

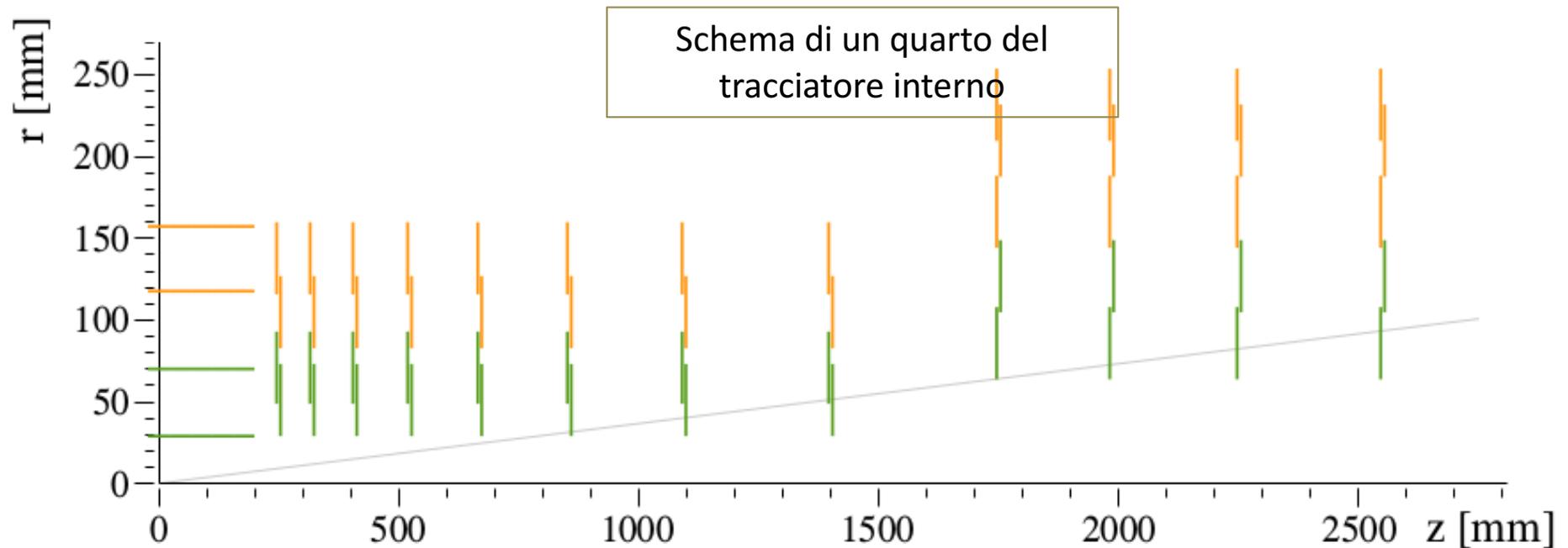
# Ricerca e sviluppo sui sensori a pixel per il tracciatore interno dell'esperimento CMS

Presentazione alla Sezione delle attività di Upgrade di CMS per HL-LHC

M. Meschini

18 Ottobre 2018

# CMS: il tracciatore interno a pixel per HL-LHC



La dimensione dei pixel sarà  $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$  (e/o  $25 \times 100$ )

