

# TIMESPOT e 3DOSE

Silvio Sciortino

## **-Presentazione di un nuovo esperimento triennale (call GR5)**

**TIMESPOT:** TIME-SPace real-time- OperatingTracker (2018-2020)

sensori 3D a silicio e diamante per tracciamento ad alta risoluzione spaziale e temporale

PI Adriano Lai -INFN Cagliari

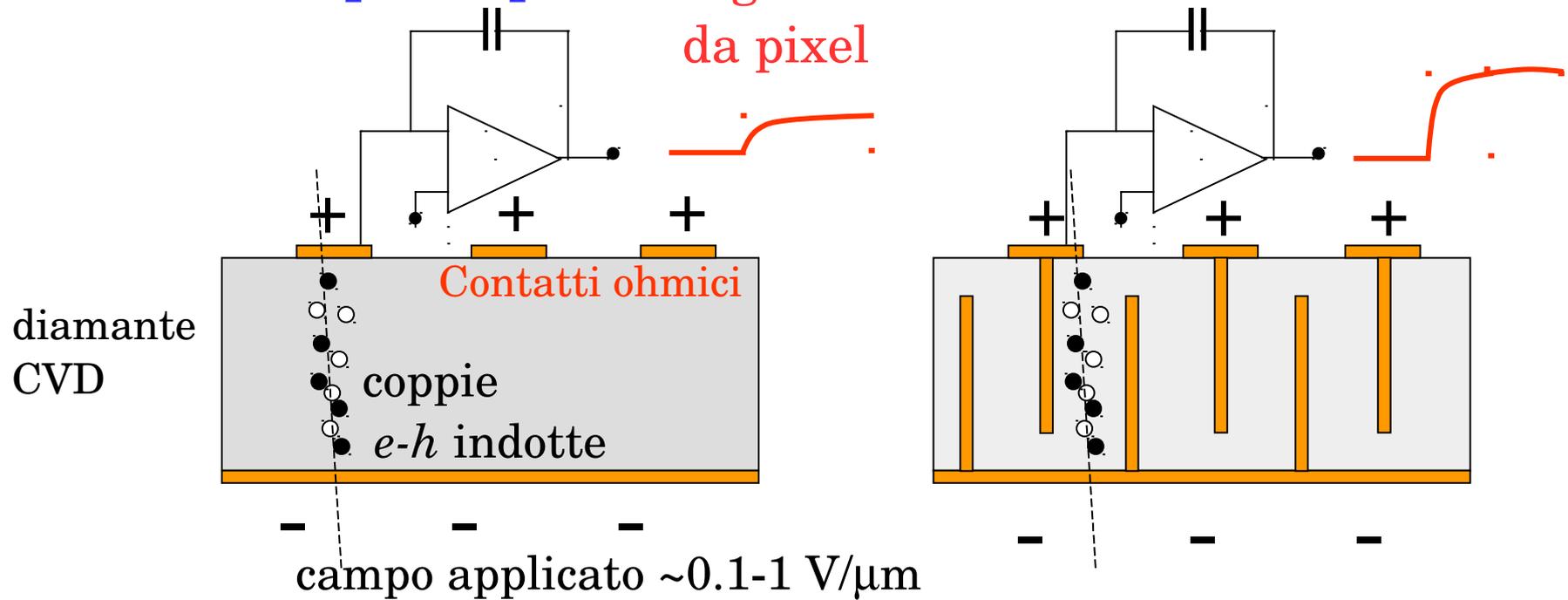
(Sezioni di Bologna, Cagliari, Genova, Ferrara, Firenze, Milano, Padova, Perugia, Torino, TIFPA)

Firenze partecipa alla call con un WP per la realizzazione di sensori 3D a diamante, fabbricati tramite grafitizzazione laser

**-Status attuale dell'esperimento 3DOSE** (2017-2018 Sezioni di Firenze e Perugia, coordinatore nazionale Leonello Servoli)

