

Proposta scientifica triennale:

3D_SOD (3 Dimensional Silicon On Diamond Devices)

(2014-2016)

Sezioni  di Firenze, Perugia e Bari(Dota V)

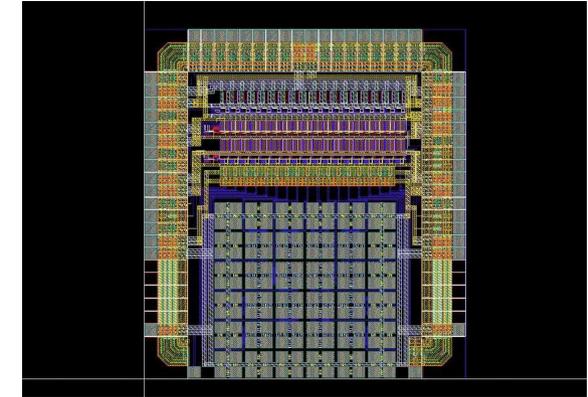
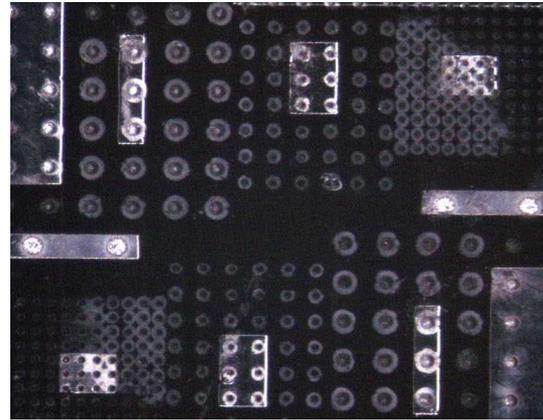
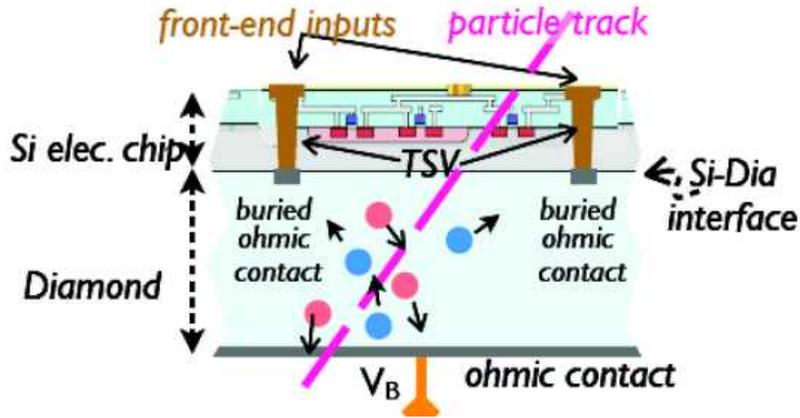
Firenze: S. Sciortino (resp. locale) S. Lagomarsino, G. Parrini,
M. Santoro, F. Gorelli

Perugia: L. Servoli(resp. nazionale), M. Menichelli, A. Morozzi,
D. Passeri, M. Pauluzzi, A. Scorzoni,

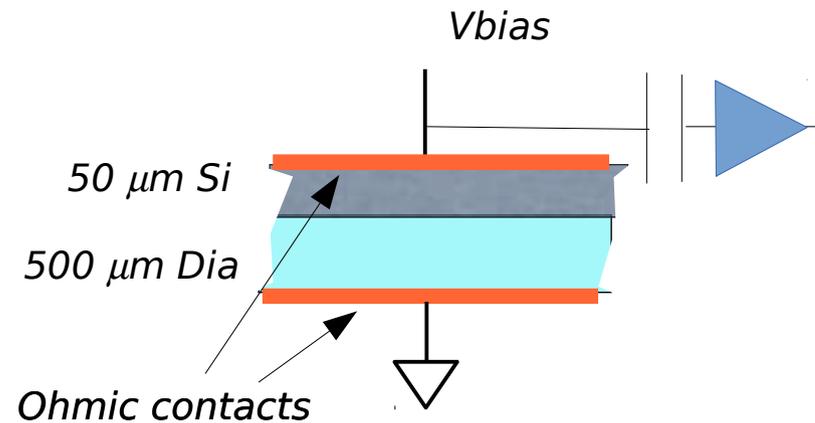
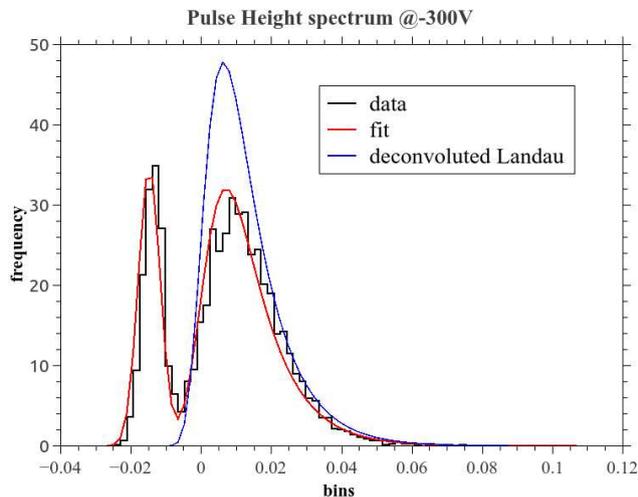
Bari: Antonio Ranieri

3D_SOD, esperienze acquisite negli esperimenti GV Chipsodia/Diapix, RAPS, SHARPS, VIPIX (I)

-sviluppo di dispositivi Silicon-On-Diamond

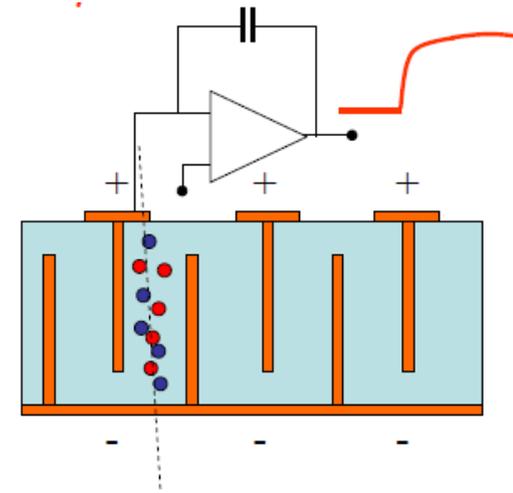
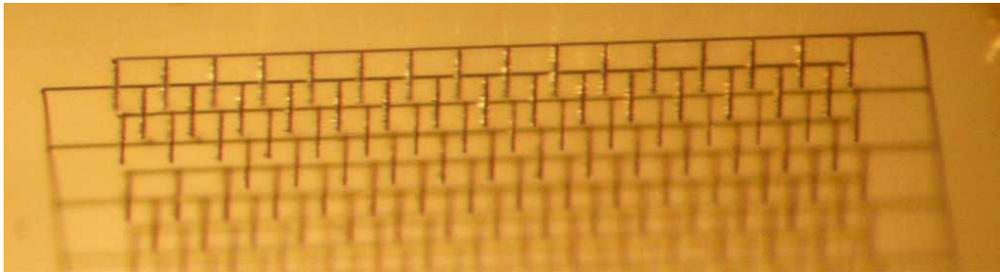


