DIAPIX

R&D Proposal for high-radiation tolerant DIAmond PIXel detectors

Responsabile nazionale: Gabriele Chiodini, INFN Sez. di Lecce

Responsabile locale: Gianluca Traversi

Status Report 2012

INFN Pavia, Consiglio di Sezione, 20 giugno 2012

Esperimento DIAPIX

Finalità: sviluppo di prototipi di rivelatore a diamante policristallino per tracciatori a pixel ultra resistenti alla radiazione e per dosimetria bidimensionale in radioterapia a intensità modulata (IMRT) ed in adroterapia.

Durata: 3 anni

Sezioni coinvolte: PV, LE, MI-Bicocca, FI, LNS, RM3, PG, CT

per un manpower totale di (1+4.9+1.4+2.9+3.2+3.5+1.5+1.4) 19.8 FTE

Struttura dell'esperimento DIAPIX

Struttura a workpackages (WP)

WP1: Realizzazione di un rivelatore a pixel ibrido al diamante resistente alla radiazione (MI-BI, PV, LE)

WP2: Realizzazione di un rivelatore dosimetrico bidimensionale per radioterapia ad intensità modulata e adroterapia (FI, LNS)

WP3: Studio comparato dei sensori al diamante policristallino prodotti dalle industrie e dalla Russian Academy of Science e loro applicazioni in dosimetria e tracciamento di particelle cariche (RM3, PG)

WP4: Realizzazione contatti ohmici metal-less su diamante e bump-bonding fra sensore al diamante e chip di readout con l'impiego di tecniche laser (LE)

WP5: studio della risoluzione temporale di rivelatori al diamante per particelle al minimo di ionizzazione (CT)

Motivazioni della proposta

- ✓ La proposta intende compiere i passi finali, ancor oggi mancanti, per dimostrare la fattibilità di un rivelatore a pixel di diamante ultra resistente alle radiazioni
- ✓ I rivelatori che verranno impiegati nei futuri esperimenti ad elevata luminosità dovranno resistere a dosi dell'ordine di 10^{16} particles/cm^2
- ✓ Al momento solo due tipologie di sensori possono resistere a queste dosi (diamante e 3D Si)
- ✓ L'elettronica di readout per pixel finora realizzata (ATLAS, CMS), nonostante presenti un rumore di circa 120e–, a causa di fenomeni di cross-talk fra sezione analogica e sezione digitale, non è in grado di lavorare a livelli di soglia inferiore a circa 2500e-
- ✓ Questo problema non è limitante nel caso dei sensori al Si, grazie al maggior segnale, ma lo è di certo se si considerano sensori al diamante
- ✓ Fra i possibili vantaggi offerti dalle tecnologie 3D vi è la riduzione del cross-talk fra il readout digitale del chip e la sezione analogica
- ✓ Si vuole utilizzare il chip di front-end 3D (SuperPIX1) sviluppato da VIPIX per essere interconnesso con tecniche di integrazione verticale ad un rivelatore al Si ad alta resistività (pitch di 50um). Questo chip, pur non essendo ottimizzato per la lettura di sensori al diamante, consentirebbe alla collaborazione DIAPIX di dimostrare la possibilità di operare a valori di soglia molto bassi

Attività 2012

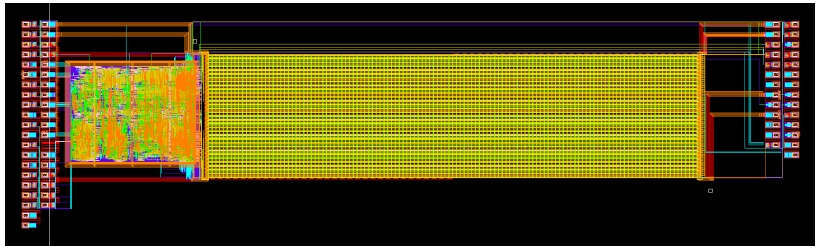
- ✓ Il secondo MPW run in tecnologia ad integrazione verticale Tezzaron Chartered previsto per la fine del 2011 e poi fissato per marzo 2012 è stato posticipato a settembre 2012 per aver tempo di testare i chip 3D prodotti nel primo run (quelli forniti a fine 2011 non erano funzionanti a causa di un disallineamento fra i due layer, anche se ciascun layer era funzionante)

Nel 2012 si prevedeva di:

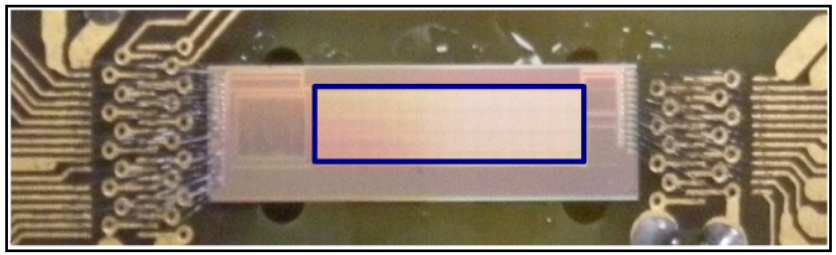
- ✓ Interconnettere il sensore al diamante al chip di readout SuperPIX0 ✔
  - ✓ Connessione sensore-chip di readout effettuato da IZM
  - ✓ Wirebonding del rivelatore alla scheda di test (luglio) presso INFN Pisa
- ✓ Sottomissione del chip di readout 3D SuperPIX1 (settembre 2012) VIPIX
- ✓ Test di laboratorio del rivelatore al diamante connesso a SuperPIX0 (settembre2012)

Chip di readout: SuperPIX0

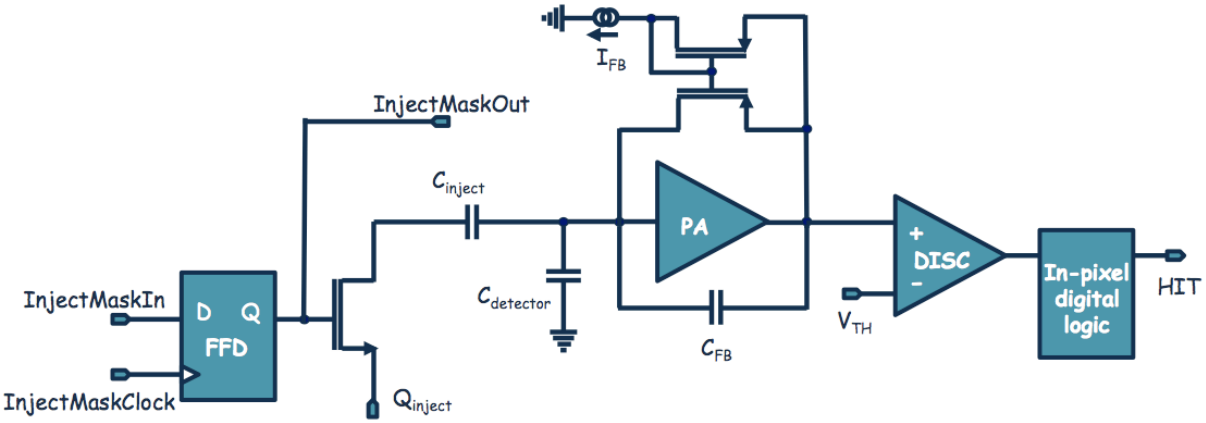
SuperPix0 layout



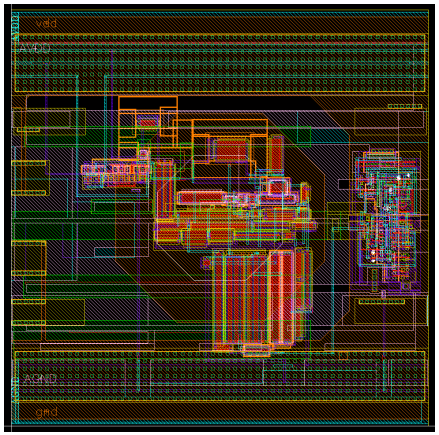
Photograph of the prototype

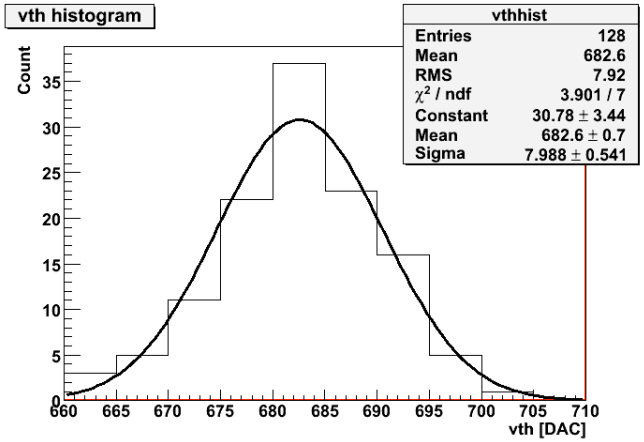


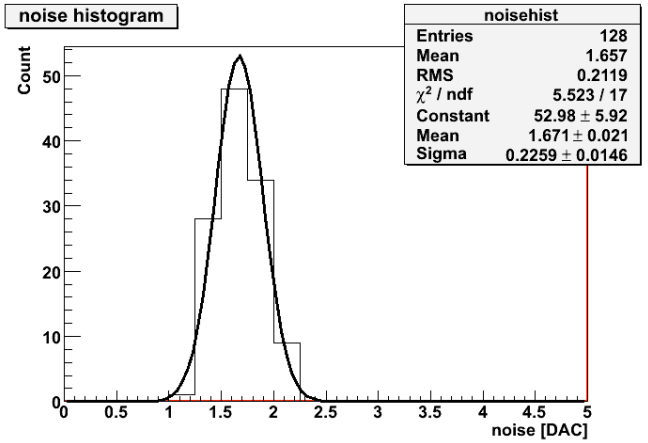
The prototype chip contains 4096 readout cells of 50um×50um arranged in a 32 × 128 matrix and organized in MacroPixels (MP)



