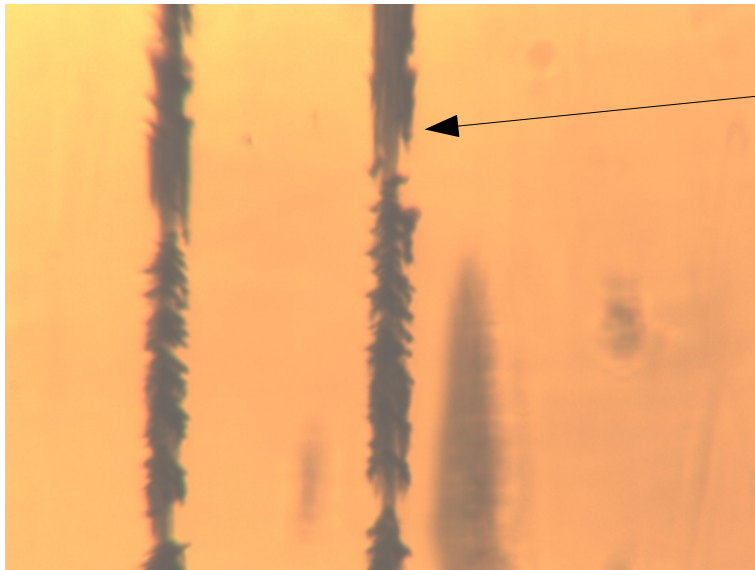
Studio dell'influenza dei parametri durata impulso, energia impulso, utilizzo di ottiche diverse, annealing post processo (in corso).

La **correzione dell'aberrazione sferica** con ottiche adattive ha portato a una netta diminuzione di resistività e miglioramento dell'aspect ratio (e probabile diminuzione del danno):

Sun et al. Appl. Phys. Lett. 105, 231105 (2014);

<http://dx.doi.org/10.1063/1.4902998>

Da $1 \Omega \text{ cm}$ to $0.022 \Omega \text{ cm}$ utilizzando ottiche adattive



Intendiamo migliorare l'aspect ratio, diminuire resistività e danneggiamento locale (forma attuale)

Tramite correzione in tempo reale del fronte d'onda con specchio controllato piezoelettricamente

Nostre pubblicazioni sui sensori 3D

S Lagomarsino, M Bellini, C Corsi, F Gorelli, G Parrini, M Santoro, and S Sciortino. Three-dimensional diamond detectors: Charge collection efficiency of graphitic electrodes. [Applied Physics Letters](#), 103(23):233507, 2013.

S Lagomarsino, M Bellini, C Corsi, S Fanetti, F Gorelli, I Lontos, G Parrini, M Santoro, and S Sciortino. Electrical and Raman-imaging characterization of laser-made electrodes for 3d diamond detectors. *Diamond and Related Materials*, 43:23–28, 2014.

M Artuso, S Sciortino, et al. A 3d diamond detector for particle tracking. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 824:402–405, 2015.

S Lagomarsino, M Bellini, M Brianzi, R Carzino, V Cindro, C Corsi, A Morozzi, D Passeri, S Sciortino, and L Servoli. Polycrystalline diamond detectors with three-dimensional electrodes. *Nucl. Instr. & Meth. A*, 796:42–46, 2015.

Stefano Lagomarsino, Marco Bellini, Chiara Corsi, Vladimir Cindro, Keida Kanxheri, Arianna Morozzi, Daniele Passeri, Leonello Servoli, Christian J Schmidt, and Silvio Sciortino. Radiation hardness of three-dimensional polycrystalline diamond detectors. [Applied Physics Letters](#), 106(19):193509, 2015.

S Sciortino, M Bellini, F Bosia, S Calusi, C Corsi, C Czelusniak, N Gelli, L Giuntini, F Gorelli, S Lagomarsino, et al. Micro-beam and pulsed laser beam techniques for the micro-fabrication of diamond surface and bulk structures. *Nucl. Instr. & Meth. B*, 348:191–198, 2015.

S Lagomarsino, S Sciortino, B Obreshkov, T Apostolova, C Corsi, M Bellini, C J Schmidt, and E Berdermann. Photoionization of monocrystalline CVD diamond irradiated with ultrashort intense laser pulse. [Physical Review B](#), 93:085128, 2016.

