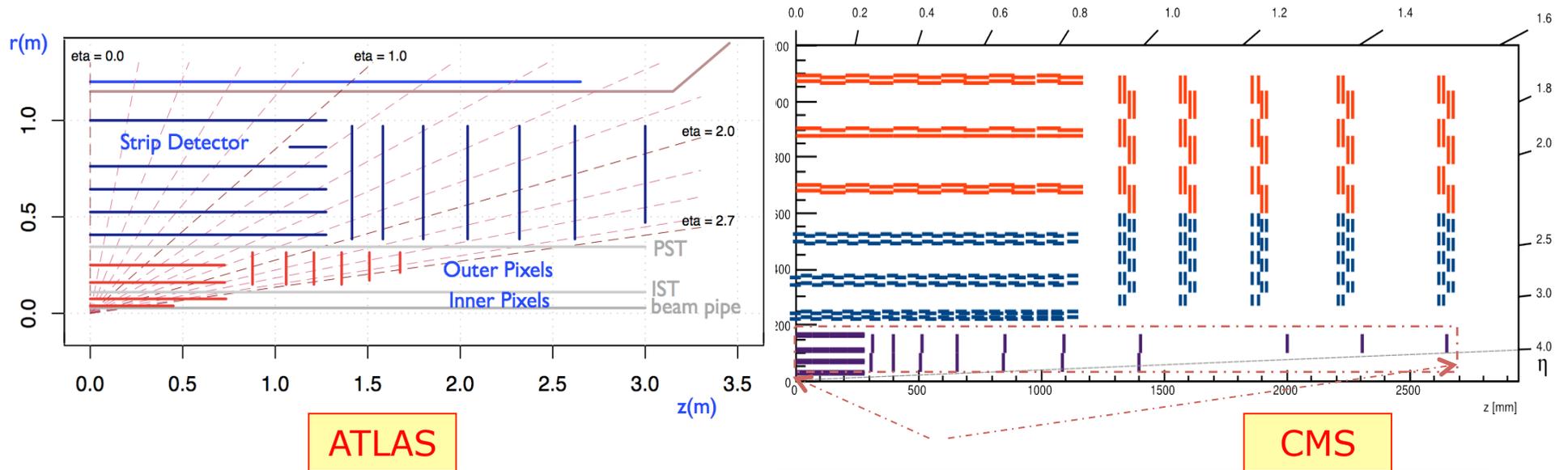


# R&D Comune Pixel Fase-2 ATLAS-CMS

Marco Meschini – Nanni Darbo

A nome del gruppo R&D ATLAS-CMS

# I Nuovi (Possibili) Tracker per Fase-2



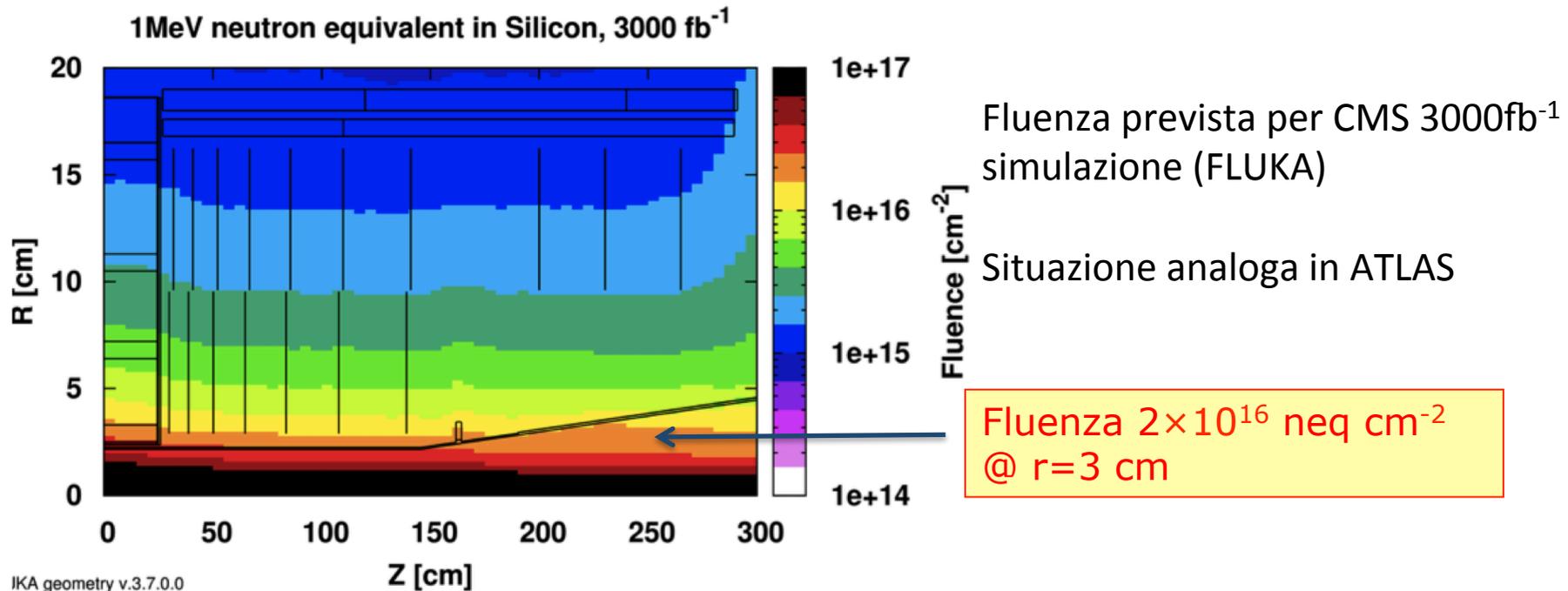
ATLAS ???