Quattro strati di rivelatori nel Barrel

Dodici dischi di rivelatori negli Endcap

> 13000 chip di lettura

> 4000 sensori a pixel

~ Due miliardi di pixel

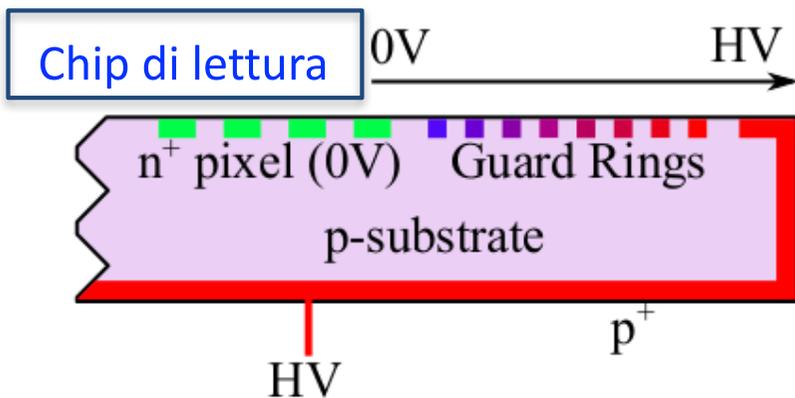
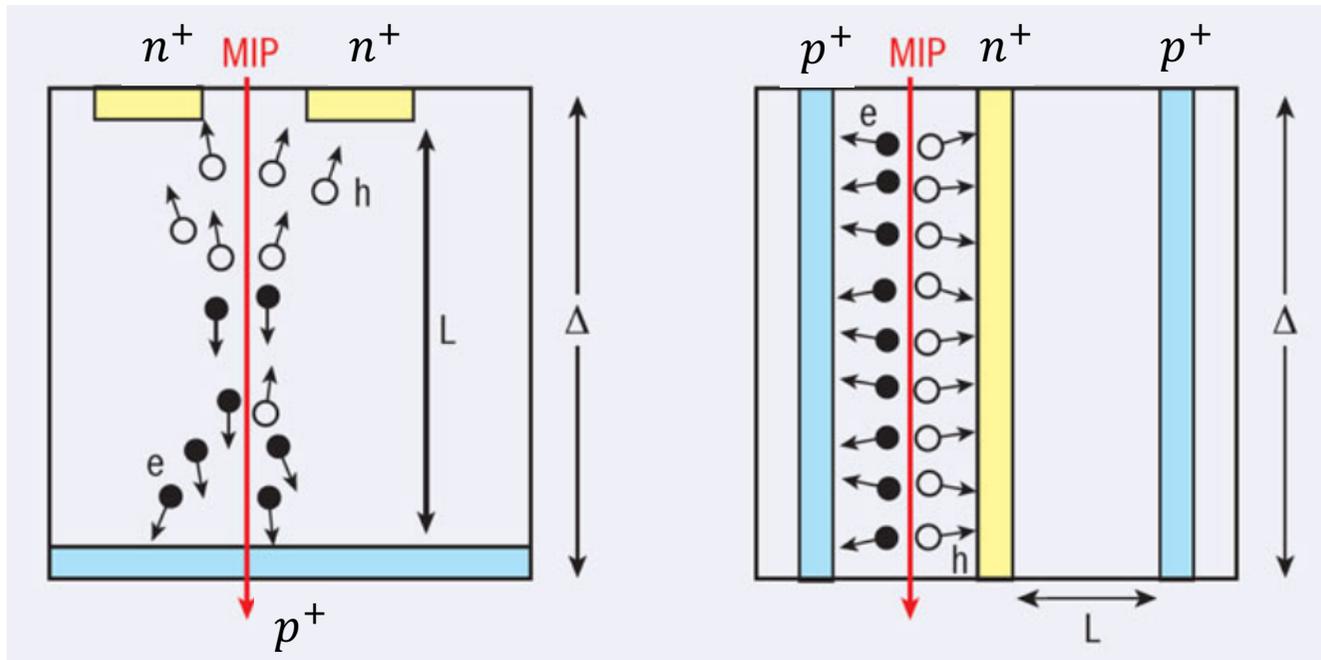
Per fortuna a Firenze non  
dovremo costruire 4000 sensori  
con due miliardi di pixel...  
Ne faremo molti, molti meno!