Pixel layout integrated in the SuperPix0 chip

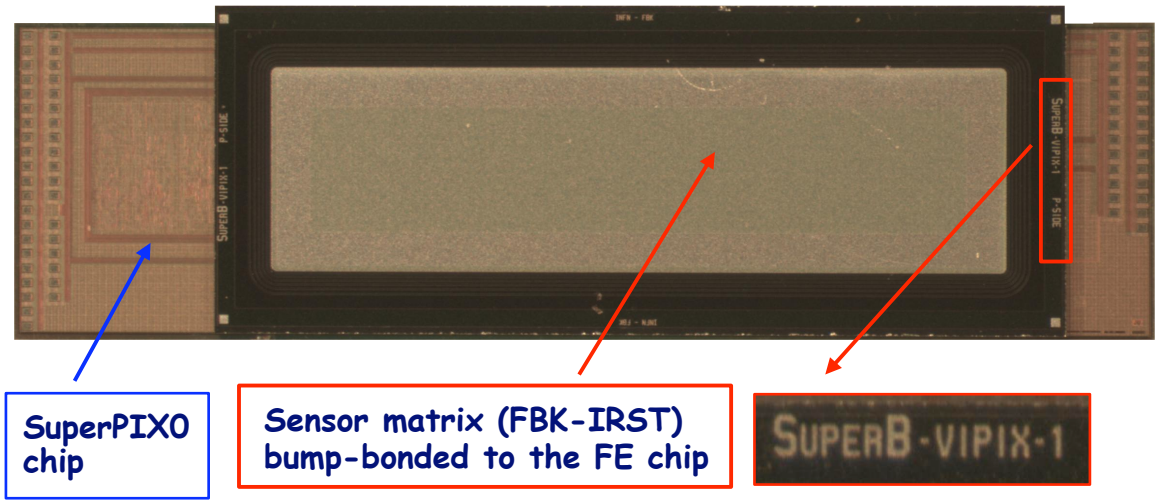






The hybrid pixel detector: SuperPIX0 + Si HR sensor

- ✓ Pixel sensors on high resistivity substrate (compared to MAPS) give much better radiation hardness, signal-to-noise ratio,…
- ✓ VIPIX sensors are fabricated by FBK-IRST, following the specifications of the interconnection process
  - ✓ N-on-N: P-spray isolation on n-side, p implant on the back side
  - ✓ Wafer thickness: 200um (FZ, HR Si); 50x50um pitch
- ✓ Bump bonding with the Fraunhofer IZM process (electroplating of SnAg solder bumps)



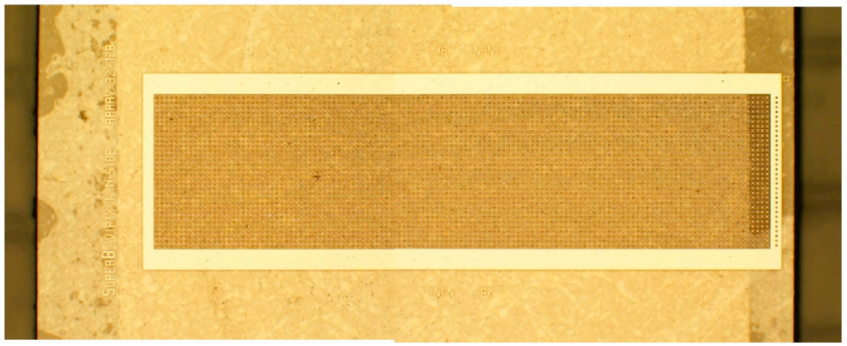
- ➢ ST-130 nm CMOS technology
- ➢ 4k pixels (32x128), 50x50 um^2
- ➢ readout architecture: optimized with target hit rate (100 MHz/cm^2) on a full-size chip (~1.3 cm^2)
- ➢ VHDL simulation: r.o. efficiency > 98% @ 60 MHz r.o. clock
- ➢ Good quality of the interconnections on a 50x50um^2 pitch: 5 defects on 2 chip~6x 10^{-4}

S. Bettarini, "First results on hybrid pixel front-end with sensor", presented at the XV SuperB General Meeting, Caltech (USA), 14-17 Dec. 2010.