CMS Area totale pixel 1.6m<sup>2</sup> Barrel + 2.0m<sup>2</sup> Disk;  
Area singolo pixel ~2500μm<sup>2</sup>

Luminosita' Integrata Fase-2:  
3000 fb<sup>-1</sup>  
Pile-up: 140-200

- Layout non eccessivamente diversi tra ATLAS e CMS (campo magnetico differente)
- Problematiche da affrontare sono molto simili

# Caratteristiche richieste per i nuovi tracciatori a pixel



Le sfide del rivelatore a pixel →

- Estrema resistenza alle radiazioni
- Copertura geometrica ermetica e riduzione al minimo zone inefficienti (sensori e servizi)
- Material budget: sensori, raffreddamento, cavi, strutture meccaniche
- Aumento granularita', identificazione vertici (contrasto al pile-up)
- Mantenere/migliorare le prestazioni in  $p_T$
- Alimentazione LV e HV
- Elettronica di lettura e trasmissione al back-end

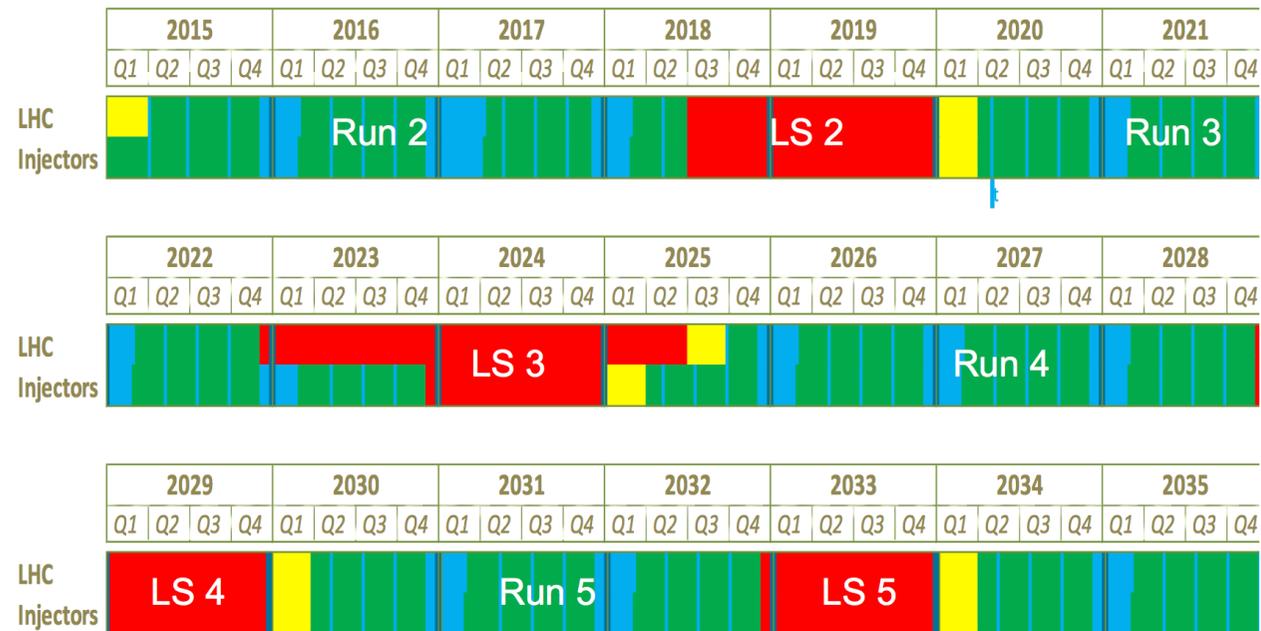
# Evoluzione di LHC

Only EYETS (19 weeks) (no Linac4 connection during Run2)

