

Sensori di radiazione 3D

Claudio Piemonte

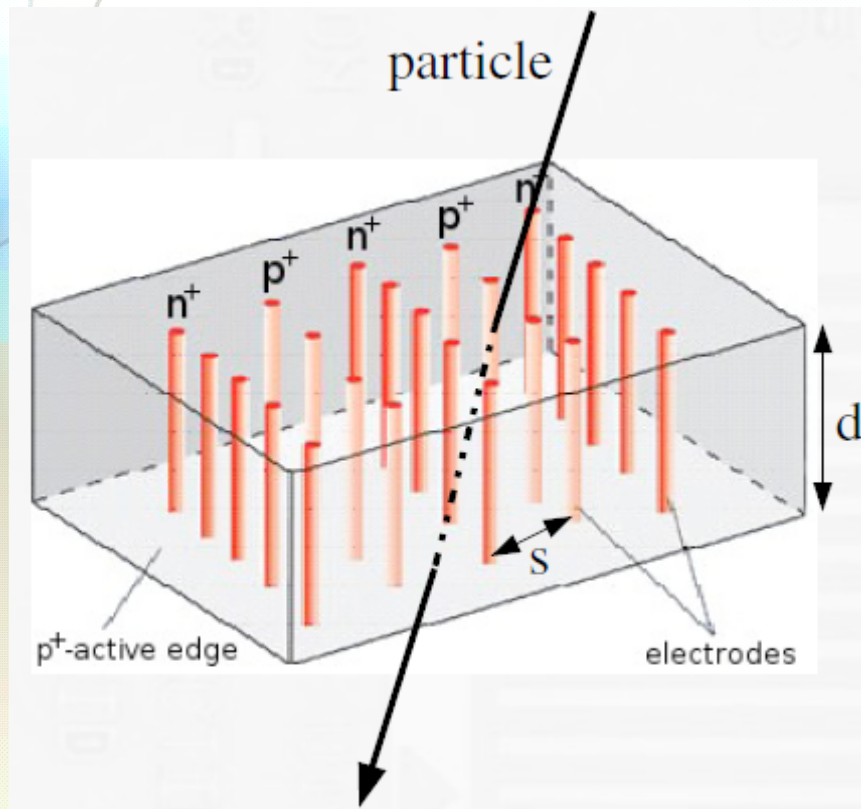
FBK-irst, Trento
piemonte@fbk.eu

Outline

- Rivelatore 3D
- Stato dell'arte
- Stato di avanzamento nella collaborazione
FBK/INFN
- Prossimi passi

Rivelatori 3D

Proposti da S.I. Parker et al., NIMA395 (1997) 328



Si creano delle colonne drogato
che costituiscono gli elettrodi
del rivelatore

=>

Svuotamento procede
lateralmente

Distanza tra gli elettrodi (s) disaccoppiata dallo spessore attivo (d) del rivelatore

Rivelatori 3D

A parita' di carica generata **s** puo' essere $< d \Rightarrow$

minore tensione di svuotamento
100/200V post-irragg. ($\sim 10^{16}$ n/cm²)*
 \Rightarrow operabilita' anche a fluenze elevatissime
 \Rightarrow minore potenza dissipata

raccolta veloce \Rightarrow trapping ridotto
 \Rightarrow maggiore carica raccolta
(40% \rightarrow 60% $\sim 8 \times 10^{15}$ n/cm²)*

**Estrema
resistenza
alle
radiazioni**

Svantaggi

- Disomogeneita' dovute agli elettrodi
- Maggiore capacita' vs planari
- Maggiore complessita' della tecnologia

*Cinzia Da Via'
ATLAS Upgrade Workshop,
Nikhef, 5 November 2008

- Stanford Nanofabrication Facility
 - Primi ad iniziare;
 - Sviluppo piu' avanzato: *full 3D + active edge* esiste;
 - Nessuna produzione di volumi possibile:
 - Trasferimento tecnologico a SINTEF, risultati per ora non del tutto soddisfacenti

- Sviluppi indipendenti, volti a garantire produzione di medi volumi con processi "alternativi"
 - **FBK-irst/INFN**
 - **CNM Barcelona** (approccio simile)
 - **VTT Helsinki** (in ripresa, dopo lungo stop clean room)
 - **ICEMOS** (approccio diverso, ancora nessun risultato concreto)

Progetti principali



The Atlas 3D project - Internazionale

Development, Testing and Industrialization of Full-3D Active-Edge and Modified-3D Silicon Radiation Pixel Sensors with Extreme Radiation Hardness Results, Plans.

Proponents: C. Da Viá, S. Parker, G. Darbo

10 Istituti: Bergen Univ., Bonn Univ., Freiburg Univ., Univ. of Genova, Glasgow Univ., Univ. of Hawaii, LBNL, Manchester Univ., Univ. of New Mexico, Oslo Univ. and the Czech Technical Univ.

4 Fab. Facilities: CNM Spain, ICEMos Ireland, FBK-irst Italy and SINTEF Norway

RD50 - Internazionale

Sviluppo di rivelatori resistenti al danno di radiazione, tra cui i 3D. Diversi istituti partecipanti. **2 produttori** 3D: CNM Spain, FBK-irst Italy

TRIDEAS INFN GV. Convenzione FBK/INFN - Italia

Ottimizzazione 3D anche con bordo attivo in FBK-irst

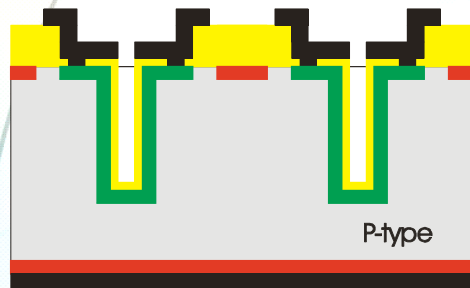
Sezioni INFN coinvolte: BA, PD(TN), TS

Supporto esterno: INFN GE, FBK-irst, 3D-ATLAS coll.

Sviluppi FBK/INFN (2005-2008)

Progetto TREDI e convenzione FBK/INFN

• Processo iniziale 3D-STC (Single Type Column) (2005-06)

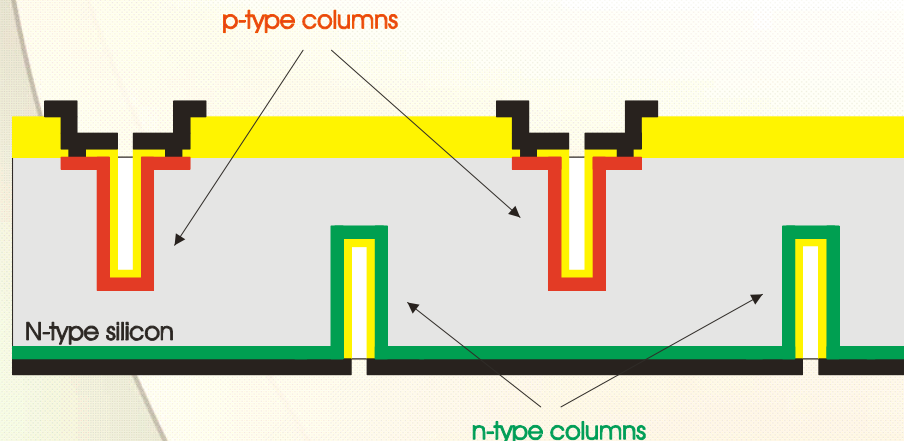


Processo “semplificato” (punto di partenza per lo sviluppo della tecnologia e delle metodologie di test)

- Colonne di singolo tipo (n^+) su substrati p
- Colonne non passanti
- Campi elettrici non adeguati

• Processi 3D-DTC (Double Type Column), 2 lotti fabbricati (2007-08)

Doppia colonna (\rightarrow migliore controllo dei campi elettrici e della raccolta di carica)



- Colonne n^+ e p^+ non passanti
- DRIE su facce opposte
- Processo “quasi single-sided”
- Substrati n e p

Lotto 3D-DTC-1 (n-sub.)