-caratterizzazione dell'interfaccia silicio-diamante

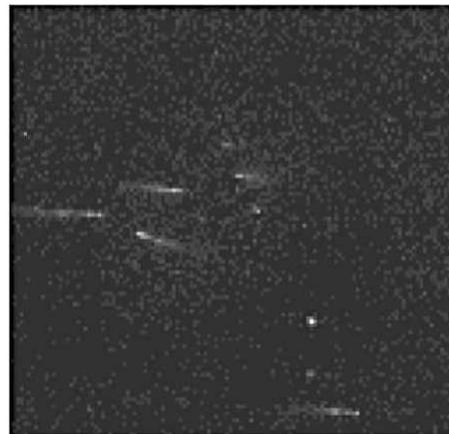
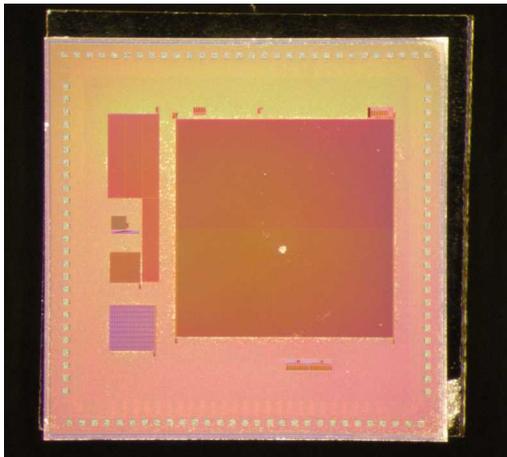


3D_SOD, esperienze acquisite negli esperimenti GV Chipsodia/Diapix, RAPS, SHARPS, VIPIX (II)

-elettrodi grafiteici su diamante prodotti con tecniche laser



-assottigliamento di dispositivo MAPS (40 μm) e sua saldatura laser su diamante



3D_SOD, scopo

- ♦ Sviluppo di dispositivi MAPS-On-Diamond
- ♦ Sviluppo di sensori 3D a diamante

Entrambi i dispositivi sono pensati per la rivelazione di particelle elementari

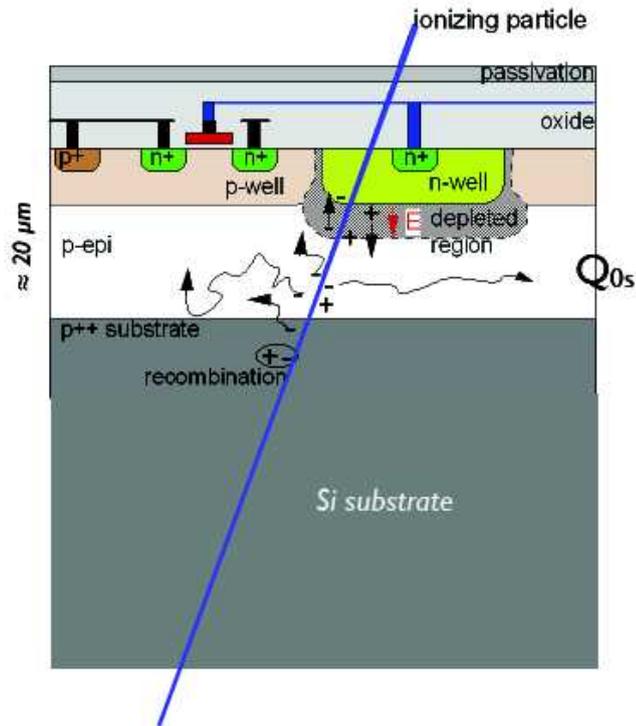
-sensore resistente alla radiazione (la resistenza dell'elettronica dipende dalla tecnologia adottata)

-finemente segmentati (pixel)

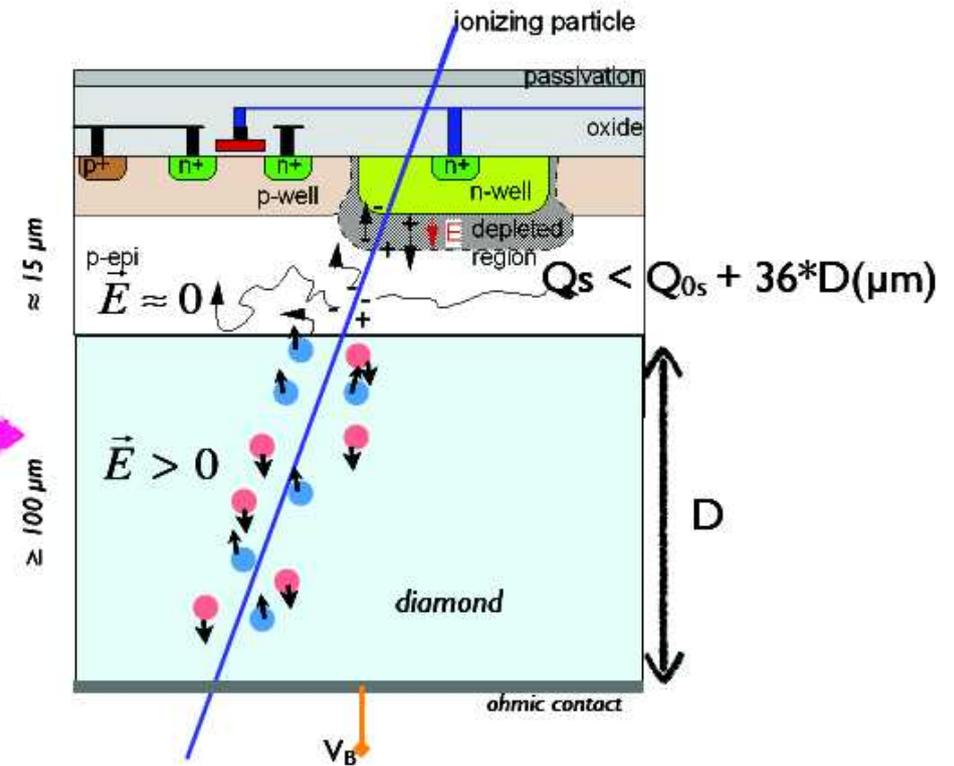
-a basso rumore (≤ 100 e)

3D_SOD, Workpackage 1: MAPS-On-Diamond

Monolithic Active Pixel Sensor (MAPS)