## Perchè “Ricerca & Sviluppo” sui pixel?

- Il flusso di particelle da collisioni in HL-LHC sarà tale da danneggiare pesantemente i rivelatori al silicio e l'elettronica, allo stato delle conoscenze di qualche anno fa
- Stime da simulazione: dose= **1.2 Grad** & fluenza=  **$2.3 \times 10^{16}$  neq/cm<sup>2</sup>**
- Per resistere in queste condizioni abbiamo cercato di costruire dei rivelatori un po' diversi dai precedenti
  - Più sottili:
    - perchè la distanza sulla quale è possibile raccogliere la carica nel silicio danneggiato sarà dell'ordine di 100µm
    - perchè la corrente di bias rimanga entro valori gestibili
  - Con elettrodi 3D “a colonna” impiantati nel silicio per sfruttare tutto lo spessore riducendo la distanza di raccolta (come sopra)
  - Impianto di tipo N su bulk P:
    - Si raccolgono elettroni
    - Si patisce meno il danno da radiazione su bulk N rispetto a bulk P

# Pixel per tutti

- Il principio di funzionamento: planari vs 3D



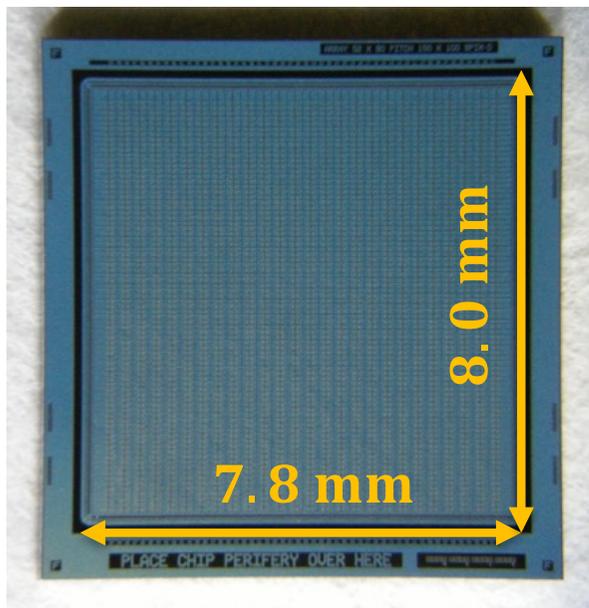
Inoltre nei planari servono tensioni di svuotamento così alte che si arriva ad avere scariche tra i bordi del sensore (HV) e il chip (GND) con conseguente morte del chip di lettura. Ancora in cerca di soluzione. Nei 3D non si dovrebbe arrivare oltre i ~ 300V di bias

**Sylgard! Colla anti-scarica da depositare post wire-bonding**

## Primi passi: dai planari ai 3D

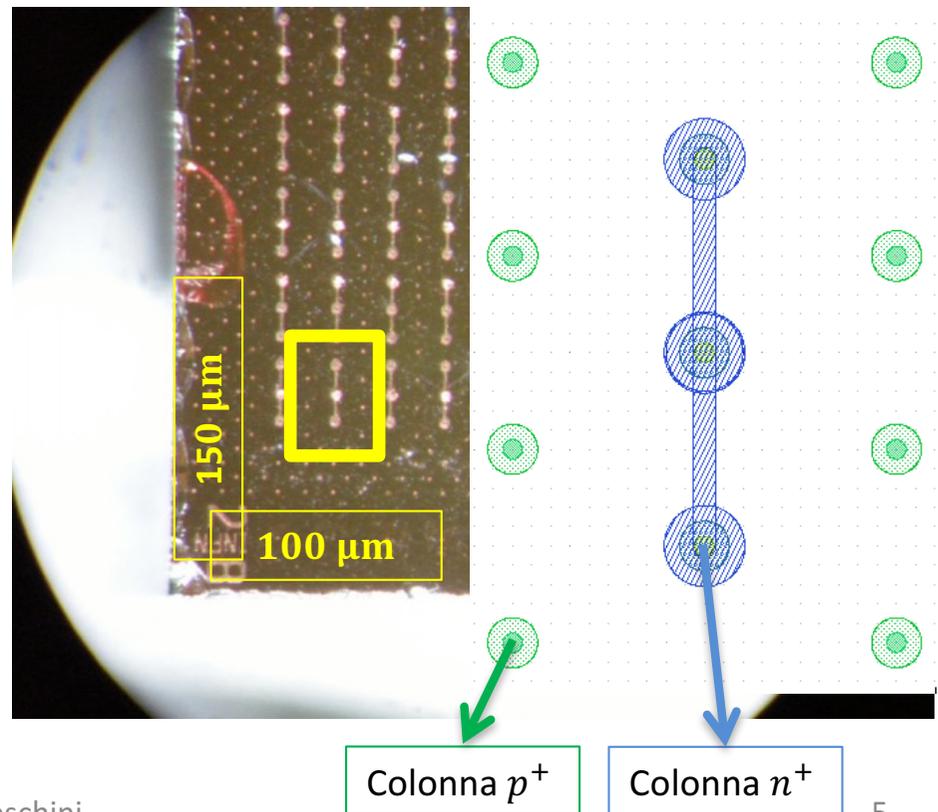
- Qualche esempio di R&S fatta a Firenze, in collaborazione con FBK e con fisici di Pisa(CMS) e di Trento (ATLAS)