Advances in material growth

New manufacturers:

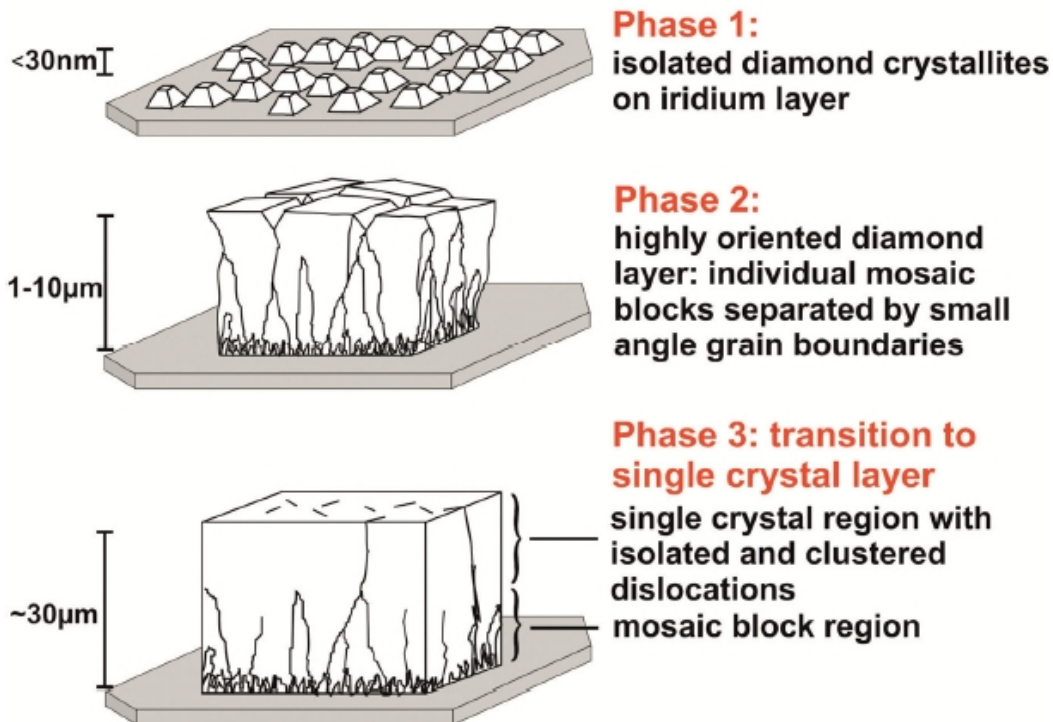
II-VI <http://www.iiviinfrared.com/> (polycrystalline diamond)

IIa <http://2atechnologies.com/> (monocrystalline) can provide now high quality synthetic diamond comparable to that of **Element Six** <http://www.e6.com/> who has provided the best electronic grade material so far

We collaborate with the **University of Augsburg** who has developed a system of **heteroepitaxial growth of high quality synthetic diamond (diamond-on-iridium)**

(Quasi)monocrystalline (presence of structural defects: dislocations)

But not limited in size ($2 \times 2 \text{ cm}^2$ demonstrated)



M. Mayr

Recent progress in the growth of heteroepitaxial diamond for detector applications
4th ADAMAS Workshop at GSI December 2015

<http://www-adamas.gsi.de/index.php?mgid=6#ADAMAS04>

Standard sizes and quotation for INFN

5 x 5 x 0.5: 500 €

10 x 10 x 0.5: 2000 €

15 x 15 x 0.5: 7500 €

Less than the cost of a polycrystalline from E6, higher quality

2D pCVD Diamond Dosimeter

State – of – art (Diapix – IRPT-MIUR)

- Material

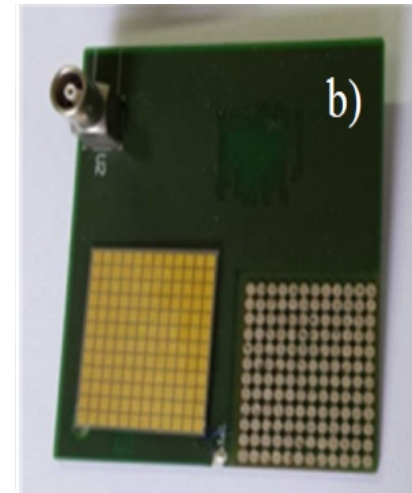
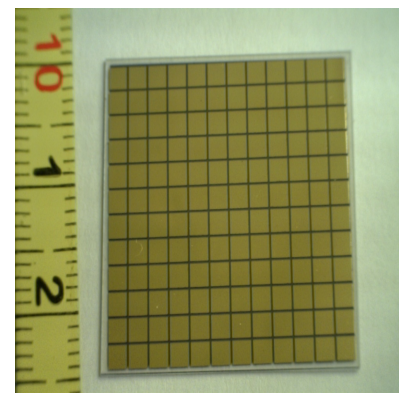
- Premium Detector Grade polycrystalline diamond: pCVD
 - Element Six, UK 300 μm thick;
- Prototypes active area: $2.5 \times 2.5 \text{ cm}^2$, $5.0 \times 2.5 \text{ cm}^2$, ($7.5 \times 2.5 \text{ cm}^2$ end of project)