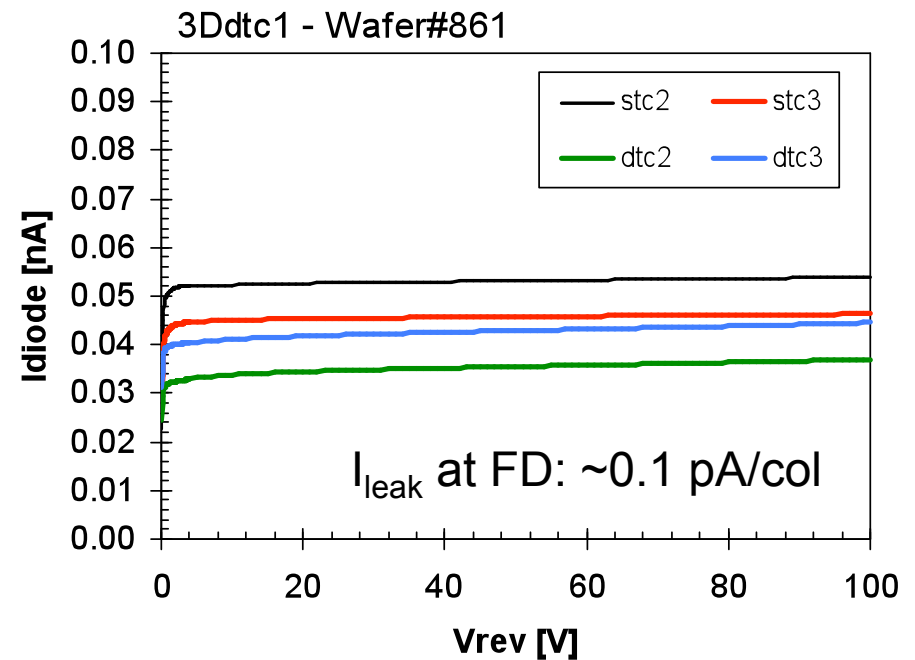
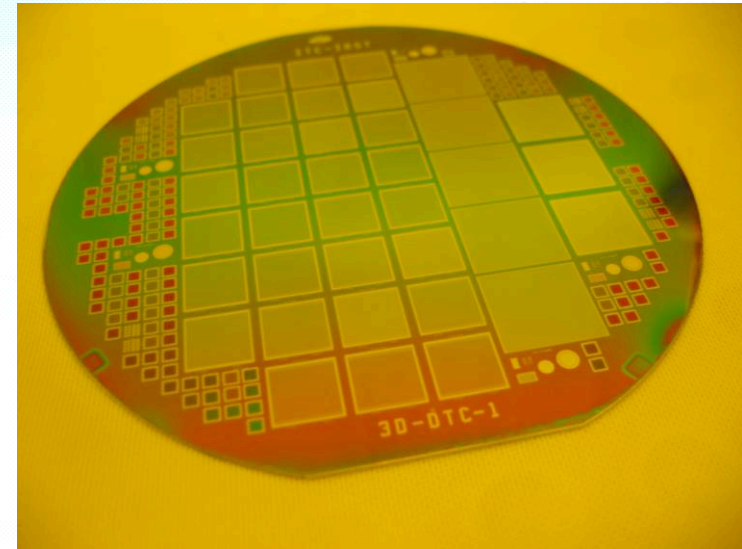
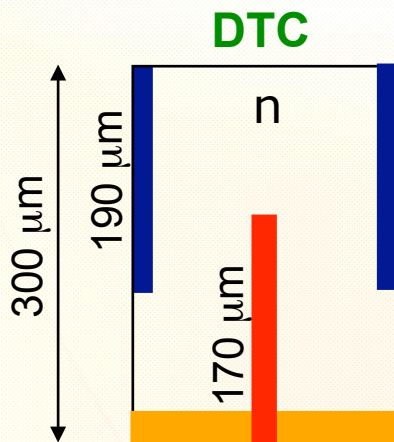


ER

Lotto DTC subst. n-type:

- Rivelatori microstriscia
utile per capire resa processo e primi test funzionali
- Pixel ALICE
- Strutture di test