Pixel planari simili a quelli attualmente in uso, ma n-in-p  
4162 pixel in un singolo sensore



18/10/18 CMS a Firenze

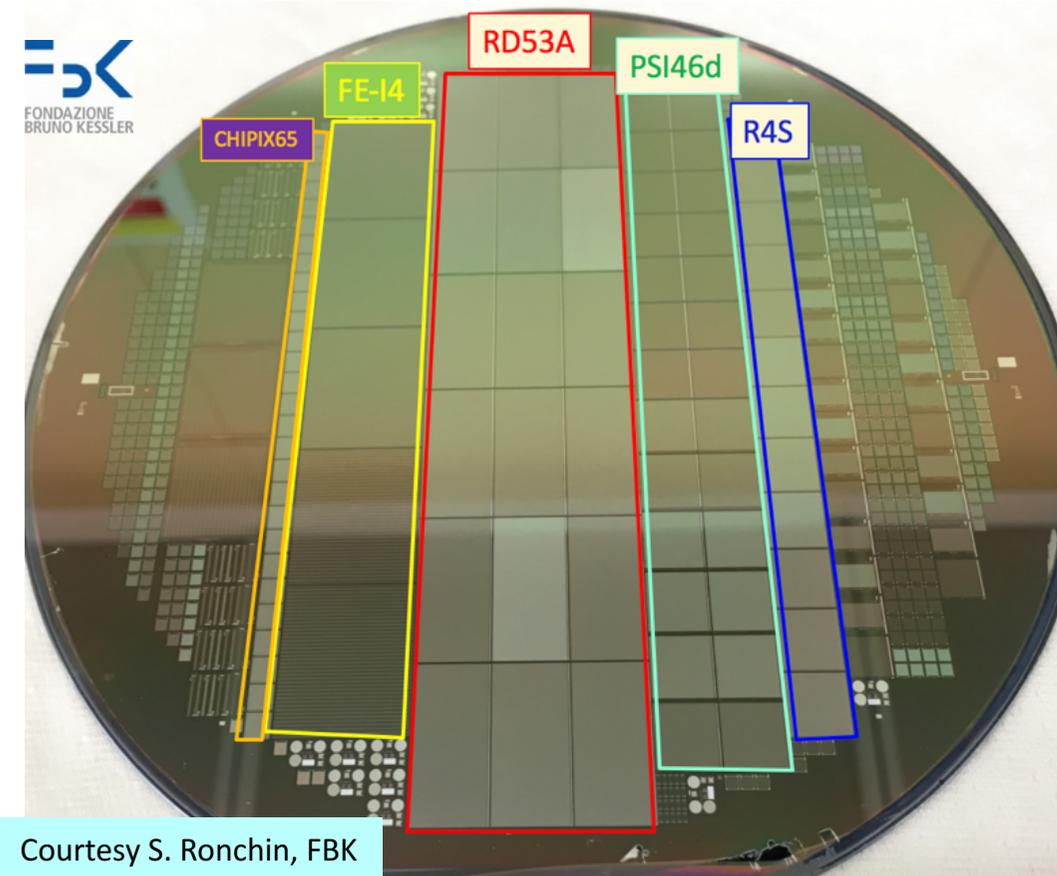
Pixel 3D, cella con 3 elettrodi di raccolta riuniti