# Sensori 3D: principio

segnale di carica  
da pixel



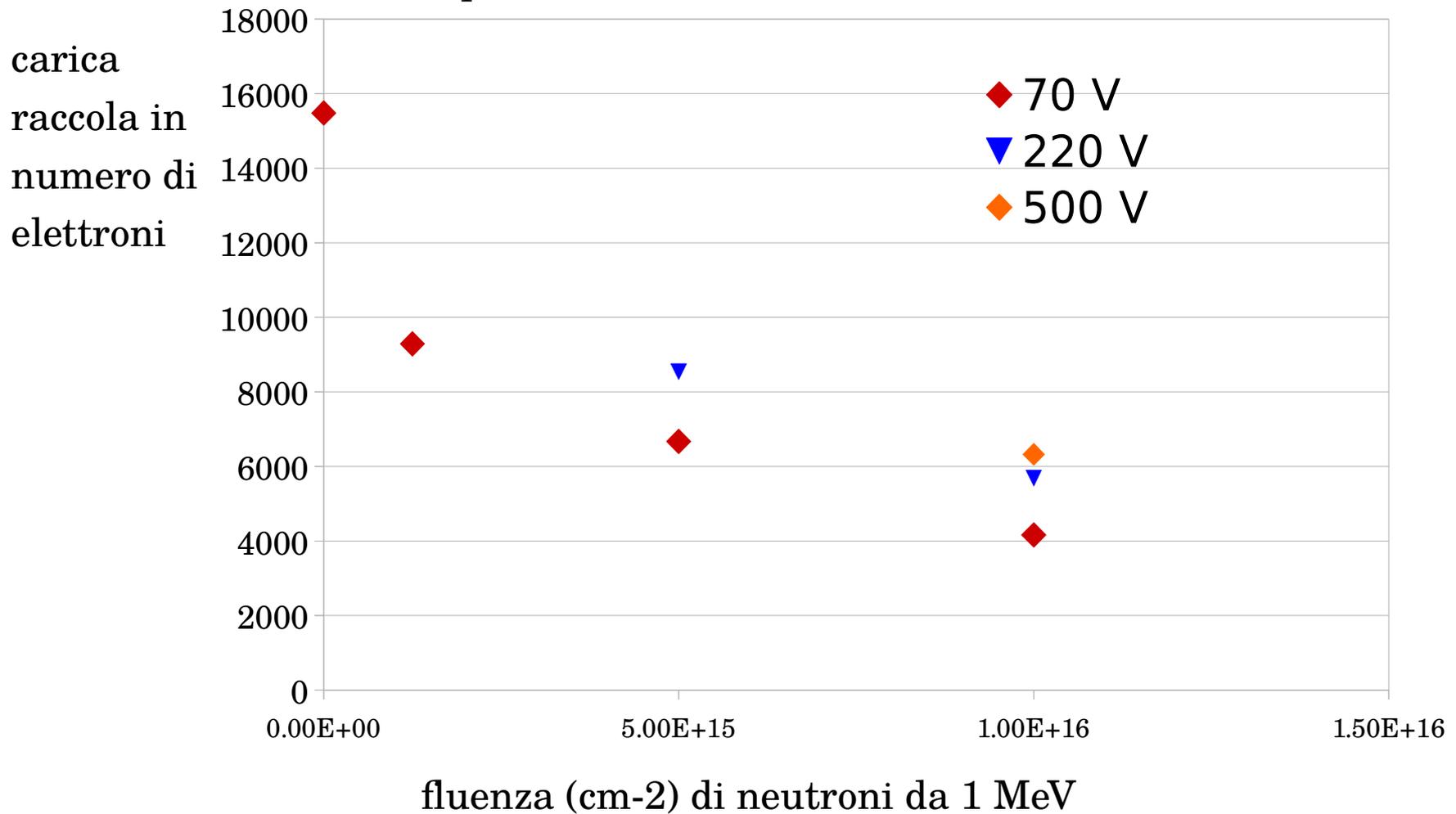
cammino ridotto dei portatori, maggiore efficienza di raccolta e maggiore resistenza alla radiazione