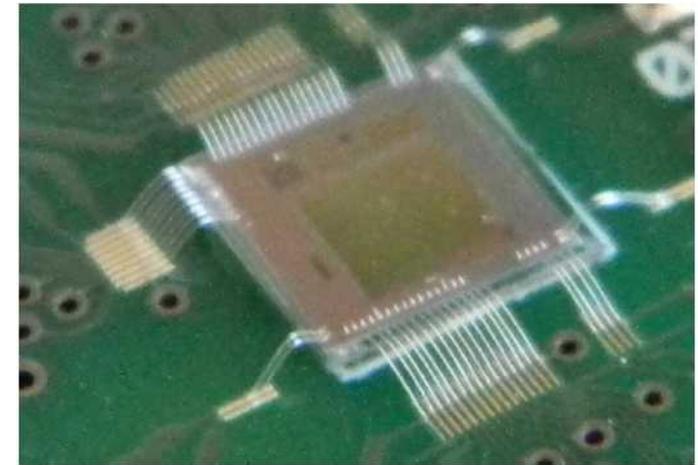
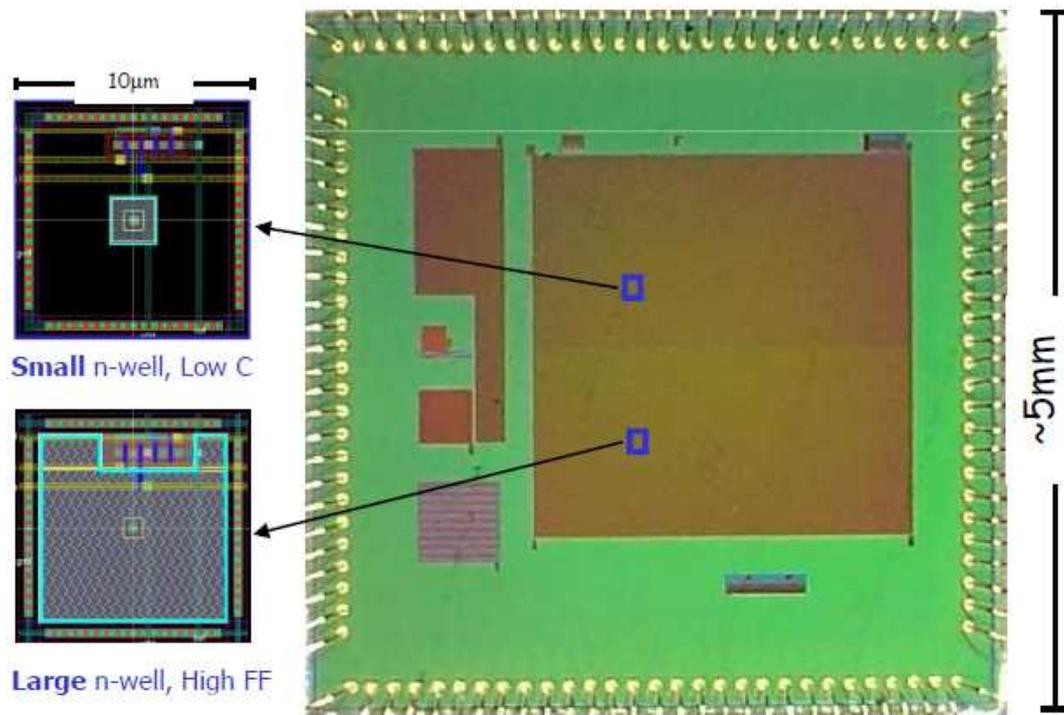


MAPS on Diamond



Si vuole dimostrare che le cariche prodotte da particelle (anche MIP) nel bulk di un diamante (sensore) possono essere "iniettate" con buona efficienza nei siti di raccolta della matrice elettronica, attraverso la superficie di saldatura Si-Dia. Lo spessore del diamante utilizzato contribuisce a elevare il rapporto segnale rumore, rispetto a quello tipico dei dispositivi al silicio stand-alone.

3D-SOD, Workpackage 1: MAPS-On-Diamond

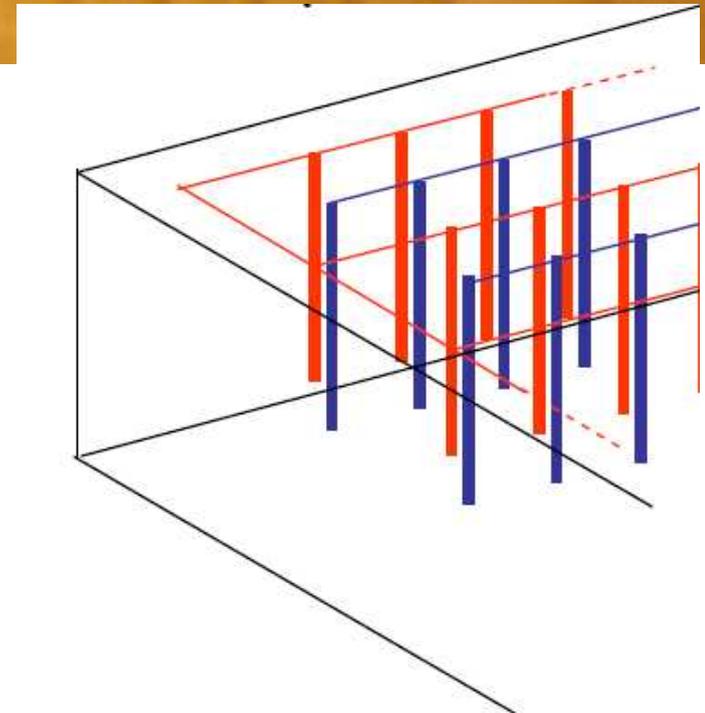
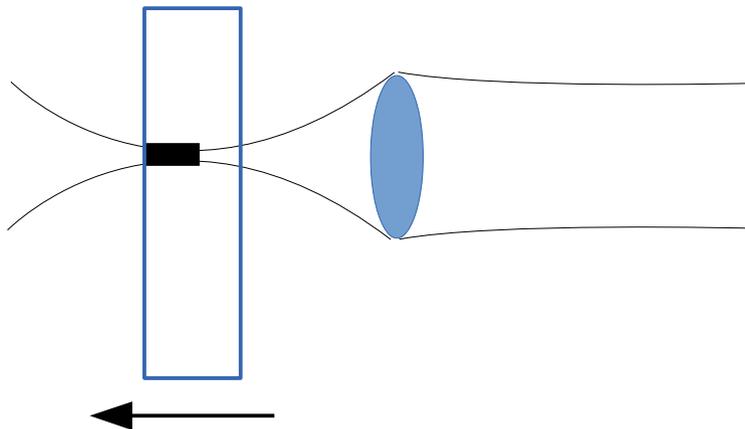
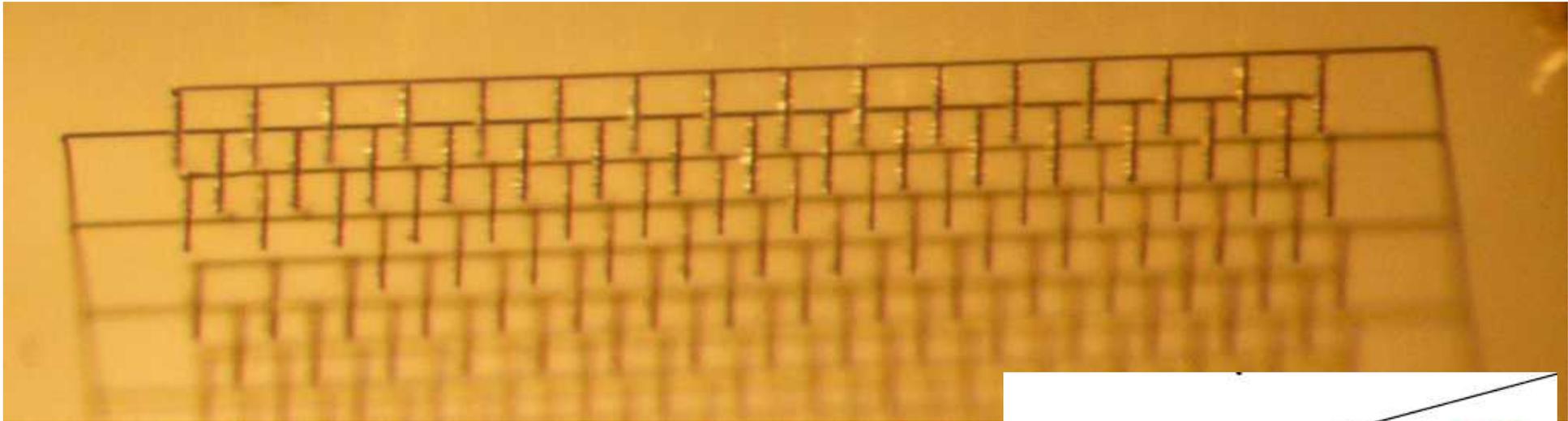