Overlap colonne non ottimizzato:
circa 60 μ m



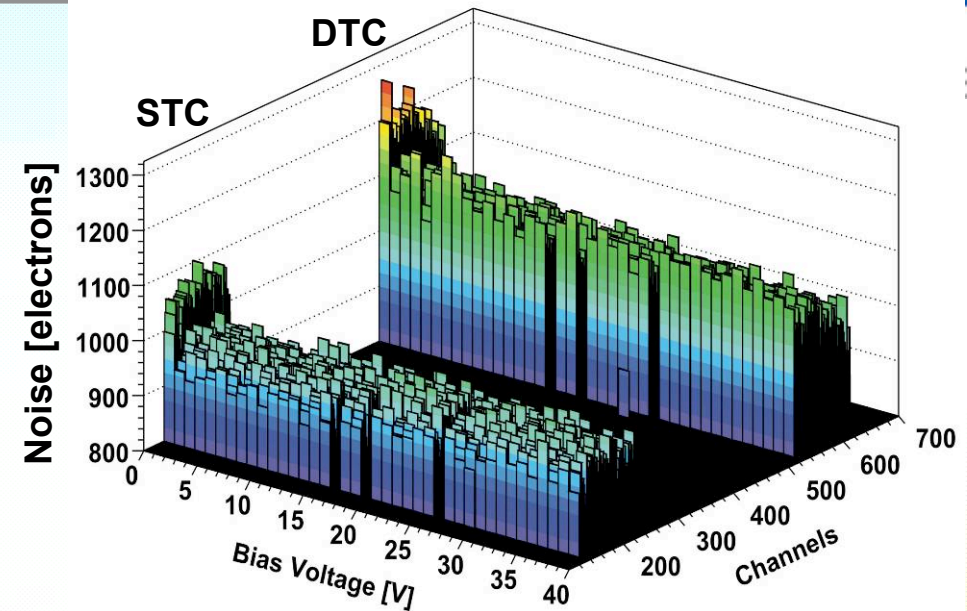
Test su microstriscie



IR

ATLAS hybrid

Fast binary readout,
20ns shaping time

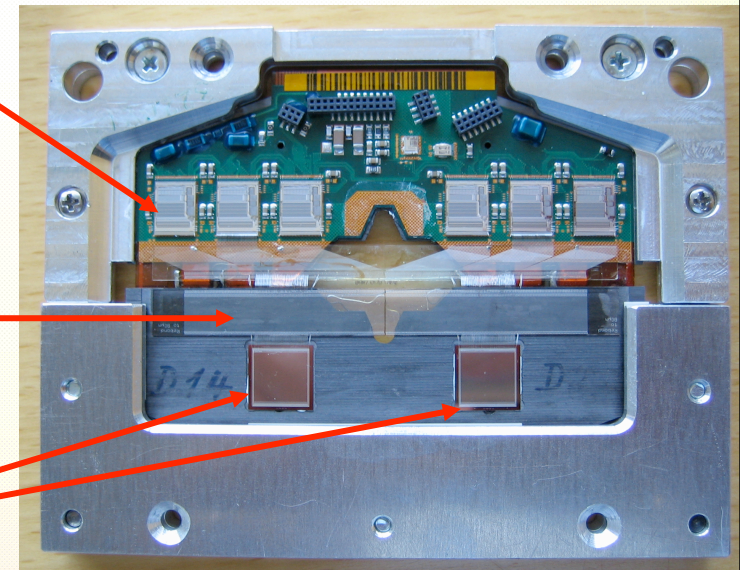


- 1cm x 1cm Area
- 102 strips
- 80 μ m inter/intra column pitch

ABCD3T binary chip
20ns shaping time

Re-bondable fan-in

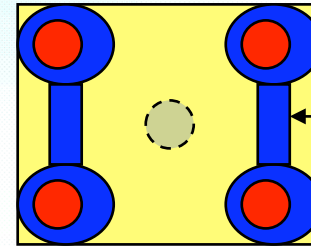
Detectors



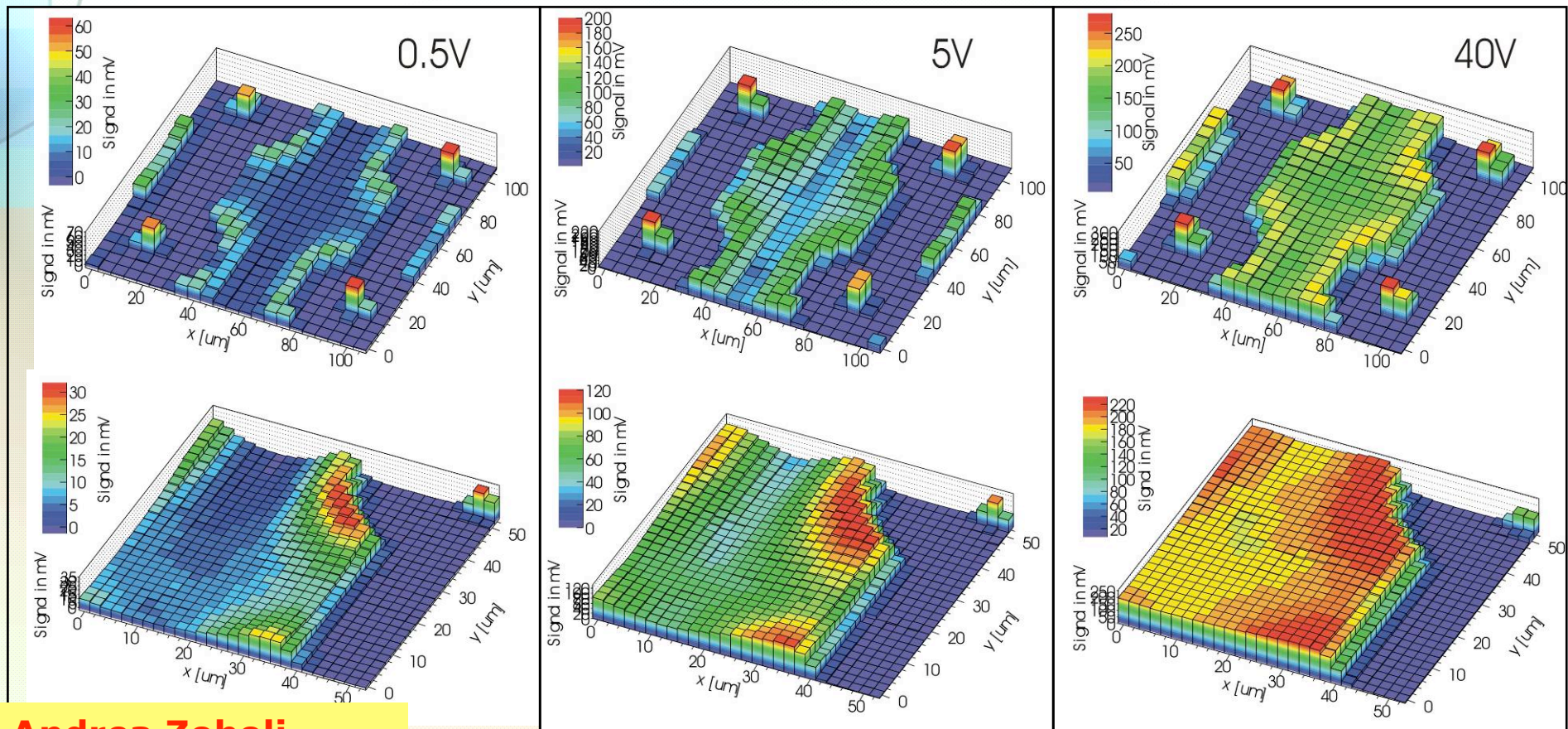
Scan con laser prima di irragg.

Setup:

- 980nm infrared pulsed laser
- x-y motorized stage
- 5 μ m resolution (first row)
- 2 μ m resolution (second row)



Metal
strip



Studio irraggiamento

All the samples irradiated with 24MeV protons in Karlsruhe
at different fluences:

F1: $5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$

F2: $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$

F3: $2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$

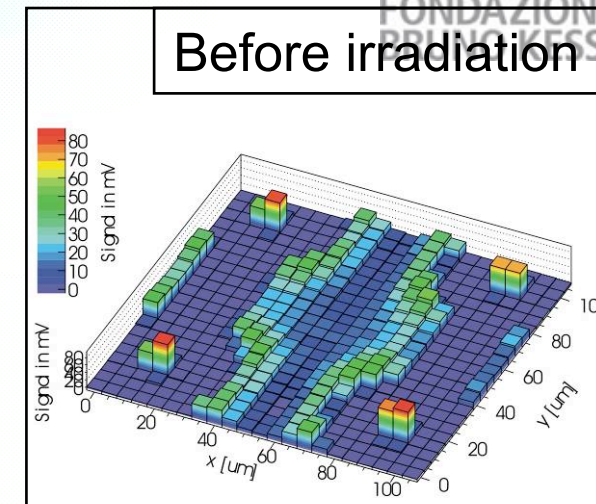
Charge collection measurements (at -11°C) after irradiation
have been performed before and after annealing:

Standard annealing step:
 60°C for 80 minutes

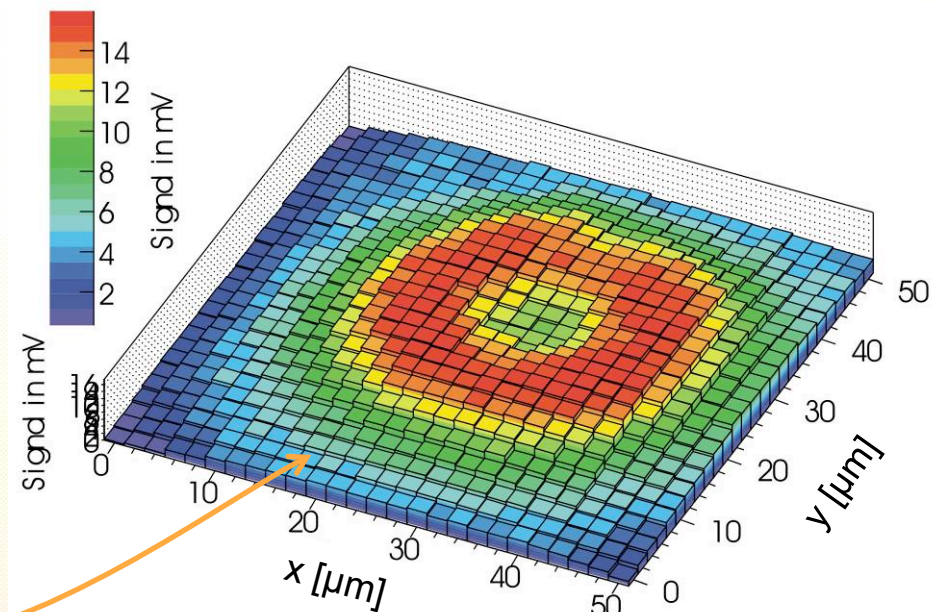
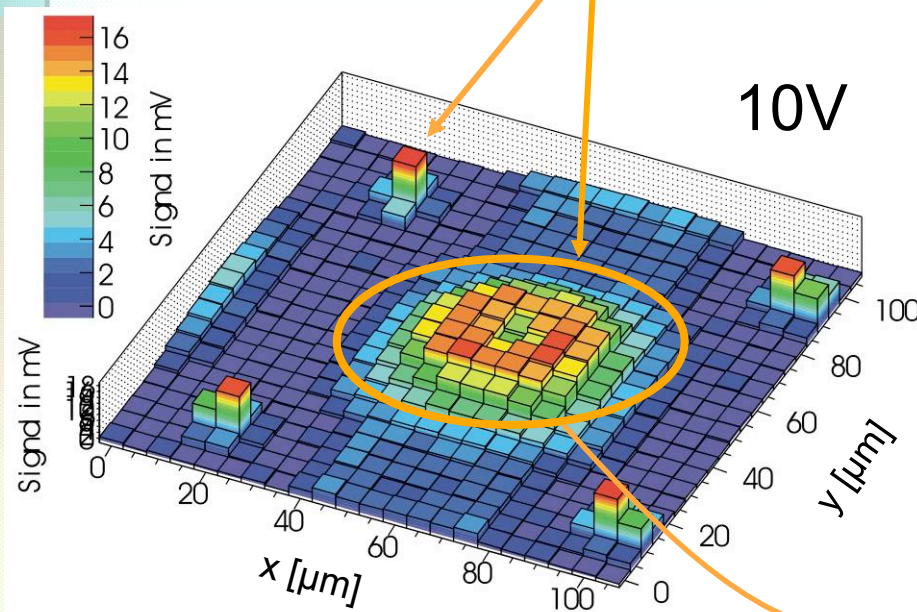
Scan con laser dopo irragg.

Type inversion observed,
main junction on the back column

The signal is now growing both from
the back and from the front column



Double junction effect



Caratterizzazione post-irraggiamento

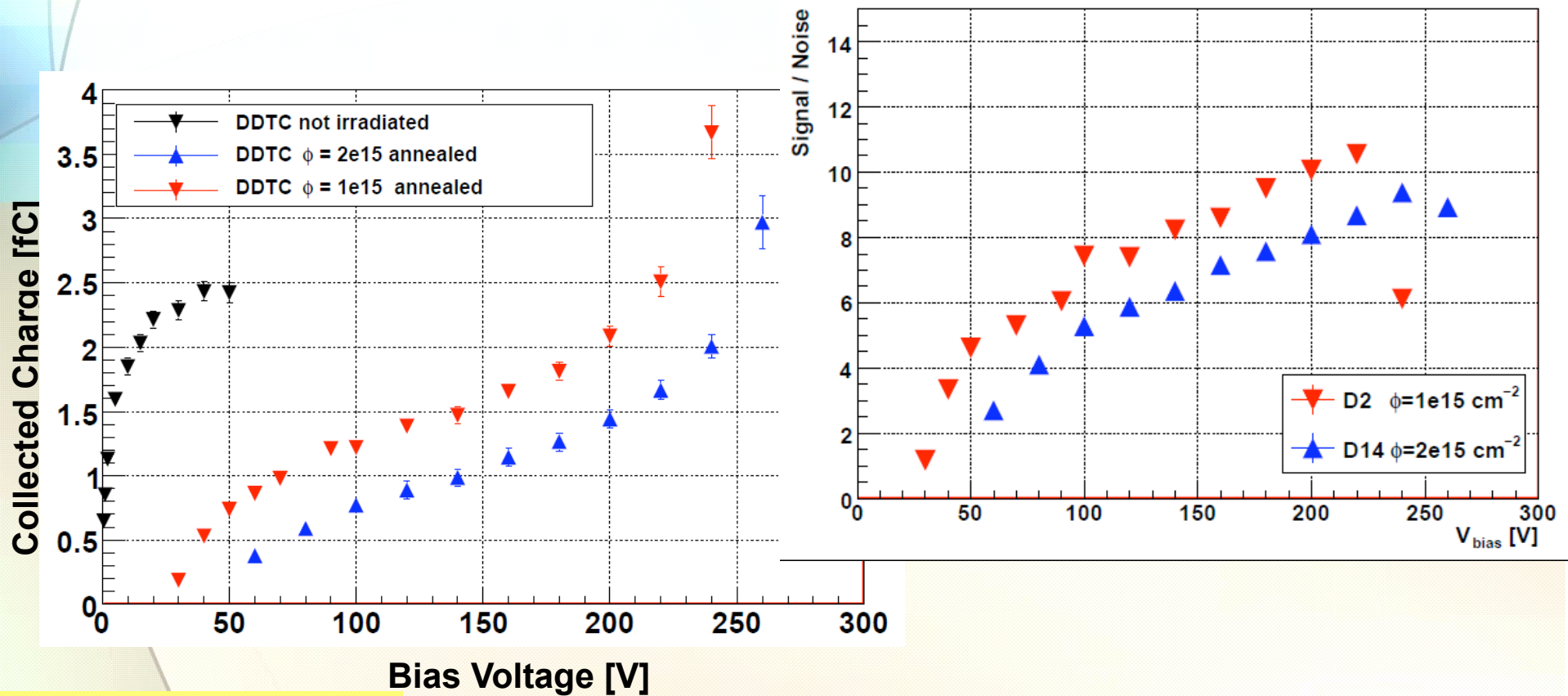
β source setup

ATLAS SCT binary
read-out, 40MHz, 20ns

Irraggiamento a Karlsruhe

Protoni a bassa energia (24 MeV)