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

Tempi di volo brevissimi: interesse in applicazioni di fisica delle particelle in cui la risoluzione temporale necessari è inferiore a 100 ps e il danno da radiazione è equivalente a una fluenza nel range di  $10^{16}/\text{cm}^2$  neutroni da 1 MeV (interesse in applicazioni al CERN nell'esperimento LHCb)

- **Sensori 3D a diamante: materiale intrinsecamente più radiation-hard (necessario un confronto coi sensori 3D al silicio)**
- Il diamante ha un numero atomico simile a quello efficace del tessuto umano, per questo è un materiale utilizzato in dosimetria clinica. Il concetto di sensore 3D a diamante può essere applicato alla realizzazione di dosimetri ad alta risoluzione spaziale per piccoli campi di fotoni (**esperimento 3DOSE**).

Sensori 3D a diamante: resistenza da radiazione dei nostri sensori  
Forse il sensori più resistenti alla radiazione mai costruiti

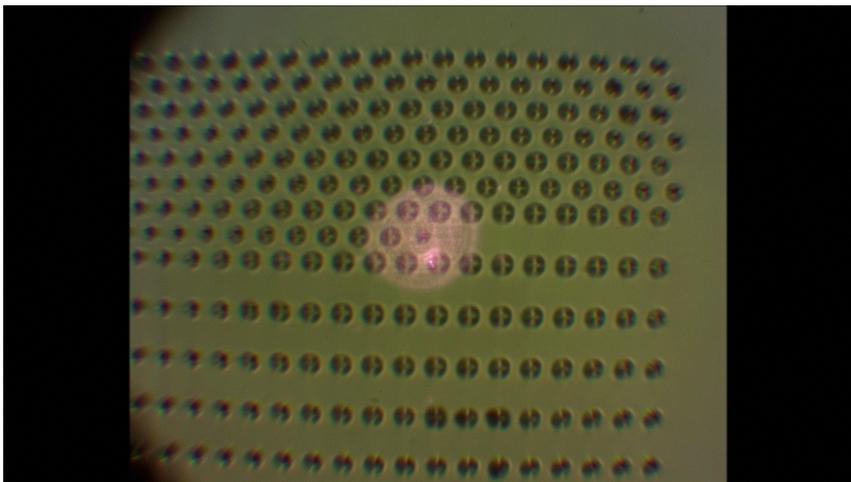


Sensore 3D fabbricato su un diamante monocristallino di spessore 500  $\mu\text{m}$ ,  
interdistanza tra gli elettrodi  $\sim 50 \mu\text{m}$