-Contacts produced in Florence

- Schottky barriers Ti/Au; 12 x 12 arrays on each sample, pixel size: $1.8 \times 1.8 \text{ mm}^2$
- Polymer/silver elastic pin contacts

-Electronics developed in Florence

- read out with four 64 channels 20 bit current-input analog to digital converter chips (TI DDC264) measuring currents from fAs to mAs, 160ms-1s integration times;
- Xilinx FPGA (Spartan 3) for read-out and data transmission via USB;
- firmware FPGA and acquisition software developed by us;
- custom printed circuit board designed and manufactured.



5.0x2.5cm² prototype



2.5x2.5cm² active area prototype with evaluation kit – ready for test

Programme on existing 2D pCVD Diamond Dosimeter

- Further development of the device

- Optimize electrode geometry to increase spatial precision (non-uniform contact density; decrease of lateral dead layers; better detector positioning);
- Design and development of optimized packaging of the dosimetric system with insulating tissue-equivalent materials to match with anthropomorphic phantoms, VMAT, transmission measurements;
- Designing and manufacturing phantoms prototypes for 3D measurements provided by coupling 2D dosimeters together;
- Insulating p-i-n diamond dosimeters via PVD deposition, to deal with measurements in water phantoms;
- Radiation damage tests with polycrystalline diamond p-i-n diodes to determine device lifetime;

-Further development of electronic read-out developed in Florence

- Further development of firmware FPGA and acquisition software developed by us;
- design and manufacture custom novel printed circuit board for purposes above.

-Dosimetric Tests

- Tests of the prototypes developed in previous experiments (p-i-n , $2.5 \times 2.5 \text{ cm}^2$, $5.0 \times 2.5 \text{ cm}^2$, $7.5 \times 2.5 \text{ cm}^2$ in several configurations: water / IMRT / VMAT / Transmission
- Tests using an anthropomorphic phantom with moving targets developed by the Medical Physics Units of University of Florence

3DOSE (2017-2018)

INFN e Univ. Perugia, A. Morozzi, D. Passeri, K. Kanxheri L. Servoli (**resp. nazionale**)

INFN, CNR e Univ. Firenze, M. Bellini, M. Bruzzi, F. Gorelli, S. Lagomarsino, S. Pallotta, M. Santoro, S. Sciortino (**resp. locale**), C. Talamonti

Collaborazioni: Università di Manchester, Università di Augsburg

Obbiettivo: Produrre un dosimetro in grado di misurare con una precisione migliore di quelle attuali i piccoli campi richiesti dai nuovi protocolli di radioterapia.

In particolare campi di $1 \times 1 \text{ cm}^2$ (o campi con elevato gradiente spaziale) pongono una grande difficoltà nella loro caratterizzazione a causa delle zone di penombra e della riduzione del valore del picco del campo trasmesso (output factor).

Non ci sono rivelatori in grado di raggiungere tale precisione.

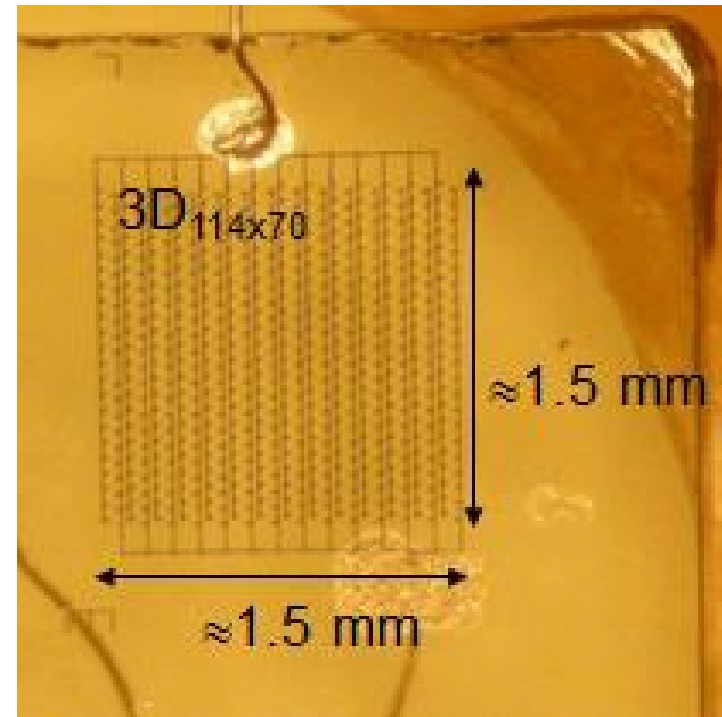
Quello che si vuole proporre è un rivelatore in grado di misurare con precisione dell'1% i campi di radiazione in una superficie che comprenda anche le zone di penombra.