LS2 starting in 2018 (July) 18 months + 3months BC (Beam Commissioning)

LS3 LHC: starting in 2023 => 30 months + 3 BC

injectors: in 2024 => 13 months + 3 BC

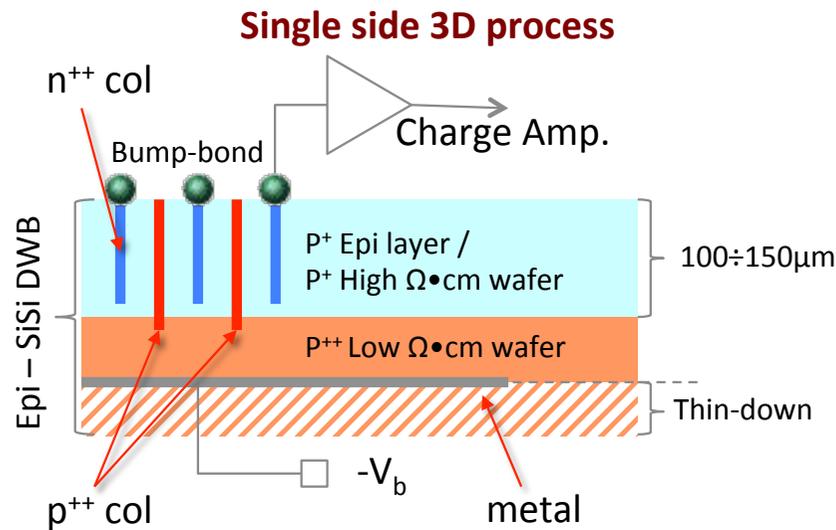


Le tappe sono fissate, non ci sono cambiamenti in calendario  
 Fase-1 finisce nel 2022, poi 2.5 anni di LS3 e quindi Fase-2

# Le linee R&D ATLAS-CMS

- Studio di rivelatori a pixel ottimizzati per gli strati interni, piu' vicini alla linea di fascio

**FBK: Nuova Tecnica 3D single side su DWB da provare in questo R&D**

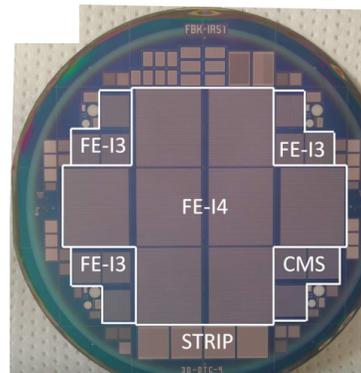


Esempio di sensori pixel 3D su wafer 4" realizzato da FBK: per l'R&D è strategica la collaborazione con l'industria italiana in vista della competizione per HL-LHC

- Ottimizzazione del design:

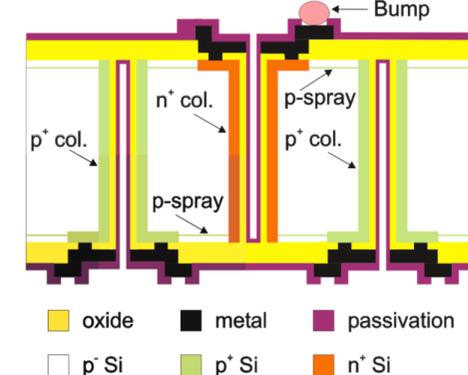
- Materiale del bulk (Baseline p-type)
- Spessore del bulk (WB, Epi, Thinning)
- Processo dei 3d su linee di produzione a 6 inch
- Dimensioni della segmentazione in pixel (small pitch)
- Spaziatura, profondita' e diametro delle colonne 3D
- Aspect ratio, tempi di processo
- Efficienza di copertura geometrica (Slim/Active Edges)
- Sviluppo di isolamento periferico per Pixel Single Sided p-type

Valutare il danno da radiazione per Fase-2 negli strati piu' interni, simulazioni, test su fascio