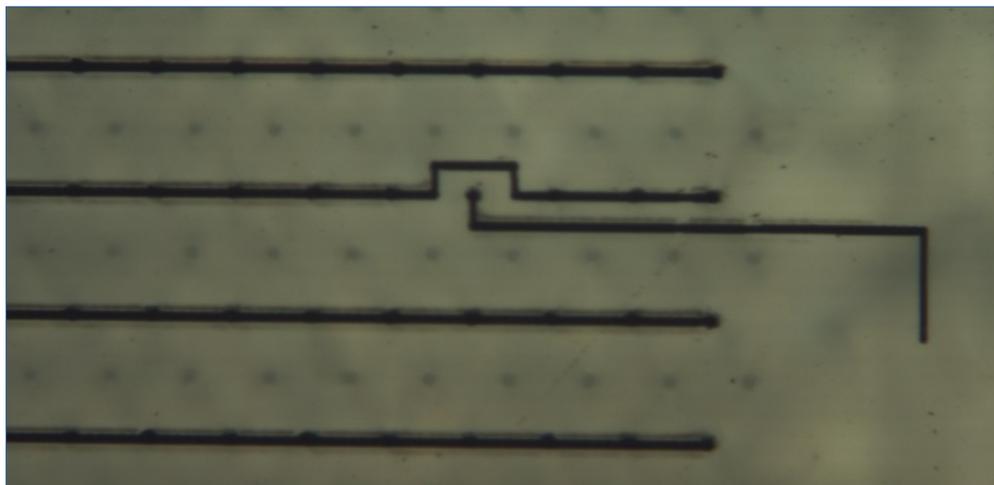
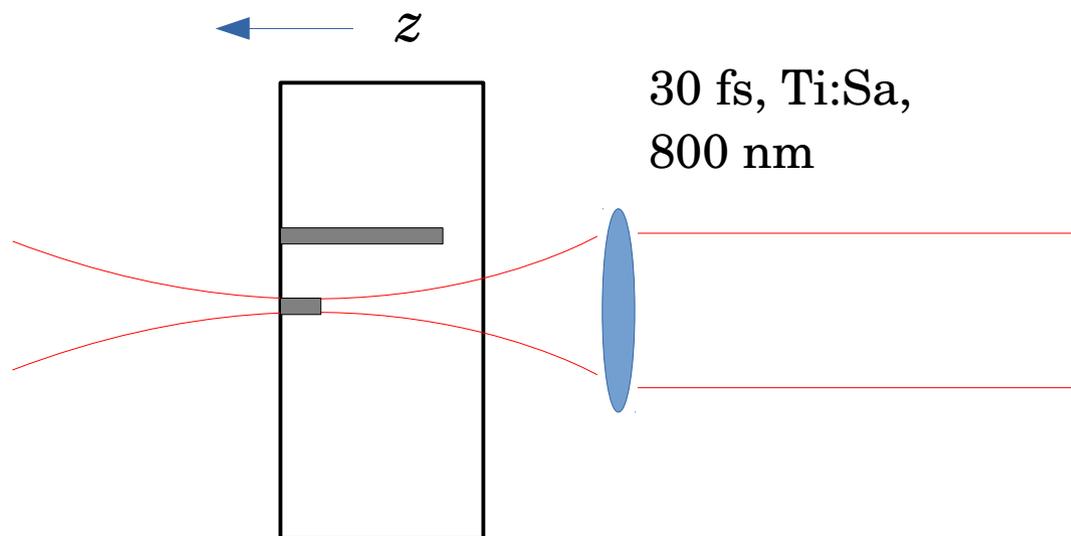
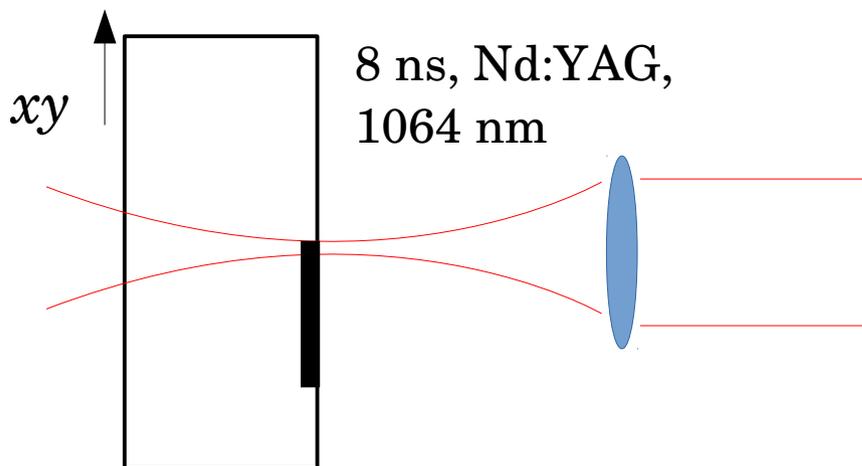
La risposta del sensore è circa il 40 % di quella iniziale dopo una fluence di  
neutroni da 1 MeV del livello  $10^{16}/\text{cm}^2$