2 fluenze : 1×10^{15} , 2×10^{15} Neq/cm²



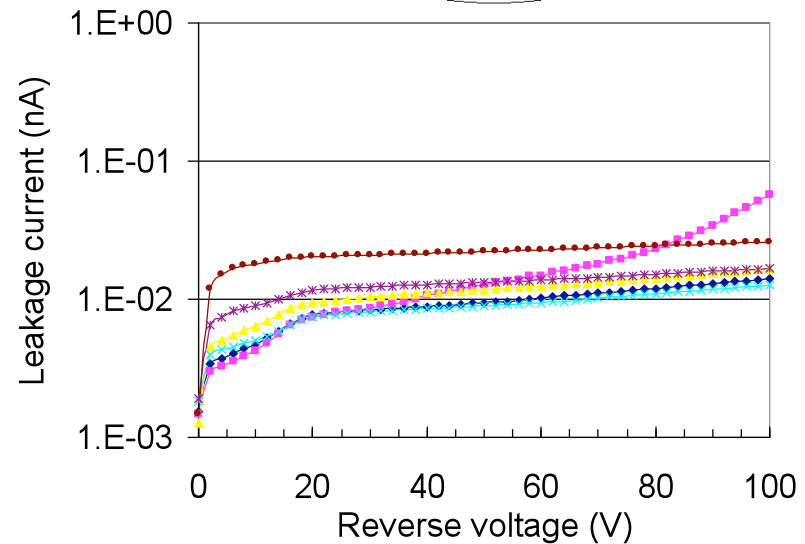
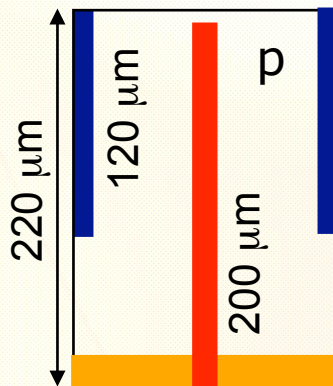
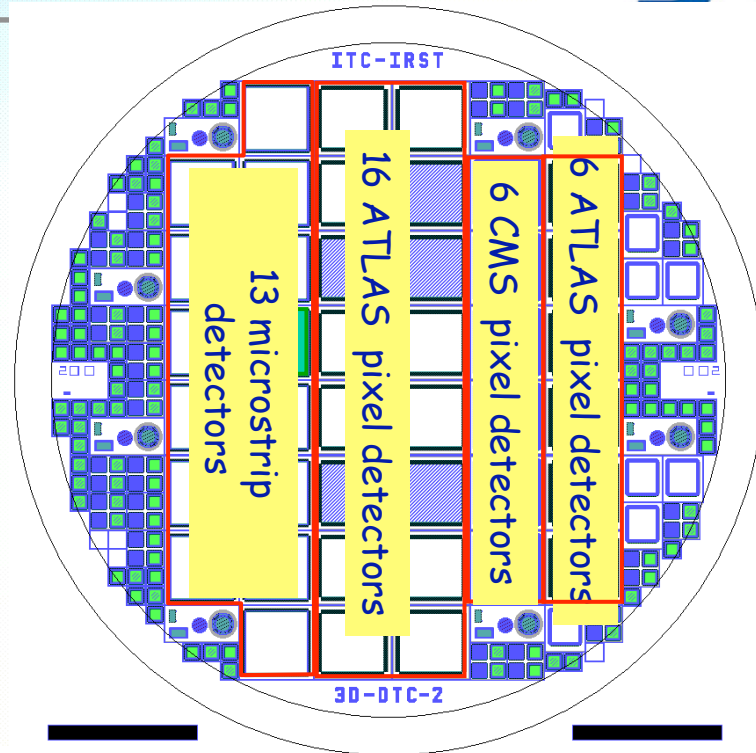
Lotto 3D-DTC-2 (p-sub.)



Lotto DTC subst. p-type:

- Pixe ATLAS
- Pixel CMS
- Strutture di test

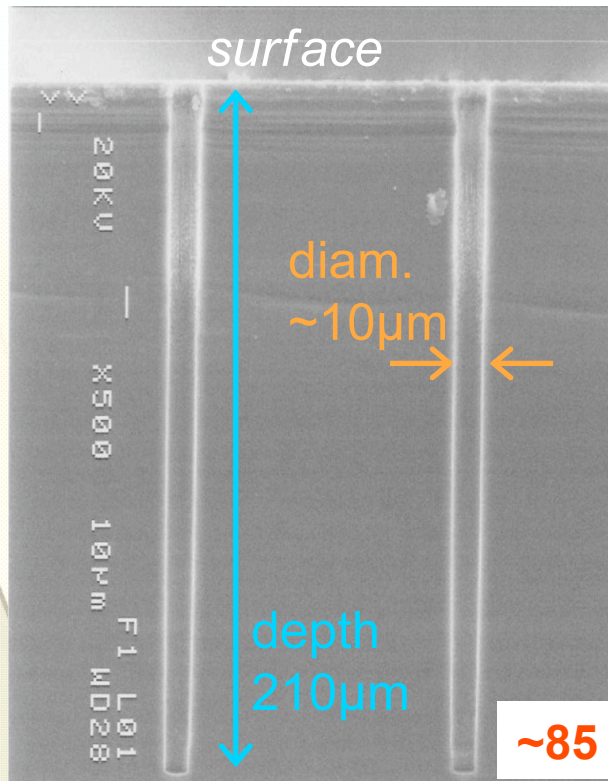
Ancora overlap colonne non ottimizzato: circa 100µm



Parentesi sui fori

Attività in FBK andata molto a rilento in quanto il DeepRIE doveva essere fatto esternamente.

Finalmente nel 2008 acquisita macchina:

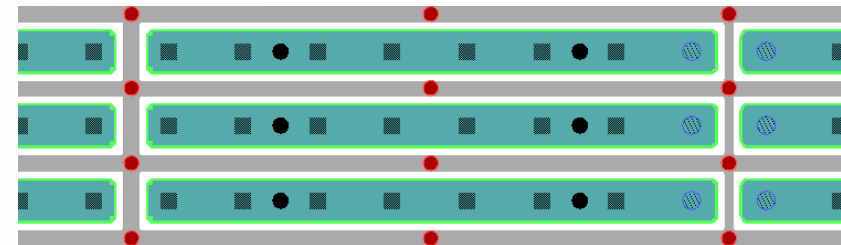


Bonding FE-I3 chip

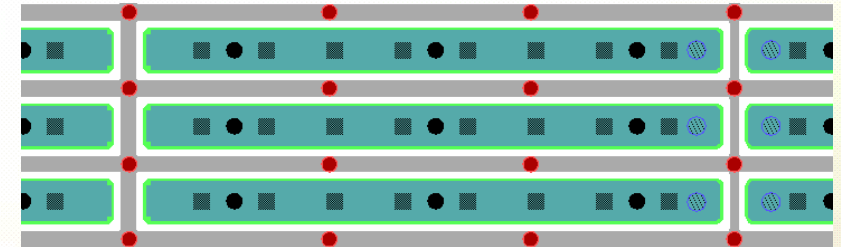
bump-bonding a Selex-SI con indio
22 strutture bump-bondate.
9 flippate su FE-I3 ATLAS
(3x2E, 3x3E, 3x4E).