Marco Meschini

## Tecnica 3D double side FBK



# Piano di lavoro Pixel con FBK (convenzione MEMS3)



- **Batch 1: prove tecniche per colonne** (3 maschere), no sensori
  - Diametro, profondità, tempo di processo
  - Stato: prove in corso, risultati a breve, diam.  $5\mu\text{m}$  nominali già fattibili
- **Batch 2: lotto planari su wafer DWB** (Direct Wafer Bond) 6" (6 maschere)
  - è considerato un lotto di test e verifica della linea di produzione 6" FBK
  - contiene sensori ATLAS+CMS e strutture di test (vedi nel seguito)
  - Stato: layout finalizzato in Agosto, maschere pronte, produzione in corso.
  - Consegna prevista metà Nov. 2014
- **Batch 3: lotto 3D single side su wafer DWB 6"** (11 maschere)
  - Studi layout in corso, disegno nuovi pixel, adattamenti a ROC esistenti, nuovi pitch per ROC disponibili nell'immediato futuro (2015) FNAL-ROC e PSI\_sens, ipotesi pitch RD53
  - Layout e impegno FBK entro fine 2014
- **Batch 4: lotto planari Active Edge** (al momento di interesse CMS, 10 maschere) su DWB 6"
  - Layout e impegno FBK entro fine 2014

# MEMS3

- Piano di R&D da **30 passi litografici** equivalenti (maschere) **approvato** globalmente dalla commissione MEMS3 (mail G. Ambrosi 3/4/14)
- In convenzione MEMS3 “autorizzati” intanto batch 1 e 2
- Non dovrebbero esserci ostacoli per le altre 21 maschere, chiederemo conferma
- **Per il futuro: e' importante che la convenzione venga estesa nel tempo e nel numero di maschere disponibili, altrimenti i costi per ogni passo aumentano di un fattore ~3 (sic!)**
- **CSN1 e Referee possono aiutare molto in questa direzione**