M. Meschini

# Come saranno fatti i pixel per CMS: 3D Pixel Batch 2017 con pitch “finale”

Processo FBK completato in autunno 2017



E=junction column Electrode

- **RD53A**, 18 sensors/wafer
  - 50 x 50 (1E)
  - 25 x 100 (1E and 2E)
- 130 $\mu$ m Active Thickness, 6”, on SOI and DWB wafers, resistivity >3 kOhm cm
- 500 $\mu$ m CZ low resistivity (< 1 Ohm cm) handle wafer

Otto sensori 3D sono stati “flip-chipped” con RD53A, alcuni provati su TB

**Quattro moduli irraggiati a 1E16 neq/cm<sup>2</sup> e due già provati su fascio il 9-10 ottobre scorsi. Con RD53A+3D e' una prima mondiale! Analisi in corso anche a Firenze (Lenzi, Ceccarelli)**

Tre wafer lavorati a IZM (Berlino), assottigliati a 200 $\mu$ m totali: un grande successo, l'assottigliamento funziona anche sui 3D!



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation programme under Grant Agreement no. 654168.



AIDA

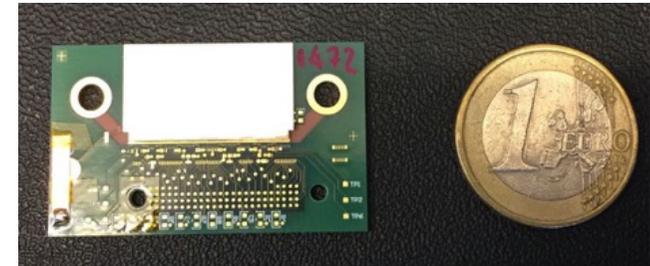
M. Meschini, INFN Firenze

# Moduli Pixel a Firenze

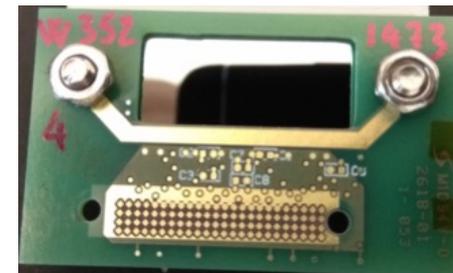
- E' necessario molto lavoro di precisione: principalmente fatto in clean room da Brianzi
- Siamo diventati un punto di riferimento per il wire-bonding e per diversi altri aspetti connessi ai moduli (caratteristiche dei sensori, procedure di test ecc.)