**BONDING
RIUSCITO!!**

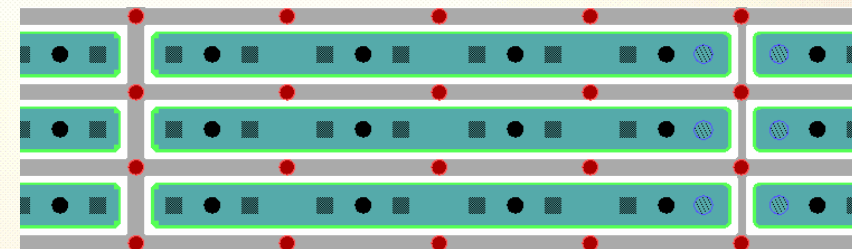
ATLAS pixel



200µm-pitch 2 columns/pixel

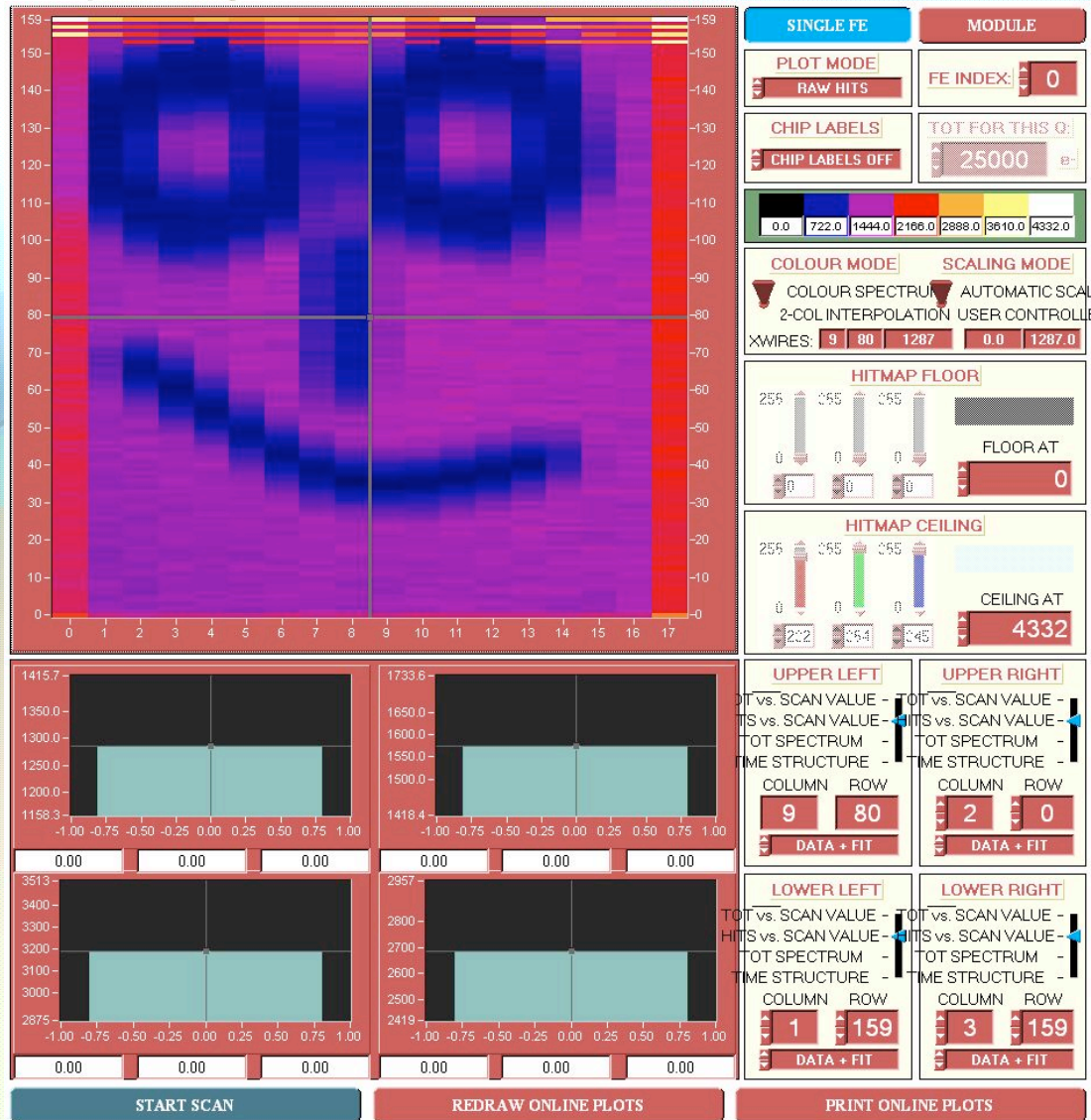


133µm-pitch 3 columns/pixel



100µm-pitch 4 columns/pixel

Bonding FE-I3 chip



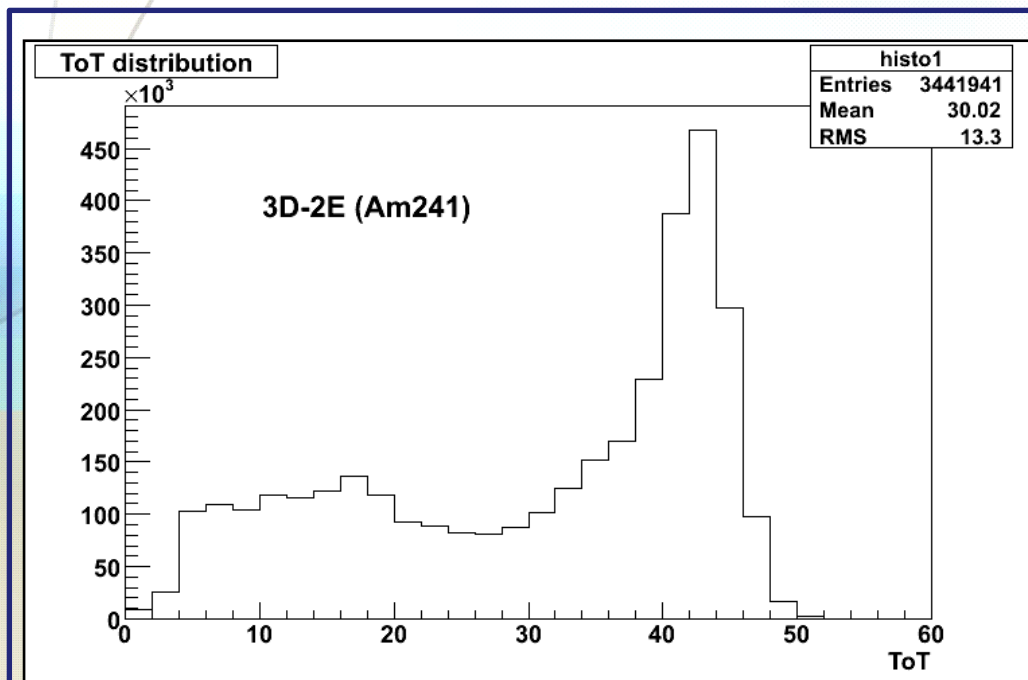
Response to an
 Am^{241} source

Ombra di due dadi e 2 fili di
stagno

INFN Genova e CERN

Bonding FE-I3 chip

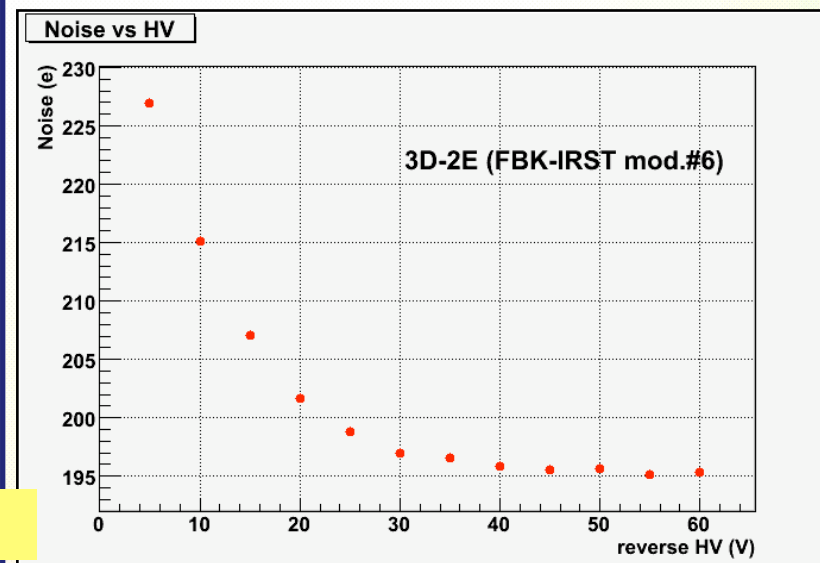