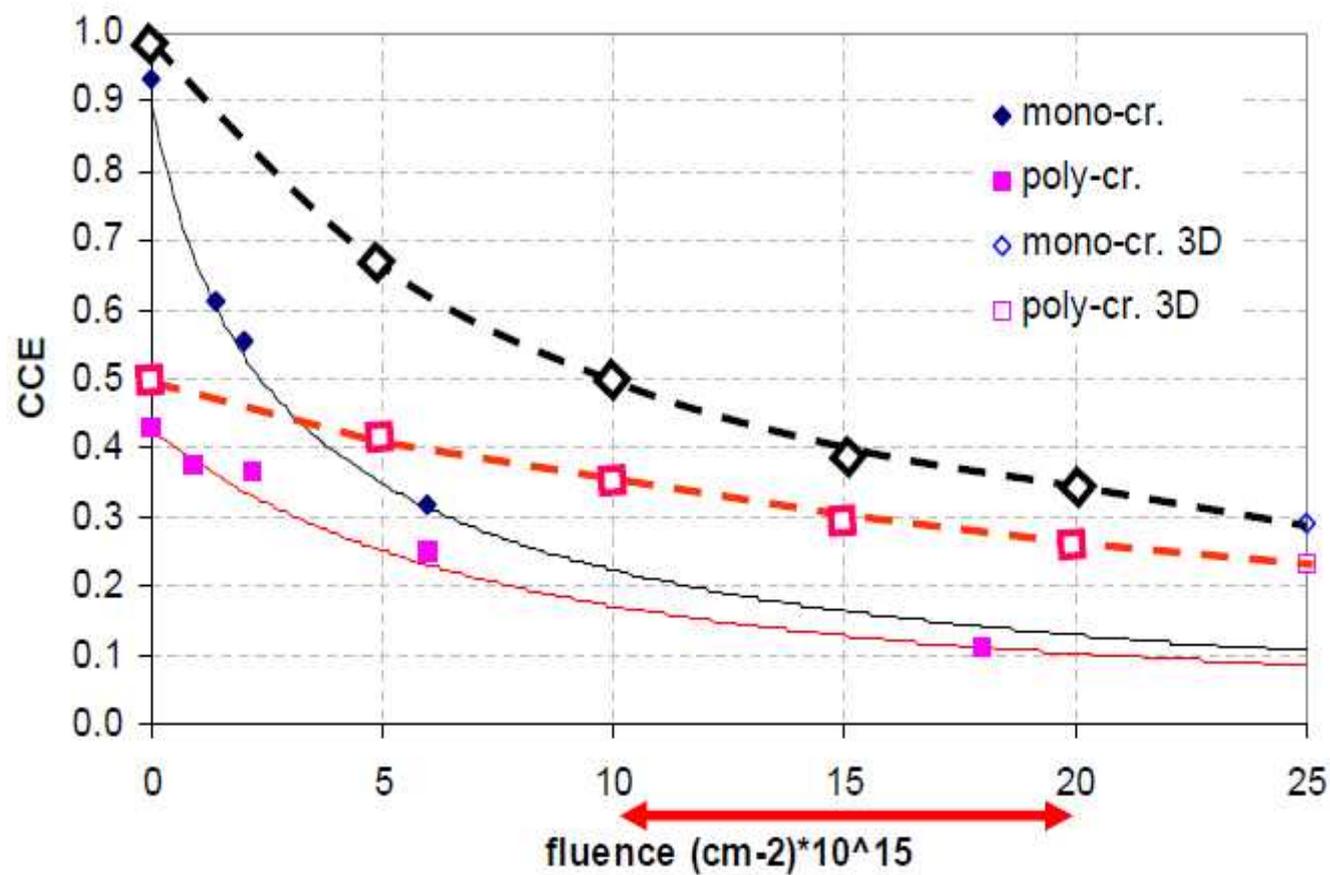
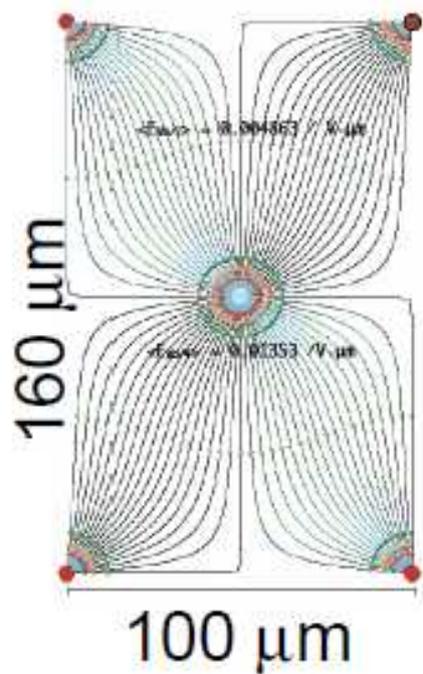
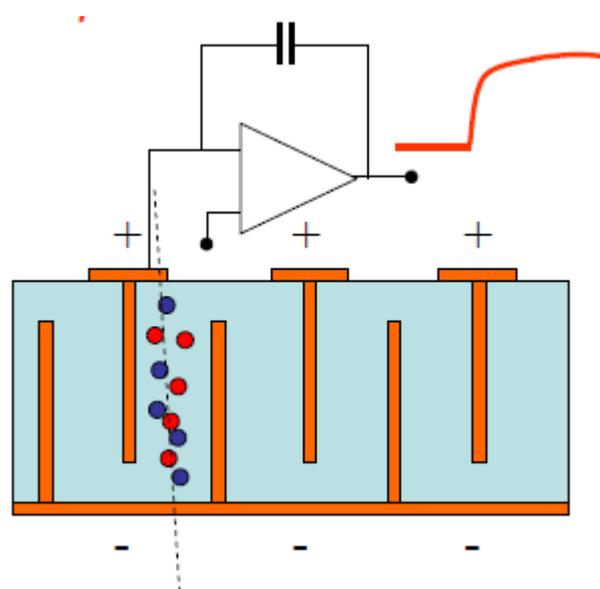
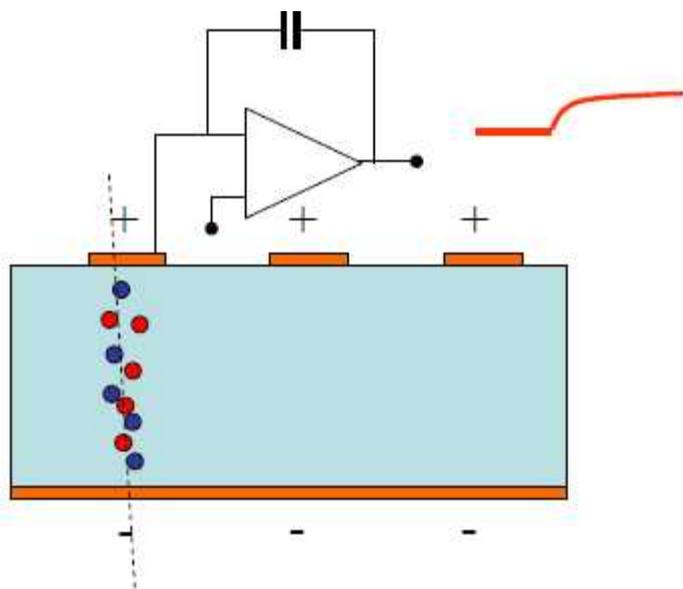
RAPS03 assottigliato 40 μm
saldato a diamante e
perfettamente funzionante
(IWORID2013)