3DOSE

Una nuova idea viene sviluppata in questi ultimi mesi basata su rivelatori a diamante di tipo 3D.

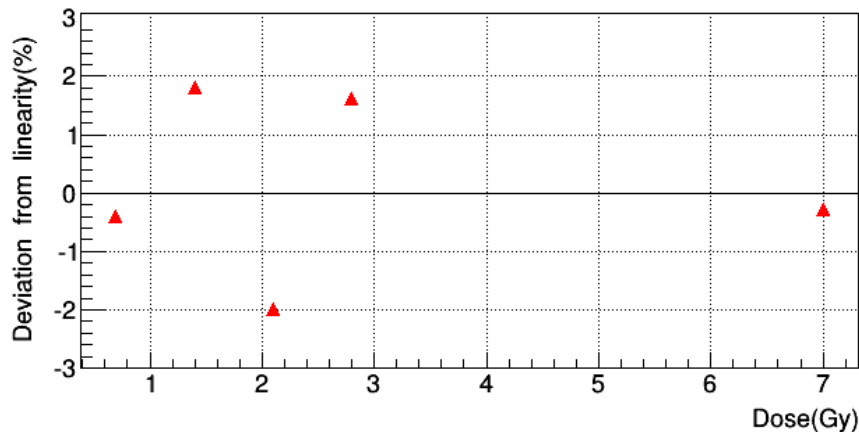
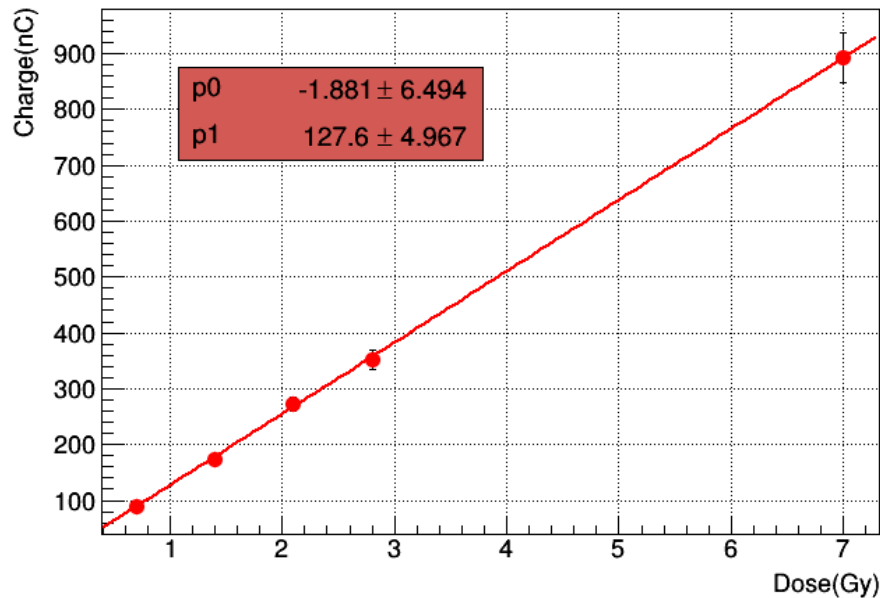
Le motivazioni per tentare questo approccio sono:

- 1) bassa tensione di alimentazione (pochi V) con alto volume attivo;
- 2) **riproducibilità della cella elementare ? (da verificare/ottimizzare)**
- 3) un sensore **all-carbon** esposto al fascio.
- 4) una **segmentazione spaziale molto spinta**, anche $0.1 \times 0.1 \text{ mm}^2$
- 5) **estrema resistenza** al danno da radiazione