Moduli montati a Firenze  
su due diversi tipi di  
schede di lettura



Bonn SCC card



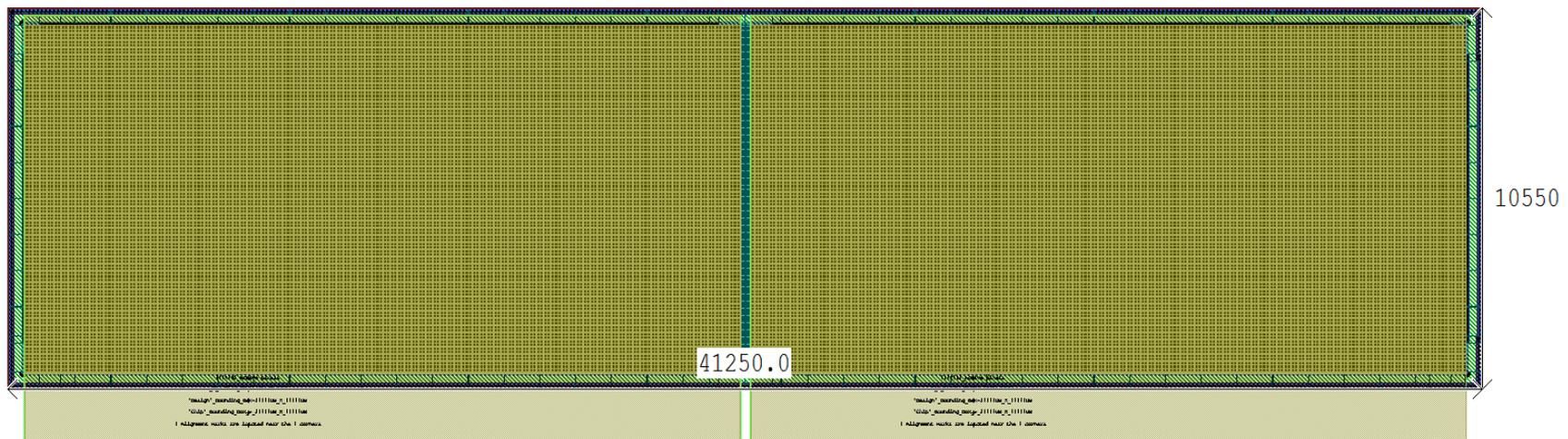
RICE card



## Piani per il futuro: prossimo e meno prossimo

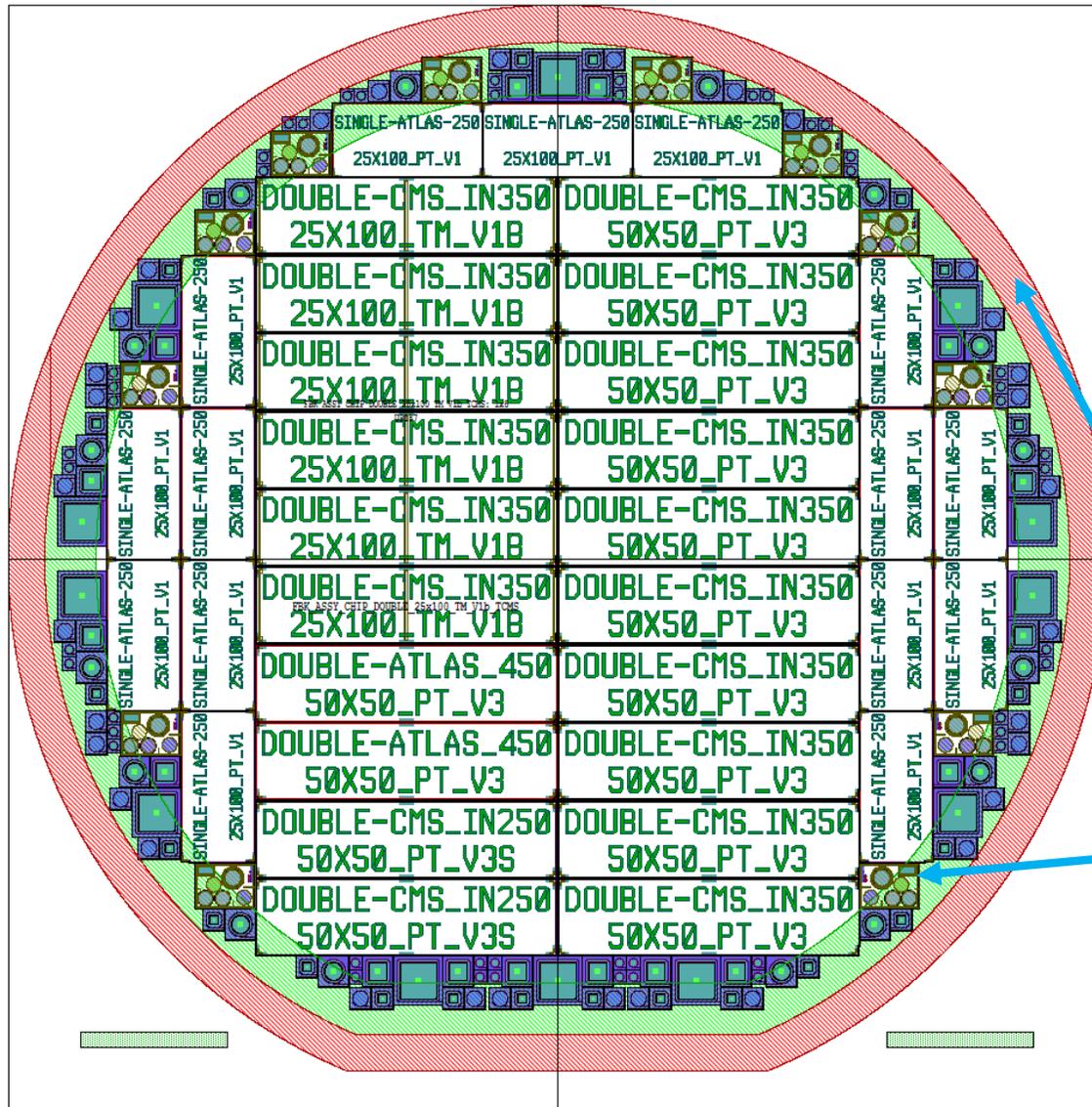
- Ordine in corso via CERN di pixel planari in “doppietti” (due chip RD53A su un singolo sensore di silicio) e pseudo-quadrupletti