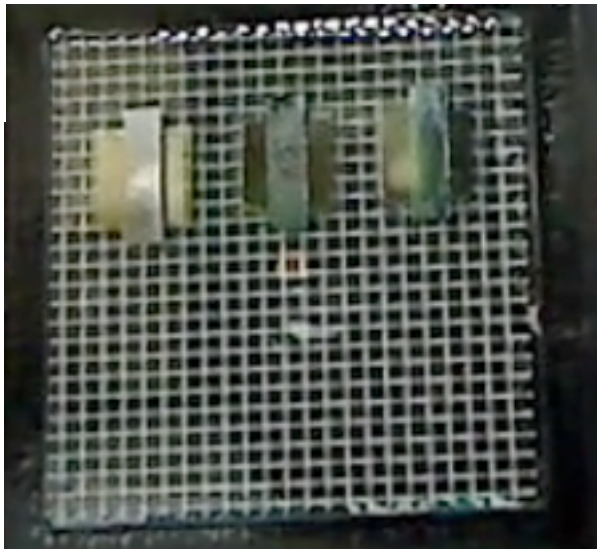
Diamond pixel detector

- ✓ 3 sensori ibridi al diamante realizzati da IZM con electroplating SnAg solder bumps (arrivati settimana scorsa)
- ✓ Sensore: 8x8x0.5 mm
  - ✓ Matrice 32x128 con pitch 50um (sputtering TiW/Cu, photolithography etching annealing)
  - ✓ Back plane: sputtering TiW/Au

Full detector area

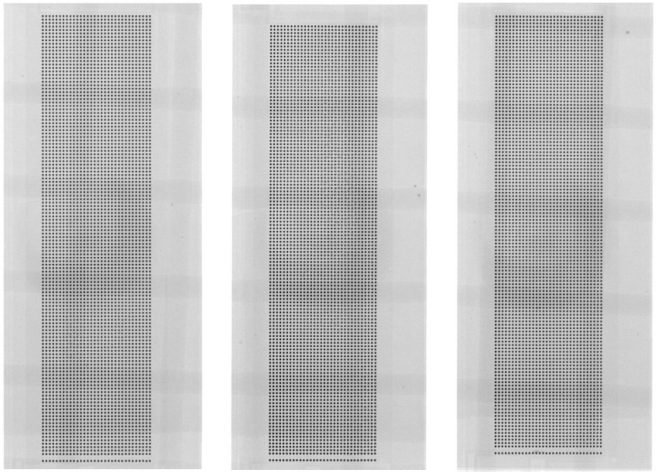


3 diamond detectors in a gel-pack

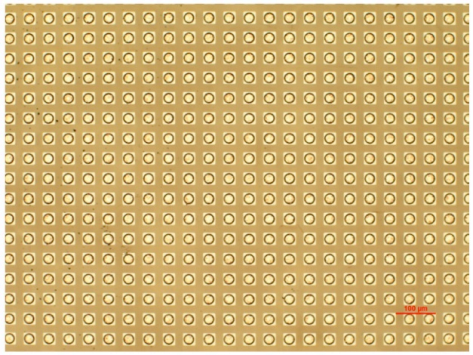


Superpix0 diamond modules:
X ray check after assembly
No irregularities visible

84 86 88



Matrix detail



Conclusioni

- ✓ La sottomissione del chip di lettura SuperPIX1 in tecnologia CMOS 3D Tezzaron-Chartered, ottimizzato per sensori al Si ad alta resistività, prevista per marzo 2012 è stata posticipata a settembre 2012
- ✓ Realizzazione di un rivelatore a pixel al diamante con pitch 50x50um con SuperPIX0 (stesso footprint di SuperPIX1) ✔
- ✓ Test di laboratorio del rivelatore al diamante sono previsti per settembre

Assegnazioni 2012

Consumo	Componenti e realizzazione board per test del rivelatore al diamante connesso a SuperPIX0	
	Bump bonding del chip di front-end 3D con sensori al diamante	
	Componenti e realizzazione board per test del rivelatore al diamante connesso a SuperPIX1	
	TOTALE ASSEGNATO	**22 kEuro (s.j.)**

Sbloccati 2 keuro a maggio

Personale impegnato nel progetto

NOME e COGNOME	Qualifica	Gruppo di afferenza	Percentuale
TECNOLOGI			
Gianluca Traversi (responsabile locale)	R.U.		50%
Emanuele Quartieri	Dottorando		50%
NUMERO TOTALE DI TECNOLOGI		**2 (1 FTE)**	
PERSONALE FULL TIME EQUIVALENT		**1**	