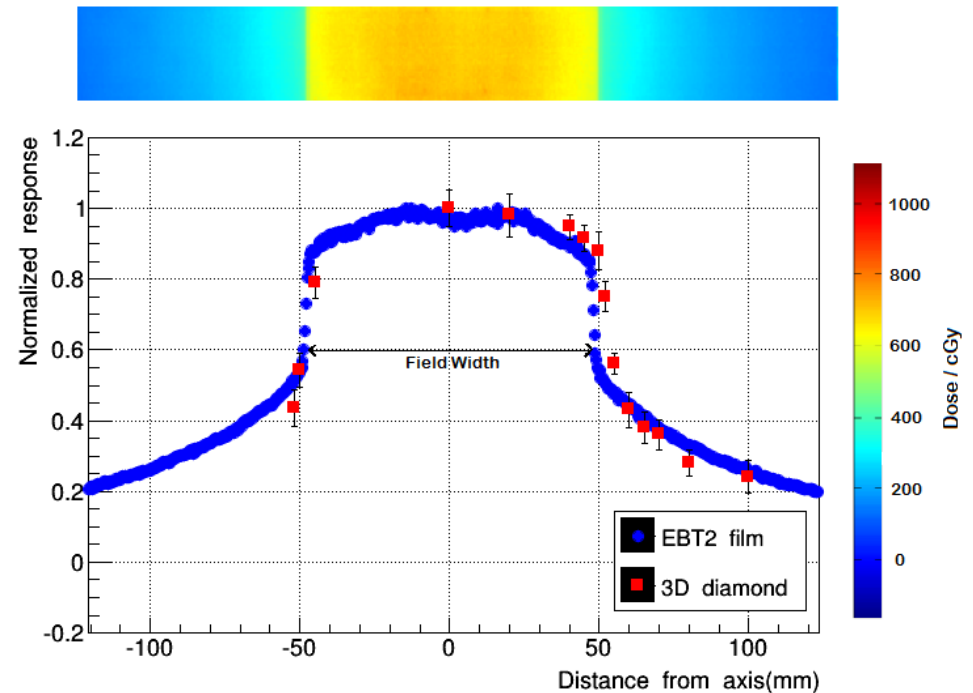


3DOSE

Risultati preliminari con sensore pensato per altri scopi (rivelazione di singola particella carica) Diamond WorkShop SBDD XXI, 9-11 March 2016, Hasselt, Belgium sottomesso a Physica Status Solidi A (in corso di referaggio).



Linearity of collected charge vs dose



Beam profiling : 3D diamond = red
EBT2 film = blue

Photons (6, 10 MV) produced by a medical linear accelerator (Elekta Synergy Sband) with 10×10 cm² field at the Christies Hospital in Manchester.

3DOSE

Programma di lavoro:

- Simulazione di dispositivi 3D. Realizzazione di dosimetri 3D, studio di varie configurazioni (dipendenza della risposta dalle dimensioni della cella 3D)
- confronto tra dosimetri 3D e strutture già realizzate o in fase di realizzazione 2D, in termini di sensibilità, riproducibilità della risposta, resistenza alla radiazione.
- Caratterizzazione di substrati cresciuti per crescita eteroepitassiale Diamond-On-Iridium sviluppato all'Università di Augsburg con cui collaboriamo.
- Sviluppo della modalità di readout almeno fino a 512 canali in contemporanea per ottenere la lettura contemporanea con segmentazione spaziale dell'ordine di $1 \times 1 \text{ mm}^2$ di una superficie sufficiente, almeno $10 \times 10 \text{ mm}^2$
- Realizzazione del prototipo finale di superficie (su DOI?) almeno $10 \times 10 \text{ mm}^2$ letto in contemporanea con granularità di $1 \times 1 \text{ mm}^2$ (> 100 canali)

ANAGRAFICA RICHIESTE E MILESTONES

Personale 3.2 FTE

Mara Bruzzi 40%
Cinzia Talamonti 30%
Stefania Pallotta 30%

Bellini Marco	INO-CNR	10 %
Gorelli Federico	CNR	20%
Lagomarsino Stefano		100%
Santoro Mario	CNR	20%
Sciortino Silvio		70%

Richiesta Servizi

Servizio elettronica 15 g (manutenzione apparati misura di raccolta di carica e TCT)

Officina Meccanica 1.5 mesi uomo (portacampioni, supporti per ottiche, etc...)

Accesso in Camera Bianca
(Lavaggio e montaggio campioni misure elettriche, microscopi ottici, bonding)

Richieste economiche del 2017, **da discutere con il Responsabile Nazionale**

Consumo	5000
Phantoms manufacturing	2000
Packaging and electrode geometry development, PCB manufacturing	3000
PVD deposition for water measurements	5000
Manutenzione apparati	3000
Update sistema di grafitizzazione 3D	6000
Campioni di diamante	8000
missioni	7000