La sperimentazione partirà con chip tipo Monolithic Active Pixel Sensors in nostro possesso (RAPS03) assottigliati (20-25 μm) in modo da ottenere dispositivi MAPS-on-Diamond. Su questi si faranno verifiche sull'efficienza di iniezione e sulla sua uniformità spaziale. L'esito di questa prima parte dell'attività darà il via alla sperimentazione di altri tipi commerciali di MAPS, quali i BSI (Back Side Illuminated), in collaborazione con una azienda leader nella produzione di tali dispositivi con cui alcuni proponenti collaborano da anni (Micron, adesso L-Foundries).

3D-SOD, Workpackage 2: Grafitizzazione laser

Sviluppo di tecniche di grafitizzazione di volume per substrati di diamante basate su laser a ns o fs, per la costruzione di elettrodi 2D e 3D per sensori di particelle cariche (anche MIP) in condizioni di alto rate.





Rivelatori 3D: problemi da risolvere

Resistività (resistenza) delle colonne troppo alta

ns laser: $\rho \approx 60 \text{ m}\Omega \text{ cm}$

fs laser: $\rho \approx 900 \text{ m}\Omega \text{ cm}$

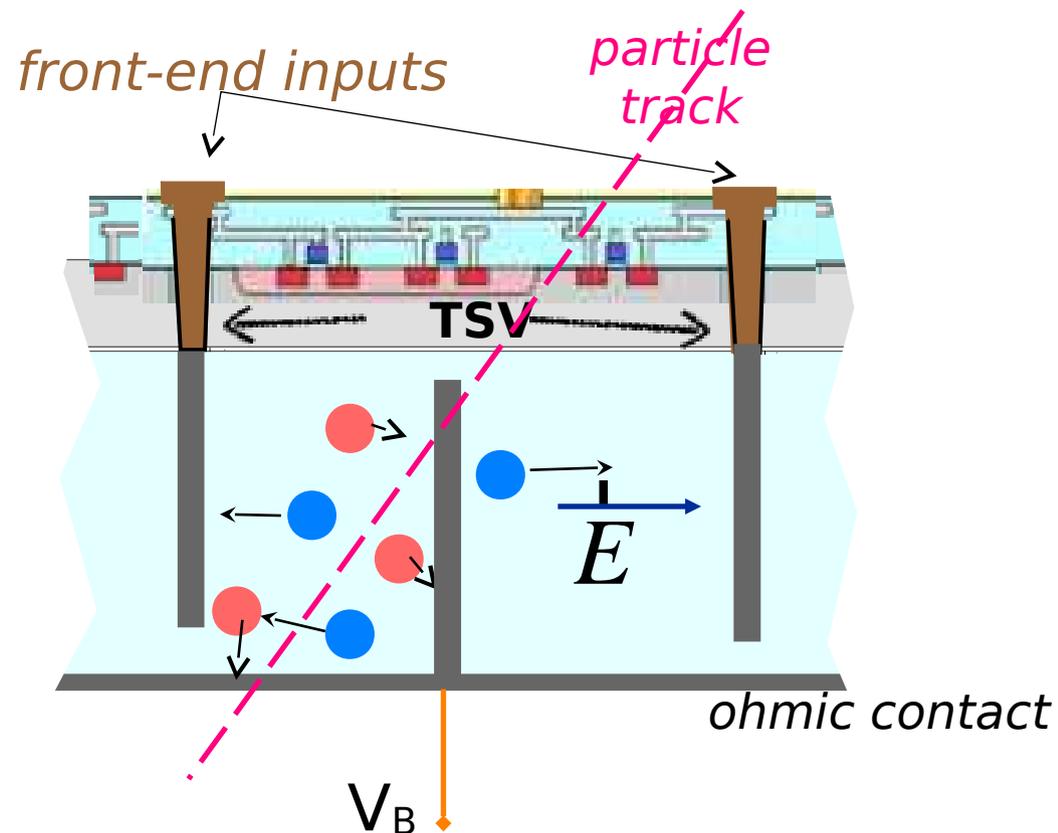
- ▶ Le colonne al ns hanno resistenza minore ma presentano una inefficienza di raccolta di carica del 20-30 %

Strategie:

- ▶ Analisi di fisica dello stato solido sul materiale (Raman, X-ray diffraction...)
- ▶ Modifica dei parametri di processo: energia per impulso, lunghezza d'onda, frequenza di ripetizione, velocità di avanzamento
- ▶ Trattamenti termici post-processo
- ▶ Sostituzione del materiale (grafitico e non) colonnare con materiale conduttivo (nanopolveri di materiale a basso Z)

All'ultimo anno proponiamo **l'integrazione** della nostra tecnologia SOD con la tecnologia di grafitizzazione 3D, per ottenere un **pixel detector 3D** a integrazione verticale.

L'elettronica da utilizzare: chip attuale (CHIPSODIA), MAPS -On-Diamond (?)



Attività di ricerca per anno: 2014

WP1, Tecnica di saldatura laser

- **Realizzazione di MAPS-On-Diamond** (MAPSOD1) con **RAPS03** assottigliati a 25 μm di spessore(Firenze).
- **Test di laboratorio** su MAPSOD:calibrazioni con raggi X e sorgenti, un test su fascio di particelle(Perugia)
- Messa a punto della **simulazione dei dispositivi** SOD, con particolare attenzione alla modellizzazione dell'interfaccia Si-Diamante. Primo confronto con i risultati delle misure sperimentali (Perugia).
- **Studio sulla utilizzabilità di chip commerciali** quali memorie RAM e Back Side Illuminated (BSI) per rivelatori di radiazione ionizzante SoD position sensitive(Perugia-Micron/*L-Foundries*)

WP2, Fabbricazione di elettrodi grafatici

- Sistematica di colonne grafatiche ottenute a diversi parametri di processo**(Firenze).
- Misure** di spettroscopia **Raman**, misure elettriche di **resistenza**, misure di **diffrattometria X**.
Trattamenti post-processo, tipo annealing termico(Firenze)
- Simulazione** di un dispositivo a diamante 3D a pixel e/o a cluster di pixel (strixel) per modellare i dispositivi di test che verranno realizzati e confrontare i risultati con le misure sperimentali(Perugia).
- Realizzazione di un sistema di lettura per matrici di pixel** di piccole dimensioni (5x5) per effettuare i test in laboratorio con sorgenti di radiazione ionizzante(Perugia,Bari).

Attività di ricerca per anno: 2015

WP1, Tecnica di saldatura laser

-Completamento dei test sui MAPSOD1, compreso fasci di particelle (elettroni, protoni).

Responsabilità primaria: Perugia.

-Scelta di nuovi dispositivi a seconda dei risultati fin qui ottenuti(Firenze):

Realizzazione di dispositivi SOD con chip commerciali assottigliati oppure nuovo batch MAPSOD1 con diversi parametri di saldatura

-Test in laboratorio e sotto fascio dei dispositivi realizzati(Perugia).