# Fabbricazione di elettrodi di superficie/volume per grafitizzazione laser (Laboratorio INO-CNR resp. Marco Bellini)

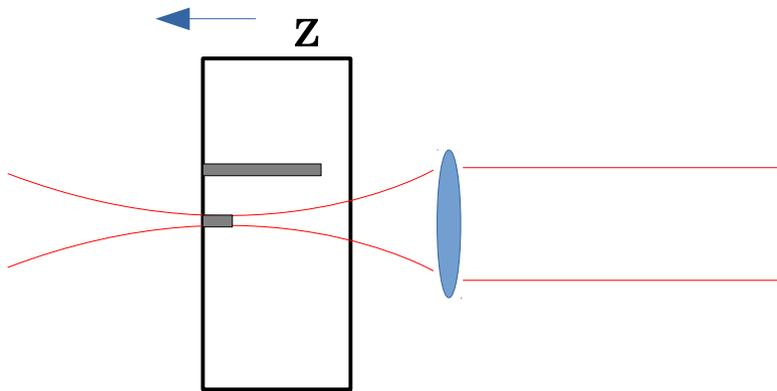
(Colonne nel volume: impulso 30-70 fs , spessore tipico 500  $\mu\text{m}$  , tempo di processo 10 s , diametro colonne 10  $\mu\text{m}$ )



Grafitizzazione superficiale per la interconnessione degli elettrodi



## 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 può portare a una netta diminuzione di resistività e miglioramento dell'aspect ratio (e probabile diminuzione del danno locale):

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

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

**Da 1  $\Omega$  cm to 0.022  $\Omega$  cm utilizzando ottiche adattive**

I nostri sensori di prima generazione sono stati testati dalla collaborazione TOTEM del CERN e hanno una risoluzione temporale di 280 ps (Nicola Minafra, Ph.D. CERN Thesis) ToTem ha installato recentemente un tracker al diamante in versione planare ottenendo risoluzioni temporali <100 ps (2017 JINST 12 P03007)

La diminuzione della resistività delle colonne tramite un miglioramento del sistema porterebbe a disporre di un rivelatore con risoluzione temporale dell'ordine di 10 ps, cioè porterebbe al rivelatore più veloce e resistente alla radiazione mai concepito

**Questo è lo scopo della nuova attività proposta all'INFN per il 2018-2020**

**TIMESPOT (call Gruppo V) a cui partecipano ricercatori a cui partecipano vari ricercatori della Sezione tra cui membri di LHCb e NA62**

3DOSE è un precursore della call di GR5 e molta della esperienza che possiamo mettere in gioco nella call proviene anche da 3DOSE.

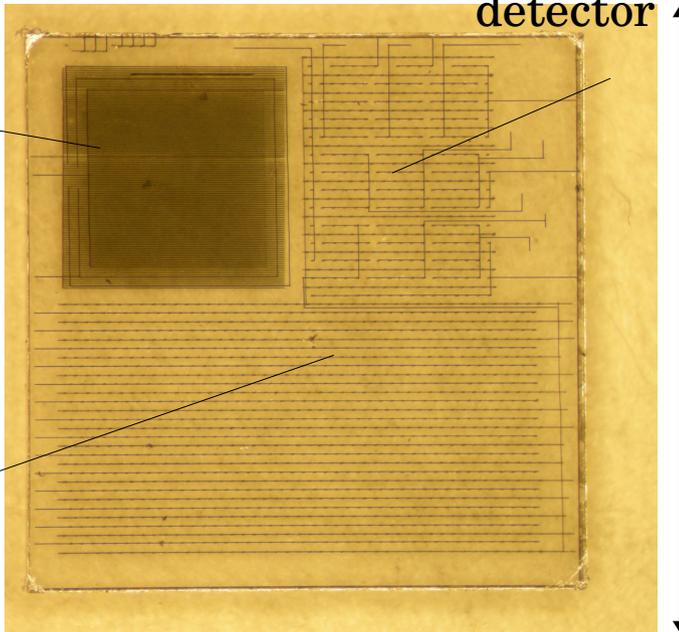
Inoltre tra le due iniziative ci sarà una forte sinergia sono stati realizzati sensori (all carbon) 3D a microstrip e pixel attualmente in fase di caratterizzazione alla AOUC Careggi.