# Layout del Batch Planare in Produzione alla FBK



Processo con P\_Spray +  
P\_Stop in alcune zone  
secondo richieste

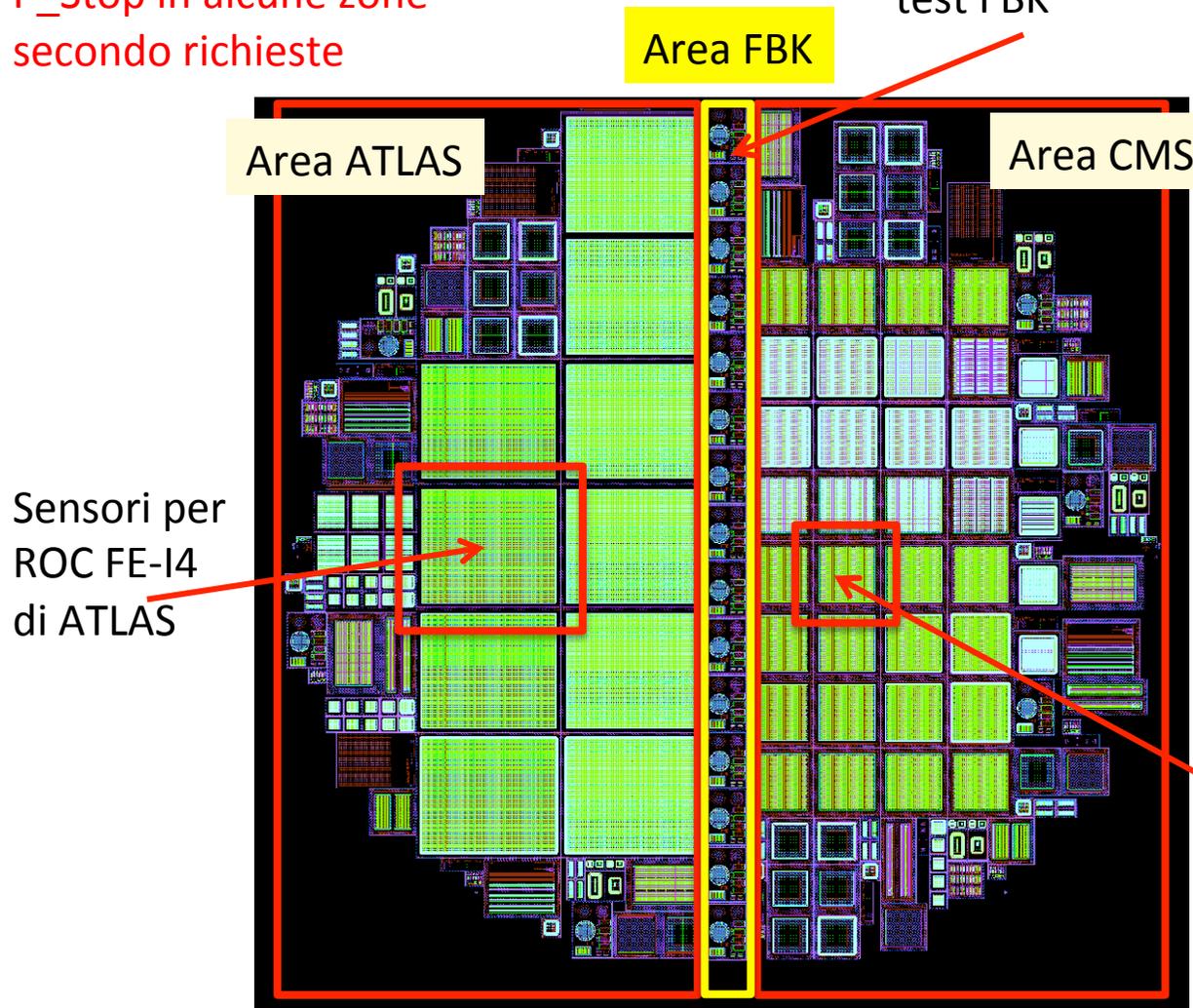
Strutture di  
test FBK

Nella periferia del wafer  
TS (strutture di test)  
CMS, FBK, ATLAS, in  
comune  
Diodi, capacita', ossidi,  
pspray...

TS fondamentali per  
qualificare il processo e  
fare confronti con altre  
produzioni di sensori

TS da misurare nelle  
probe station in clean  
room

Sensori per  
ROC PSI\_dig di  
CMS



# Wafer 6" per lotti FBK

- Acquistati **55 wafer Float Zone DWB** dalla Icemos Tec. (UK):
  - Handle wafer CZ a bassissima resistività 500 $\mu$ m di spessore
  - Sensor wafer FZ resistività > 3kOhm cm
  - 2 spessori: 100 $\mu$ m (25 wafer) e 130  $\mu$ m (30 wafer)
  - **costo totale 21k\$**
- Wafer Epitassiali:
  - estremamente difficile trovare produttori su 6"
  - per ora un solo fornitore: Shinetsu (Japan) con il quale non si puo' trattare direttamente e che vende attraverso un "intermediario" per le esportazioni
  - requisiti di resistività e uniformità dello spessore Epi ancora non pienamente soddisfacenti, prezzo abbastanza alto (12 kCHF per 25 wafer), ordine in stand-by in attesa di una nuova offerta
  -

# Piano di Produzione Planari Batch n.2 FBK



Dose P_Spray	FZ	DWB 100 $\mu$ m	DWB 130 $\mu$ m
Dose MIN			2
Dose CENTRAL	2	3	2
Dose MAX			2