- Proseguimento simulazioni SOD(Perugia)

WP2, Fabbricazione di elettrodi grafittici

-Studio di un processo di sostituzione del materiale grafittico delle colonne con nanoparticelle conduttrici(Firenze).

-Realizzazione di piccoli dispositivi 3D con colonne a diversa geometria e diverso raggruppamento a seconda della loro resistenza in modo da contenere il rumore a livelli accettabili(Firenze).

-Lettura del dispositivo con elettronica esterna e test in laboratorio con sorgenti di radiazione ionizzante(Firenze,Perugia,Bari).

-Test di resistenza alla radiazione dei dispositivi realizzati(Perugia).

Attività di ricerca per anno: 2016

WP1, Tecnica di saldatura laser

- Realizzazione di una stazione di test per BSI (Perugia).
- Realizzazione di dispositivi SOD con CMOS imagers commerciali di tipo BSI(Firenze)
- Test su BSI on Diamond: calibrazioni con raggi X e sorgenti, un test su fascio di particelle(Perugia).
- Simulazione dispositivi BSI on Diamond e confronto con i risultati sperimentali.(Perugia)

WP2, Fabbricazione di elettrodi grafitici

- Integrazione della tecnologia SoD con la tecnologia diamante 3D e fabbricazione di un pixel detector 3D a integrazione verticale SoD.
- Test in laboratorio, test su fascio, test di irraggiamento(Perugia).

Firenze:anagrafica

Giuliano Parrini PA

Silvio Sciortino RC Dipartimento di Fisica 70%

Stefano Lagomarsino Docente 100%

Mario Santoro Ricercatore CNR 20%

Federico Gorelli Ricercatore CNR 20%

2.1 FTE

Collaborazioni con Istituti Italiani

iit

Istituto Italiano di tecnologia

Fernando Brandi, Riccardo Carzino



Marco Bellini, Margherita Citroni, Chiara Corsi,
Samuele Fanetti, Federico Gorelli, Mario Santoro

Collaborazioni Internazionali

Detector Technology and Systems Platform HFG Association

<http://ufo.kit.edu/hgf-detectors/html/n2.html>

Workpackage: Diamond Detectors GSI Darmstadt

<http://ufo.kit.edu/hgf-detectors/html/wp10.html>

The development of 2D sensors consisting of large, freestanding Diamond-On-Iridium (DOI plates).

The investigation of **3D diamond sensors** using three types of detector-grade CVD-diamond: homoepitaxial single-crystal CVD diamond (scCVDD) grown on small diamond substrates; polycrystalline CVD diamond (pcCVDD) grown on large silicon wafers, and heteroepitaxial single-crystal diamond grown on wafer-scale iridium substrates (DOI).

The development of **monolithic diamond pixel detectors**. The basic structures here are produced by laser-enhanced bonding of diamond sensors on their silicon readout electronic chips. They are named **Silicon-on-Diamond (SOD) devices**.

Richieste Economiche Sezione di Firenze

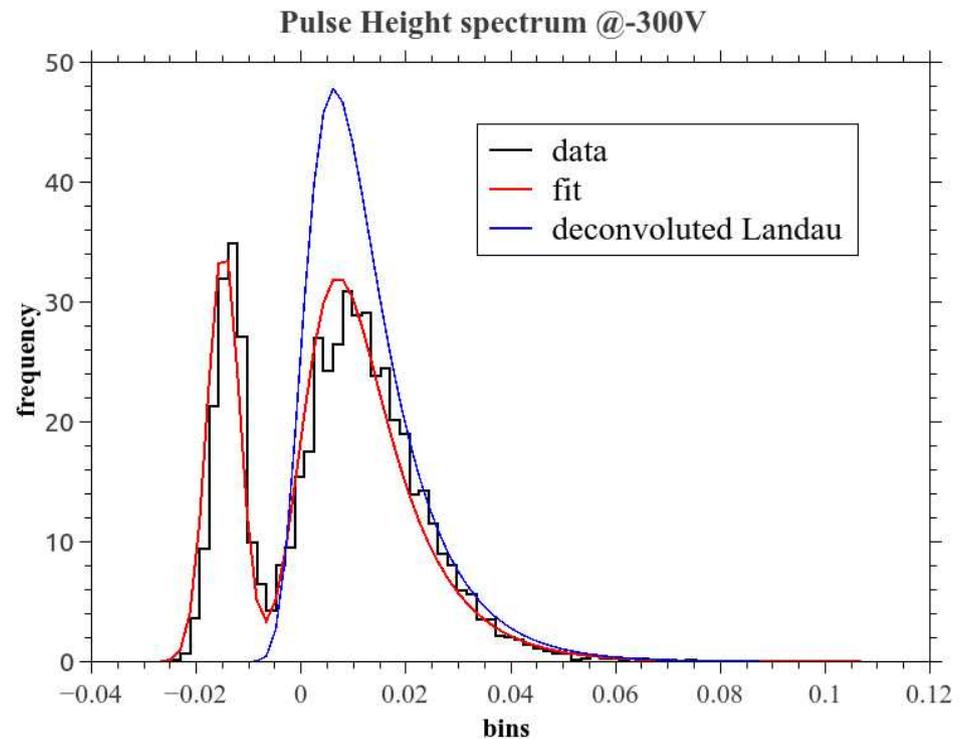
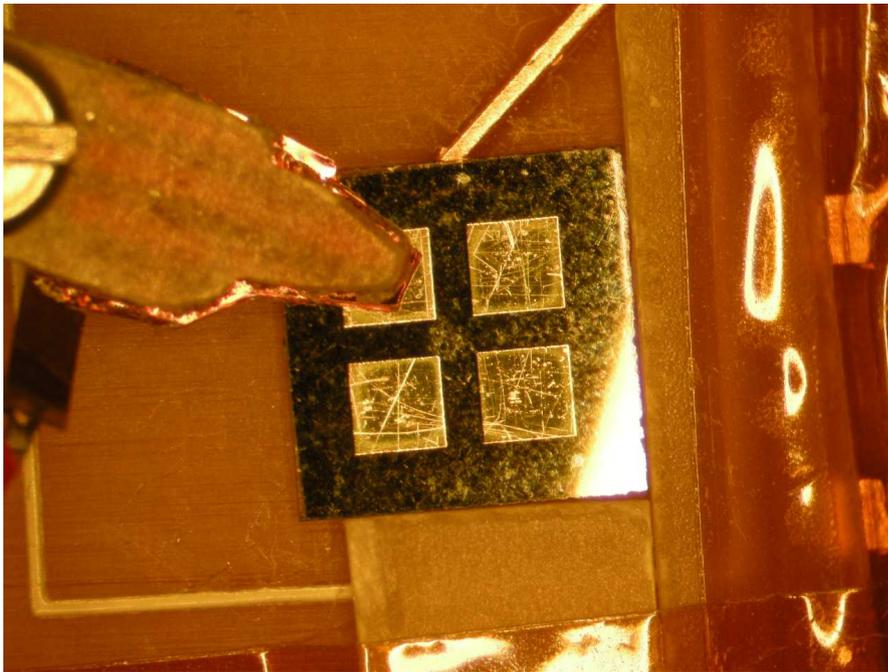
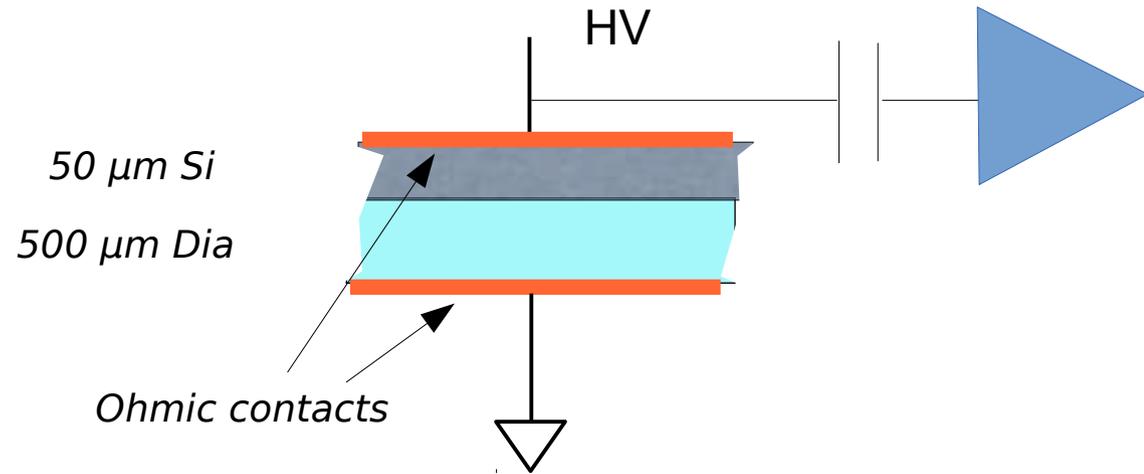
	2014 (kE)	2015 (kE)	2016 (kE)
Campioni di diamante	9 (consumo)	9 (consumo)	4(consumo)
Update sistema di saldatura	8 (consumo)	3 (consumo)	
Manutenzione, uso camera pulita, materiale di laboratorio	5	5	5
Movimentazione sistema grafitizzazione	3 (inventariabi le)		
Componenti ottici	5(consumo)	2 (consumo)	
Sistema acquisizione dati		5(inventariabile)	
Missioni estere e convegni	6	6	6
TOTALE	36	30	15