## Attività svolta

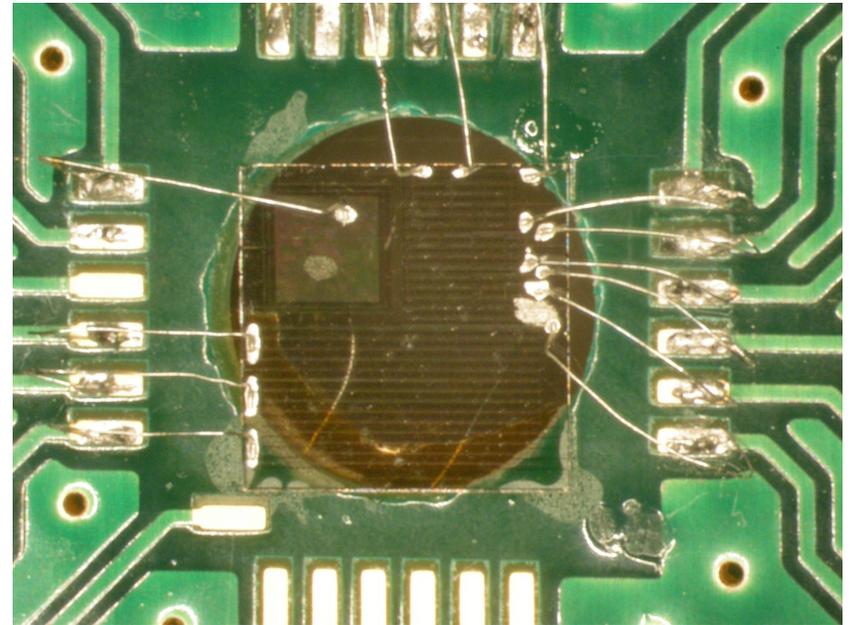
senso  
2D di  
riferimento

3x3 pixel  
detector

Strip  
detector



5 mm



connessioni con pasta di argento tra cammini grafitici e scheda  
lettura con Tetramm CAEN (4-channel Fast Interface Bipolar Picoammeter with  
Integrated HV Source)

# 3DOSE: Attività svolta

Da gennaio a giugno il laser non è stato disponibile per trasloco da LENS a INO-CNR: ritardo di almeno 7 mesi sulla tabella di marcia

In questo intervallo di tempo abbiamo eseguito test preliminari sul sensore preparato specificatamente per 3DOSE e test su sensori 3D preparati in precedenza nell'ambito di 3D\_SOD

Dalle caratterizzazione è seguita la pubblicazione di un articolo:

Evaluation of a 3D diamond detector for medical radiation dosimetry

K. Kanxheri, L. Servoli, A. Oh, F. Munoz Sanchez, G.T. Forcolin, S.A. Murphy, A. Aitkenheadg, C.J. Mooreg, A. Morozzi, D. Passeri, M. Bellini, C. Corsik, S. Lagomarsino, and S. Sciortino - Journal of Instrumentation, 2017

In preparazione un'altra pubblicazione con misure in fantoccio di pmma

# 3DOSE: Attività svolta

**Eseguito** un piano di irraggiamento di sensori 3D fabbricati su differenti materiali: policristallino, monocristallino, eteroepitassiale (diamond-on-iridium DOI) fino alla fluenza equivalente di  $1 \cdot 10^{16}/\text{cm}^2$  neutroni da 1 MeV

I risultati verranno presentati alla

“28th International Conference on Diamond and Carbon Materials”

S. Sciortino Radiation hardness of three-dimensional sensors fabricated on different CVD diamond materials

**Acquisiti** dalla Univ. di Augsburg e caratterizzati **sotto fascio X** nuovi rivelatori DOI da utilizzare per la preparazione di sensori 3D. Il materiale DOI è interessante perché ha una qualità migliore del materiale policristallino con una omogeneità simile a quella del monocristallo, ma **non è limitato in area.**

# 3DOSE: Attività prevista a fine 2017 e 2018

2017:

→ Realizzazione di sensori su substrato DOI e su substrati della ditta II-VI.