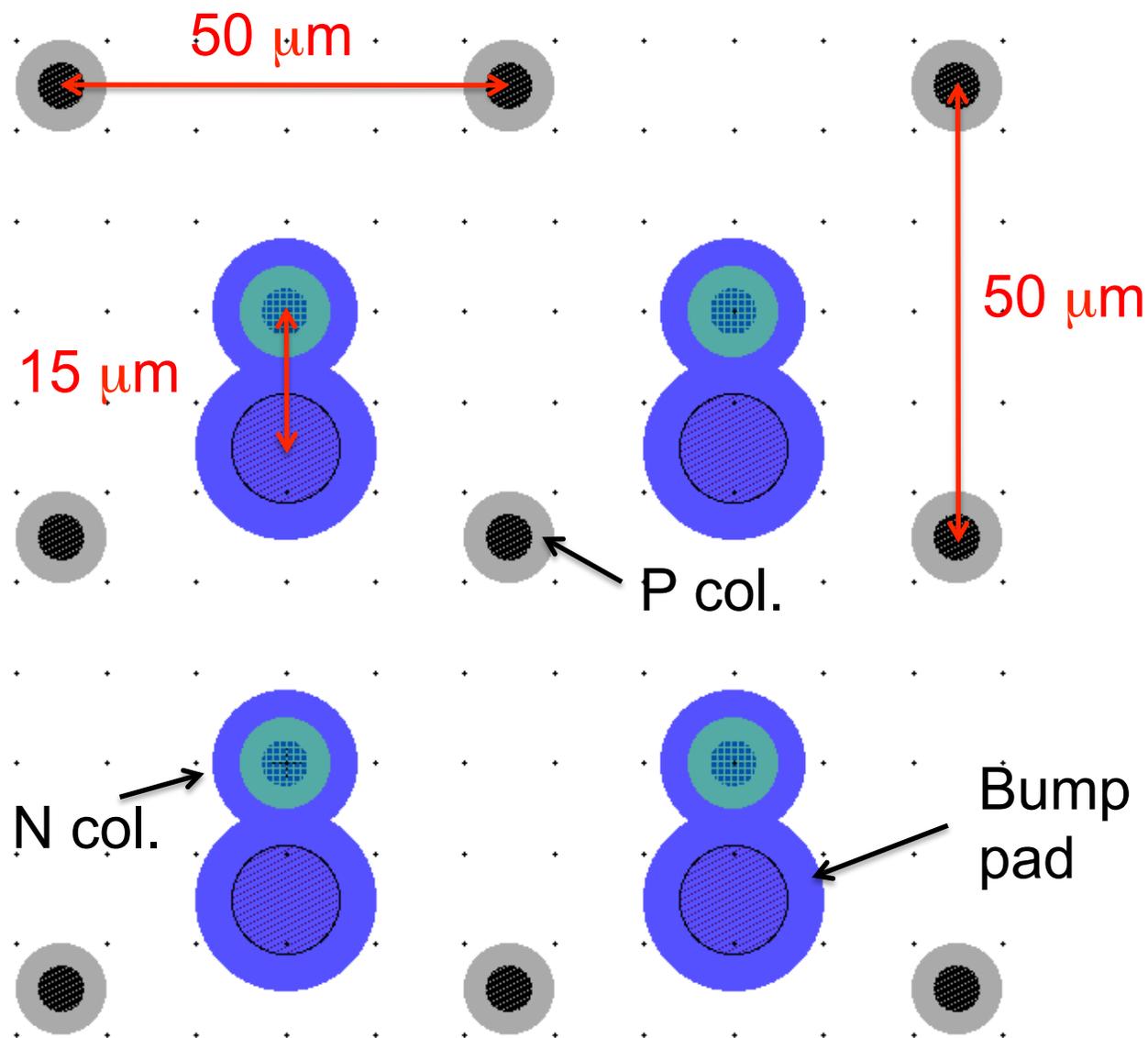
- In totale 11 wafer in produzione
- Tre dosi di isolamento P\_Spray
- Confronto tra wafer sulla dose centrale
- Il Float Zone viene utilizzato come riferimento, in quanto il DWB e' una soluzione "innovativa"

# Studi in corso per il batch Pixel 3D

- Layout pixel in funzione dei ROC disponibili già ora o a breve termine
  - FE-I4 e PSI\_dig disponibili, ordinati alcuni wafer su fondi 2014
  - nel 2015 ROC FNAL pitch  $30 \times 100 \mu\text{m}^2$
  - ROC PSI prototipo  $50 \times 50 \mu\text{m}^2$  (2015?)
  - Primo mini-prototipo RD53?
- Inserire comunque alcuni sensori pixel con pitch adatto per Fase-2 e leggerli con FE-I4 o PSI\_dig
  - metal mask per leggere solo alcuni pixel