### Sensore Doppietto montato su due RD53A



- Ordini a FBK per 2 batch di pixel 3D (singoletti RD53A) in convenzione INFN- MEMS4 (già stornati da Fi a TIFPA)
  - Tecnologia Stepper (i precedenti erano con “mask aligner”) per ottimizzare i disegni, in particolare per il 25x100 um<sup>2</sup> con due elettrodi di lettura

# FBK: un possibile disegno di sensori “quad” RD53A (planari)



All Test Structures have been designed in the wafer periphery, “green” region for processing issues

**Le strutture di test sono fondamentali per capire la qualità’ del processo: misure da fare in camera pulita a Firenze**

Border Clearance (RED): 5mm because of processing handles equipment

FBK Test Structures: 12 in a wafer



## Piani per il futuro: continua...

- Dobbiamo arrivare con il nostro R&S a definire i parametri dei sensori 3D finali che andranno installati nello strato piu' interno del tracciatore
- L'attività di disegno, misura di strutture di test, wire bond di moduli di varia forma e tipologia, sarà ancora il cardine ed il punto di forza del gruppo di rivelatori a Firenze. E sarà anche uno dei nostri contributi in CMS !
- E' possibile che ci siano sviluppi anche sul piano delle FPGA per la lettura di sistemi piu' complessi del singolo modulo, e potremmo chiedere il contributo del nuovo tecnologo elettronico sulle schede di lettura FC7 sviluppate al CERN per CMS, o per gli sviluppi del "test di sistema" con moduli quad
- Avremo ancora molto bisogno di tutte le strutture in camera pulita e della persona chiave per tutte queste attività...

# Ringraziamenti

- Non sto a nominare tutti quelli che hanno collaborato a questo R&S, sarebbe troppo lungo... quindi un grazie corale
- Vorrei comunque fare un'eccezione e ringraziare esplicitamente

**Mirko Brianzi**

**Roberto Ciaranfi**

**Enrico Scarlini**

Per motivi che loro sanno meglio di me...

# Riserva

# Up-to-date Quad Module dimension

Malte B. made the latest update this morning on module size

In blue: sensor

In green: RD53A