→ Ottimizzazione della tecnica di creazione di colonne grafite:

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 può portare a una netta diminuzione di resistività e miglioramento dell'aspect ratio (e probabile diminuzione del danno locale).

→ Studio congiunto con gruppo PG sulle possibili tecniche di metallizzazione su grafite e/o bonding diretto su strato grafite.

2018:

→ Ottimizzazione della struttura base delle celle di misura;

→ comparazione con substrati di diversi fornitori e di diversi tipi (DOI, scCVD, pcCVD)

→ test con fantoccio presso Ospedali (principalmente Careggi) con fasci radioterapeutici ad alto gradiente spaziale.

# TIMESPOT: Attività prevista (Firenze)

Project Years			2018												2019												2020											
Quarters			Q1				Q2				Q3				Q4				Q1				Q2				Q3				Q4							
Months			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
WP	Activity	Tasks																																				
1	3D silicon sensors for timing: development and characterization	Optimization studies and device modeling	[Blue bar]																																			
		Design & submission of 1st prototype	[Blue bar]																																			
		Production of 1st prototype	[Blue bar]																																			
		Testbench characterization of 1st prot.	[Blue bar]																																			
		Design & submission of 2nd prototype	[Blue bar]																																			
		Production of 2nd prototype	[Blue bar]																																			
		Testbench characterization of 2nd prot.	[Blue bar]																																			
2	3D diamond sensors for timing: development and characterization	Optimization studies and device modeling	[Blue bar]																																			
		Fabrication of 1st prototype	[Blue bar]																																			
		Testbench characterization of 1st prot.	[Blue bar]																																			
		Fabrication of 2nd prototype	[Blue bar]																																			
		Testbench characterization of 2nd prot.	[Blue bar]																																			
		Fabrication of 3rd prototype	[Blue bar]																																			
		Testbench characterization of 3rd prot.	[Blue bar]																																			
3	Design and test of front-end IC for pixel readout	Design of front-end cell (mini@sic)	[Blue bar]																																			
		Design of TDC cell (mini@sic)	[Blue bar]																																			
		Assembly of 1st IC (mini@sic) and submission	[Blue bar]																																			
		Prod & packaging of 1st mini@sic prototype	[Blue bar]																																			
		Test-bench preparation (test PCB)	[Blue bar]																																			
		Standalone tests of 1st prototype	[Blue bar]																																			
		Tests on sensor-bonded cell IC	[Blue bar]																																			
		Design and submission of pixel IC	[Blue bar]																																			
		Prod of pixel IC	[Blue bar]																																			
		Standalone tests of pixel IC	[Blue bar]																																			
		Design and submission of pixel IC (2nd version)	[Blue bar]																																			
		Prod of pixel IC (2nd version)	[Blue bar]																																			
Tests on 2nd version	[Blue bar]																																					
4	Design and implementarion of fast tracking devices	Optimization of 4D algorithm	[Blue bar]																																			
		Definition of device architecture	[Blue bar]																																			
		Simulations at device level	[Blue bar]																																			
		Emulated tracks and DAQ/Retina boards	[Blue bar]																																			
		Emulated tracks at high rates and TDAQ/Track board	[Blue bar]																																			
		Integration with demonstrator and test beam	[Blue bar]																																			
5	Design and implementarion of high speed readout boards	Construction of 4 Pixel-ROD board for DAQ	[Blue bar]																																			
		Firmware optimization for TIMESPOT DAQ use	[Blue bar]																																			
		DAQ system for TIMESPOT lab tests	[Blue bar]																																			
		Design of new TDAQ board with real time track rec.	[Blue bar]																																			
		TDAQ/Track board production	[Blue bar]																																			
		TDAQ/Track board tests	[Blue bar]																																			
Integration with demonstrator and test beam	[Blue bar]																																					
6	System tests and integration, demonstrator tests	Organization of test beams and assembly (bonding) procedures	[Blue bar]																																			
		Rad. resistance tests on 1st sensor prototypes	[Blue bar]																																			
		Rad. resistance tests on 1st F/E ASIC	[Blue bar]																																			
		Sensor & FE assembly (mini@sic prototype)	[Blue bar]																																			
		Radiation tests on 1st F/E assembly	[Blue bar]																																			
		B-Bonding of pixel ASIC	[Blue bar]																																			
		Tests on sensor-bonded pixel IC	[Blue bar]																																			
		1-layer system test (sensor+F/E+TDAQ)	[Blue bar]																																			
Full system demonstrator test	[Blue bar]																																					