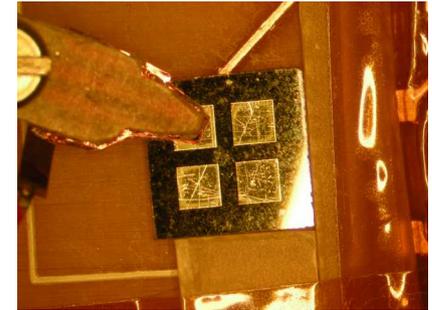
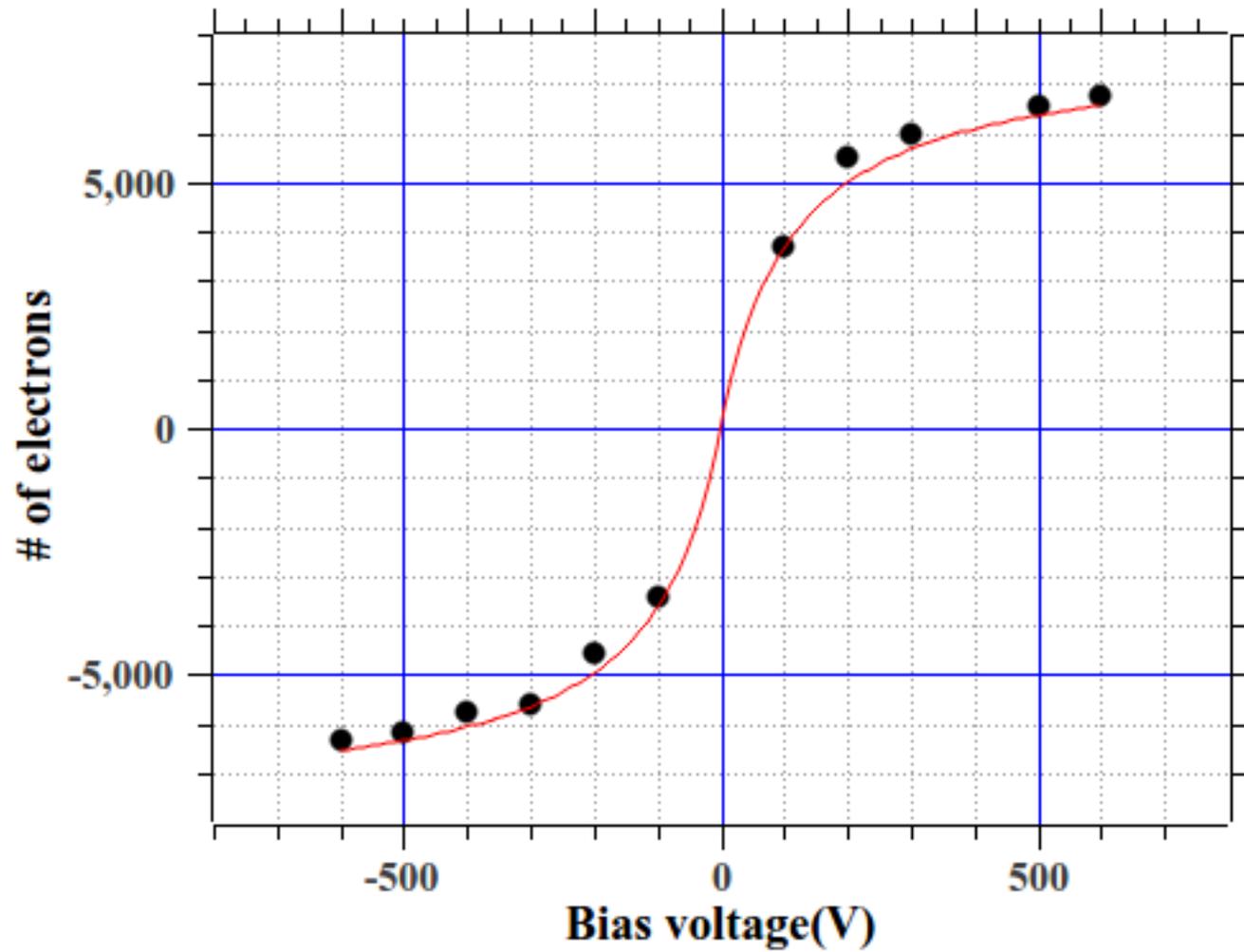
Richieste Economiche Sezione di Perugia

	2014(kE)	2015(kE)	2016(kE)
Assottigliamento RAPS03	2 consumo	2 consumo	
Produtz. PCB per test	2 consumo	2 consumo	2 consumo
Test beam	1.5 miss. [LNF]	2.0 miss. [LNS]	
Licenza simulatore	3 consumo	3 consumo	3 consumo
Stazione di calcolo	2 inv.		
Sistema di test RAM	5 inv. s.j.		
Packaging SOD BSI		3 consumo	
Sviluppo PCB readout	4.5 consumo	3 consumo	3 consumo
Sistema di test BSI	3.0 inv.		
DIGITIZER x TOF	7.5 inv.		
Realizzazione setup irraggiamento (X o protoni)		1.5 consumo	
Test beam e irraggiamenti		2.5 miss. [LNF, LNS]	
TOTALE	30.5	19	8