## 3D cell layout 1: 50 x 50



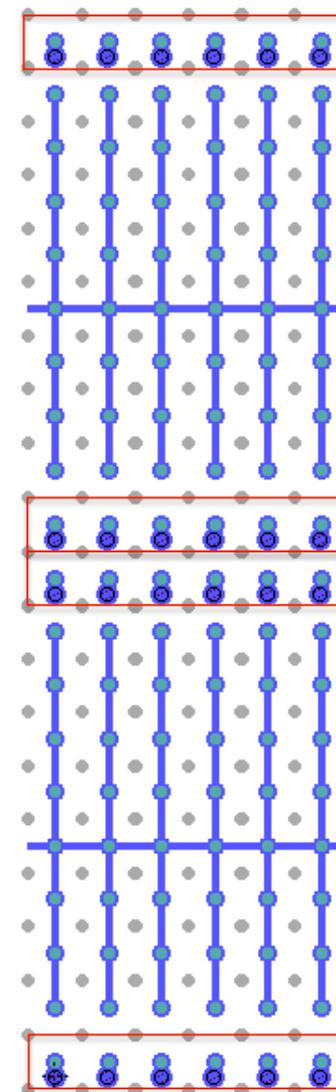
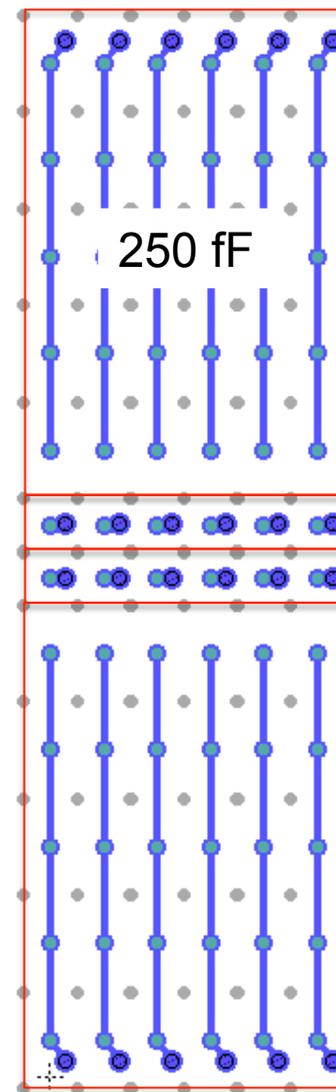
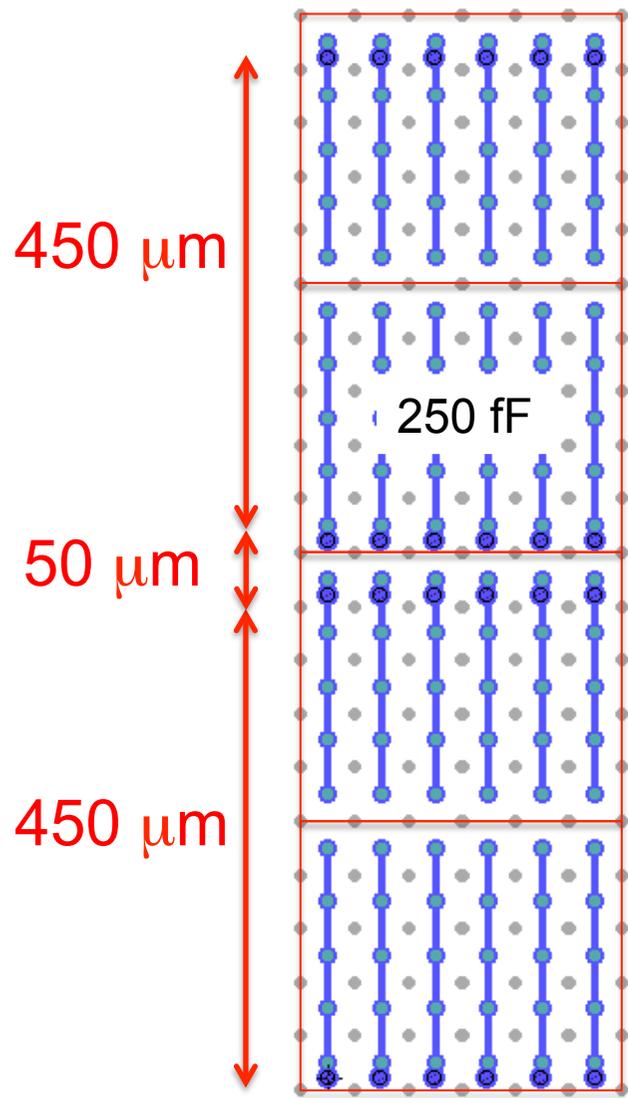