# TIMESPOT: Attività prevista (Firenze)

- 1) Ottimizzazione delle tecnica di grafitizzazione per la riduzione della resistività delle colonne e del danno locale (inefficienza del 10% introdotta dal sistema quando il pitch è elevato)
- 2) Analisi del materiale modificato tramite spettroscopia Raman
- 2) Caratterizzazione statica con misure di Charge Collection Efficiency
- 3) Connessione all'elettronica (bonding su grafite o saldatura diamante metallo)
- 3) Precaratterizzazione con misure di timing da eccitazione laser
- 4) test su fascio di prototipi per studio di risoluzione temporale
- 5) studio della radiation hardness dei sensori

# 3DOSE e TIMESPOT: Anagrafica e servizi

servizi richiesti	officina		2 mesi uomo		
	servizio elettronica		2 mesi uomo		
	camera bianca		2 mesi		
<b>3DOSE</b>					
	Bellini	Marco	Dir. Ricerca INO-CNR		10
	Calusi	Silvia	Ass Ric		30
	Gorelli	Federico	Ricercatore INO-CNR		20
	Lagomarsino	Stefano	Docente scuola sup		50
	Pallotta	Stefania	PA Dip. Scienze Biomediche		30
	Santoro	Mario	Ricercatore INO-CNR		20
	Sciortino	Silvio	Ric. Dip Fisica		40
	Talamonti	Cinzia	PA Dip. Scienze Biomediche		30
FTE					2.3
<b>TIMESPOT</b>					
	Bizzeti	Andrea	PA Università di Modena		10
	Anderlini	Lucio	ricercatore INFN		30
	Bellini	Marco	Dir. Ricerca INO-CNR		10
	Bucci	Francesca	ricercatore INFN		10
	Gorelli	Federico	Ricercatore INO-CNR		10
	Graziani	Giacomo	ricercatore INFN		10
	Lagomarsino	Stefano	Docente scuola sup		50
	Passaleva	Giovanni	Dir. Ricerca INFN		10
	Santoro	Mario	Ricercatore INO-CNR		10
	Sciortino	Silvio	Ric. Dip Fisica		40
	Veltri	Michele	Ric. Univ. Urbino		10
FTE					2

# 3DOSE e TIMESPOT: Richieste economiche

<b>3DOSE (Firenze)</b>	<b>2018</b>
materiale CVD di differenti fornitori, compreso un monocristallo (DOI e E6)	10
Update del sistema xyz di grafitizzazione	12
manutenzione sistema di purificazione acqua	3.5
consumo per misure di dosimetria	2
altro consumo (target di oro per sputtering, gas puri, materiali per elettronica, quota per utilizzo di camera bianca)	5
missioni	2.5
<b>TOTALE DELLE RICHIESTE DI FIRENZE</b>	<b>35</b>
<b>3DOSE (Perugia)</b>	<b>34</b>

<b>TIMESPOT (Firenze)</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
<b>CVD material</b>	<b>10</b>	<b>19</b>	<b>0</b>
<b>contribution to notch filters for Raman lab</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Graphitization system</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>connection with electronics</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>Consumables for electric characterization</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>Other consumables</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
<b>Travel expenses</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>9</b>
<b>Tot Firenze</b>	<b>39</b>	<b>43</b>	<b>24</b>

**Richiesta totale ≤1Meuro**