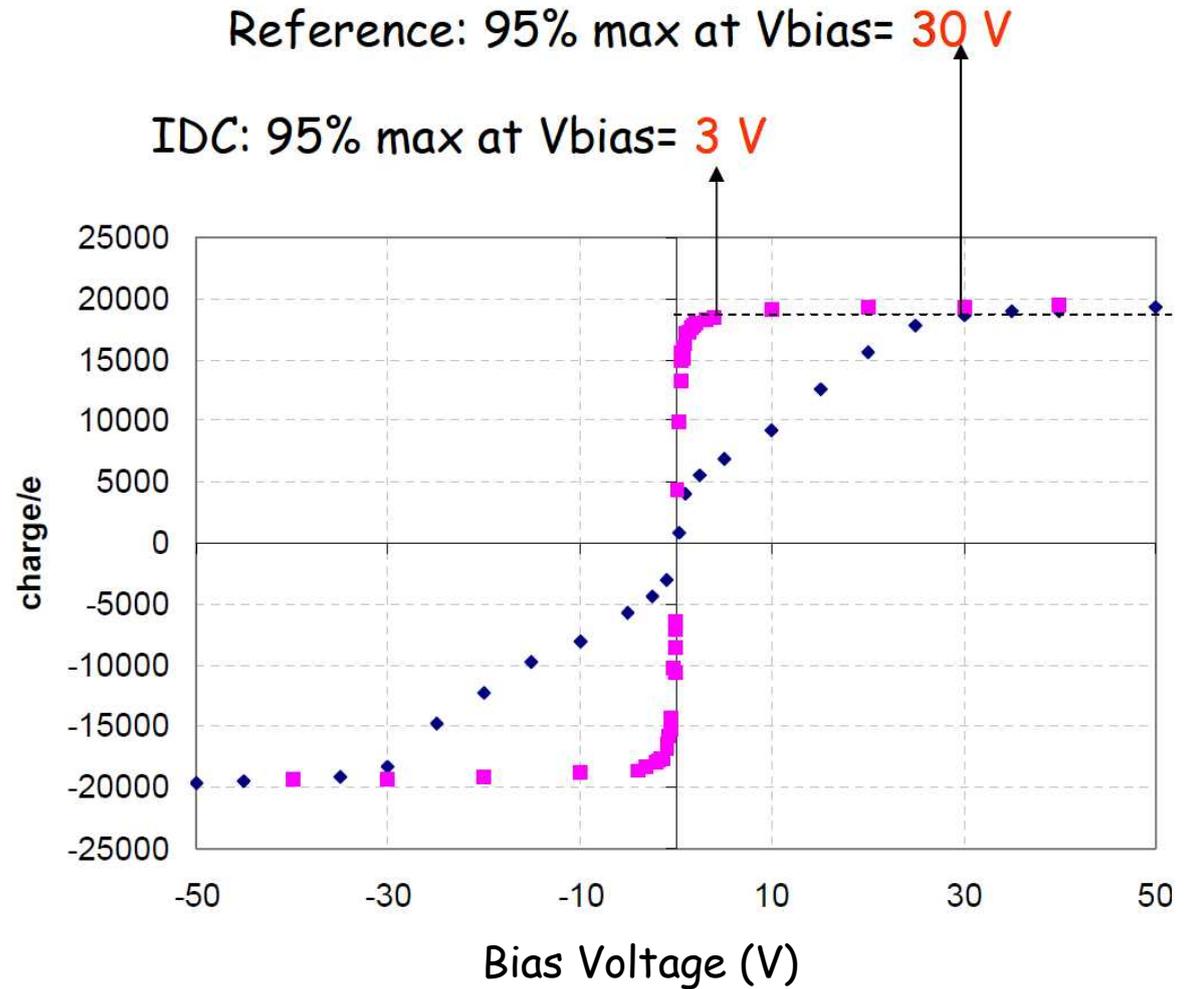
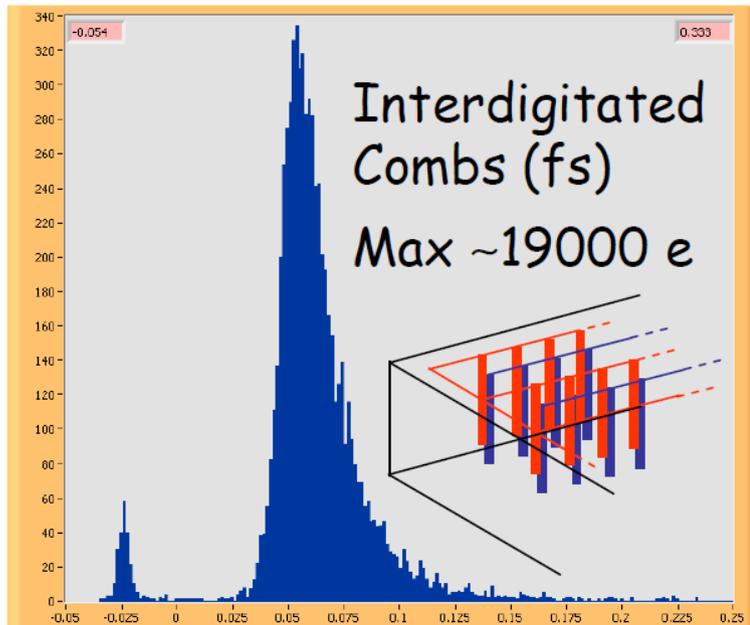
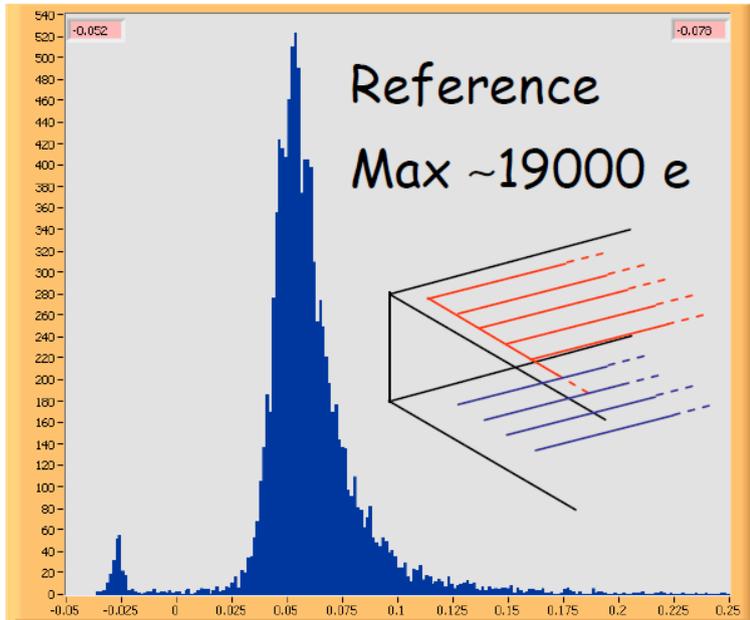
SOD detector

SOD28 Cr-Au contacts on diamond,
500 μm thick,
Al contact on Si, 50 μm thick
Antonio de Sio & Emanuele Pace
Department of Physics &
Astronomy, Florence





Charge is collected through the bonding Si-diamond interface



Con elettrodi costruiti per grafitizzazione laser si ottiene il 100% di efficienza

Nei sensori 3D la carica viene raccolta dagli elettrodi colonnari