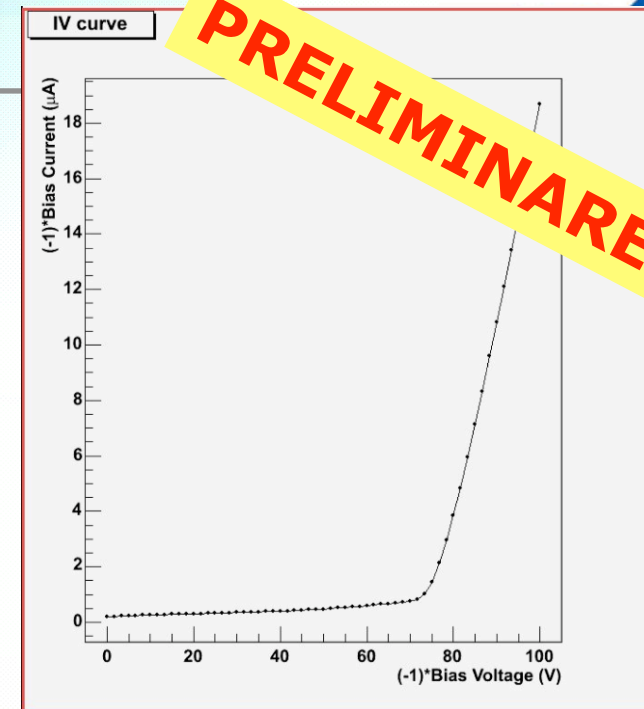
Type	Module	Test
2E	6	IV, noise vs HV, Am241 source scan



@ room temperature
FE tuned at 60ToT/20ke-

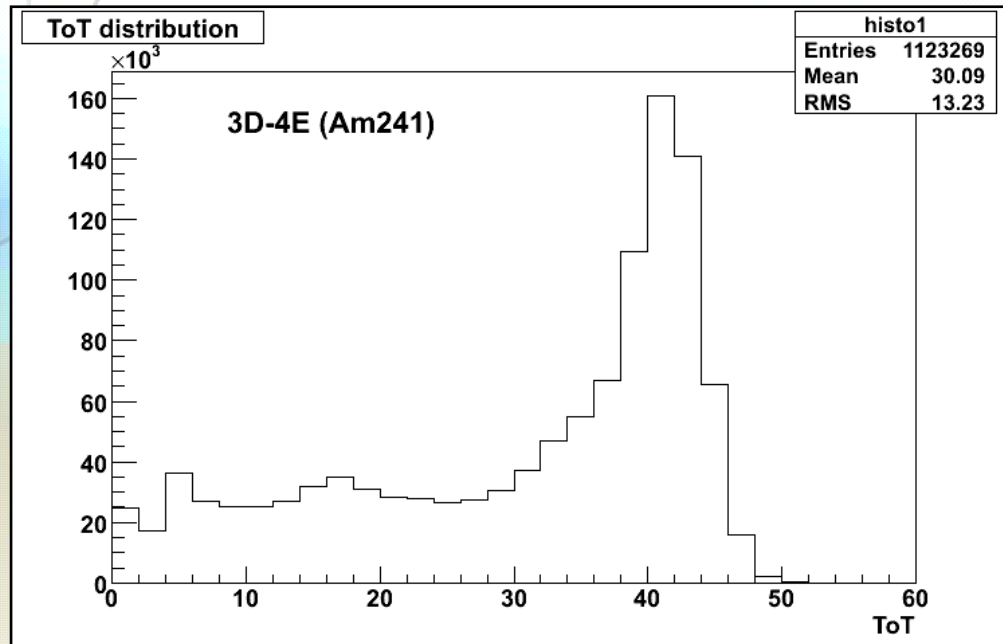
$\langle Th \rangle = (3299 \pm 41) e^-$
 $\langle Noise \rangle = (197 \pm 10) e^-$

INFN Genova e CERN



Bonding FE-I3 chip

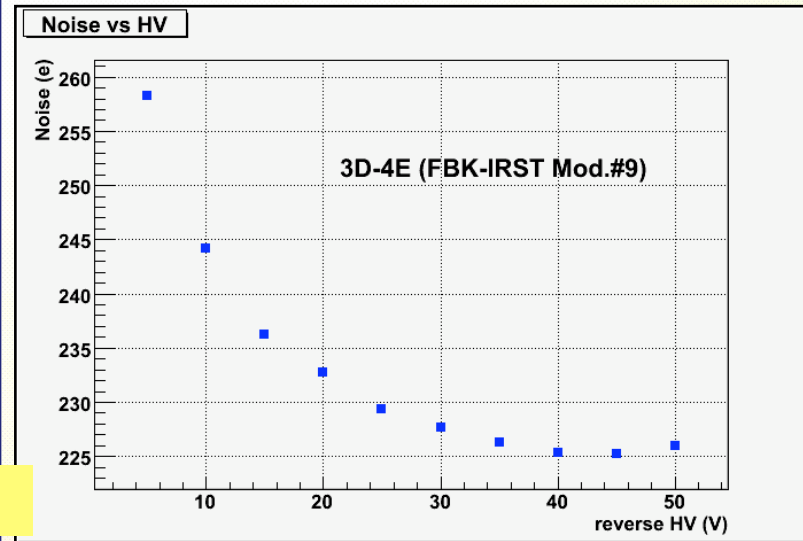
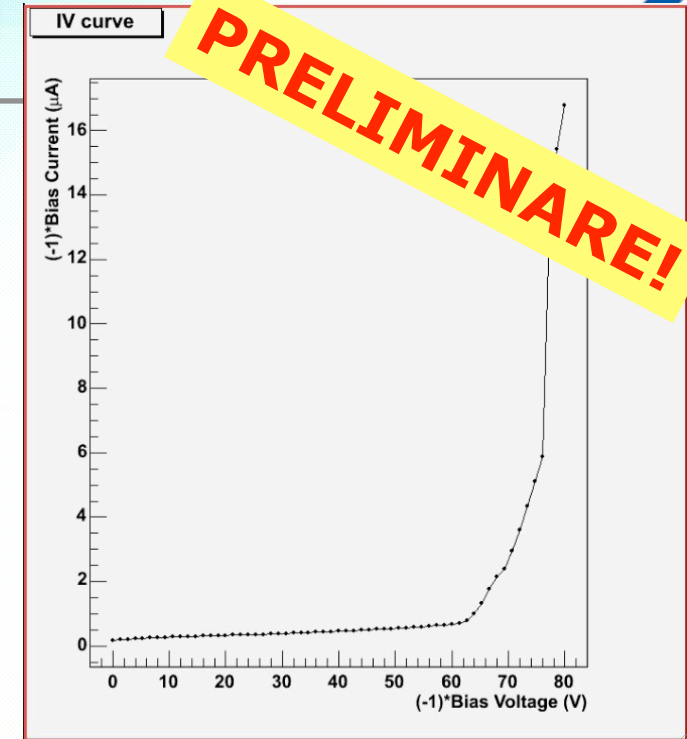
Type	Module	Test
4E	8	IV, noise vs HV, Am241 source scan



@ room temperature
FE tuned at 60ToT/20ke-

$\langle Th \rangle = (3310 \pm 62)e^-$
 $\langle Noise \rangle = (225 \pm 11) e^-$

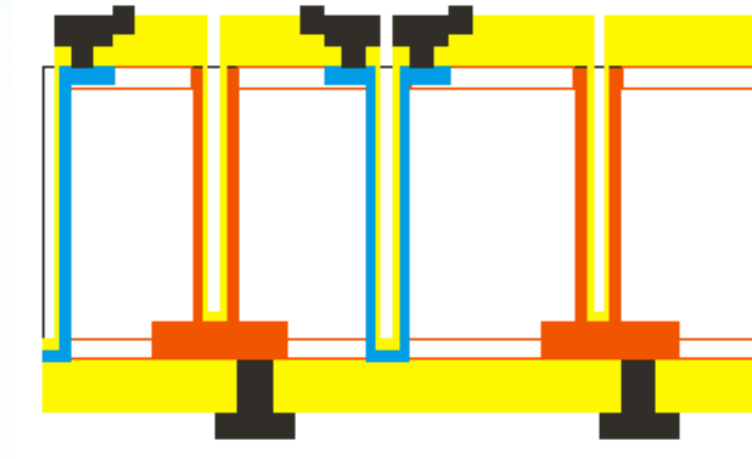
INFN Genova e CERN



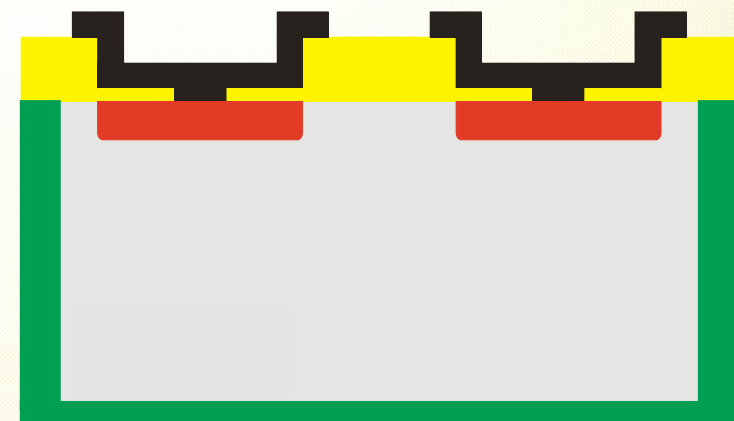
Prossimi passi nella fab

2009

- a) **3D con colonne passanti:**
layout quasi ultimato
fab. entro primi mesi 09



- b) **Rivelatori planari con bordo attivo**



Prossimi passi nella fab



FONDAZIONE
BRUNO KESSLER

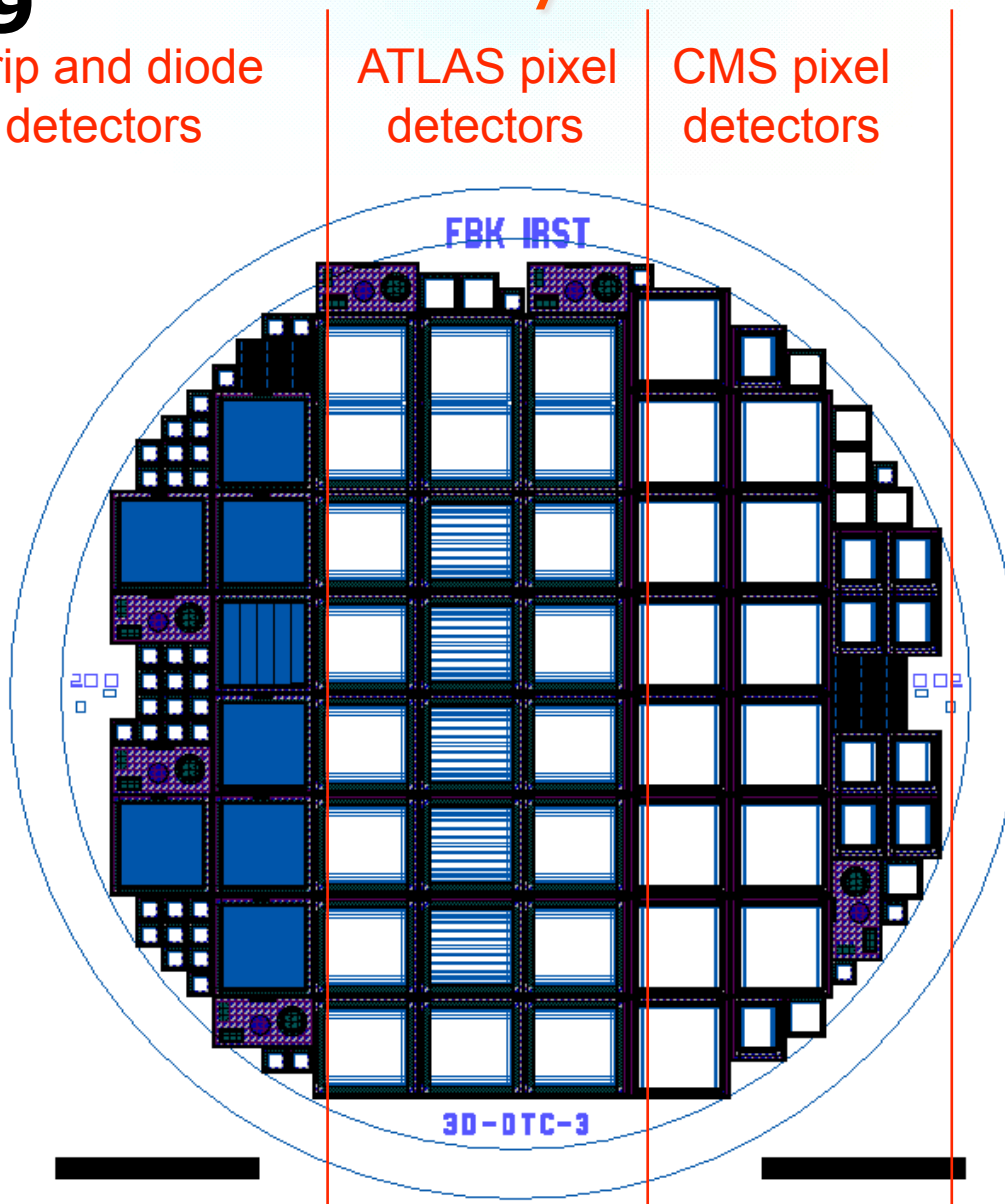
2009

New layout

Strip and diode
detectors

ATLAS pixel
detectors

CMS pixel
detectors



Conclusioni

- I rivelatori 3D stanno diventando una realtà' e le performance sembrano adeguate alle richieste dei prossimi esperimenti.
- Nel 2009 si dovrebbero finalizzare tecnologie 3d da vari produttori.
- Gli sviluppi FBK/INFN/CERN stanno avendo ottimi risultati

Gruppi/persone coinvolte

FBK (M. Boscardin, S. Ronchin, N. Zorzi)

Progetto Tredi e Trideas (L. Bosisio, G.-F. Dalla Betta et al.)

Progetto RD50 (Uni. Friburgo, Lubiana)

Progetto ATLAS3D (N. Darbo, C. Da Via', La Rosa)