## FEI4 compatible test pixels 50 x 50

4x250

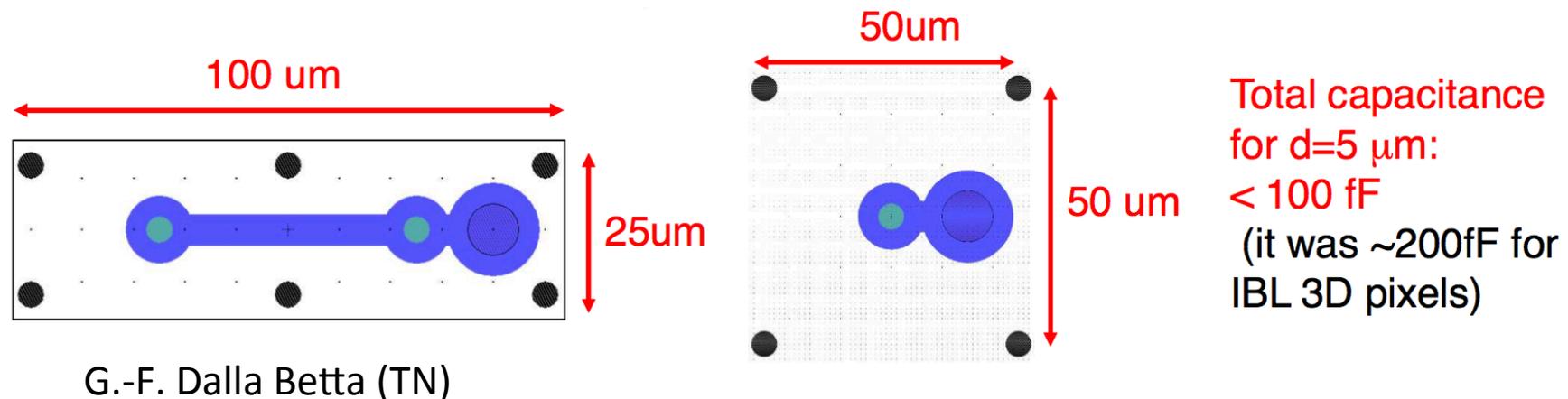
2x50 + 2x450L

4x50 + grid



# Simulazioni Capacità Inter-pixel (TN)

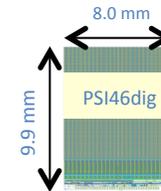
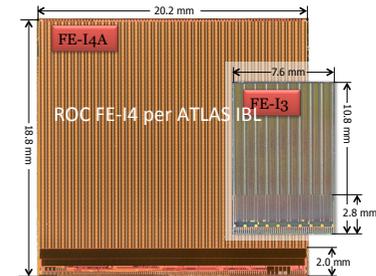
- La capacità totale del pixel deve essere mantenuta bassa per non avere troppo rumore
  - in particolare su rivelatori irraggiati e/o con zona di raccolta ridotta



Le simulazioni danno  $\sim 100 \text{ fF}$  per uno spessore di 150mm tenendo in conto anche il contributo del metal layout e delle colonne N verso il P\_Spray

## Assemblaggio di pixel in moduli: Flip Chip Bump Bonding

- Il programma di R&D pluriennale prevede:
  - Assemblaggio di Pixel sensors
    - sensori sottili (fino a  $\sim 100$  micron)
    - alta densità di bumps: per pixel con pitch piccolo ( $\sim 4 \times 10^4$  bumps/cm<sup>2</sup>)
  - ROC Chip:
    - Area fino a 2x2cm<sup>2</sup> come Fe-I4 (anche fino a  $\sim 6$  cm<sup>2</sup> se OK in 65 nm)
    - Assottigliati: fino a 100 $\mu$ m di spessore con chip di grandi dimensioni (FE-I4) e fino a 75 $\mu$ m con ad esempio PSI46-dig (1x1cm<sup>2</sup>).
  - Numerosi punti critici da affrontare per il Bump bonding di
    - dispositivi sottili (ROC wafer e Pixel wafer), incurvamento (Bowling)
    - dimensione minima dei bumps (minimum pitch)
    - materiale dei bump. Thermal budget e stress termici del processo di Flip Chip Bump Bonding, es. Indio a bassa T (90°) o Sn/Ag ad alta T(240°).
  - Complicazioni ulteriori possono essere venire dalla ibridizzazione di pixel 3D: consideriamo pertanto propedeutico e complementare verificare l'applicazione di tecnologie di punta su pixel planari
  - Valutazione del danno da radiazione: possibile ibridizzazione di Sensori irraggiati con ROC non irraggiati
- Per questo R&D consideriamo il processo di ibridizzazione come un servizio commissionato (CMS) o sviluppato (ATLAS) con partner industriali



# Bump Bonding e Moduli

- 2014:
  - inizio BB sensori dal batch planare con diversi partner industriali
  - primi assemblaggi
  - sviluppo BB Indio su 6" a Selex (ATLAS)
- 2015:
  - BB sensori dal batch 3D con diversi partner industriali (IZM? Selex?)
  - Thinning sensori e ROC
  - Assemblaggio planari e inizio assemblaggi 3D
- Altre attività comuni:
  - qualifica dei batch FBK
  - Wafer test
  - misure su Test Structures e sensori
  - Tecniche di protezione scariche sensore-ROC (BenzoCicloButene BCB, Parylene)
  - Irraggiamenti
  - Test Beam in sinergia dove possibile

# Cooling

- Lavori in corso per capire quali attività relative al cooling possano essere svolte in sinergia
  - CMS cooling CO2 evaporativo con microtubi
  - ATLAS cooling CO2 sistema TRACI
  - ???

# Fondi Esterni

- Partecipazione call H2020 con la proposta AIDA-2020, sottomessa il 2/9/2014 in diversi WP collegati con R&D Pixel
  - **WP7 (NA6) Advanced hybrid pixel detectors: simulation and validation**
    - **Detector validation for tracking devices**
  - **WP 6: Novel high voltage and resistive CMOS sensors**
  - **WP 4: Micro-electronics and interconnections**
  - **WP 9: New support structures and micro-channel cooling**

# BACKUP

- non so se mettere i soldi
- metto quelli assegnati ed il piano 2017
- almeno i 44+44 keuro del 2015 comuni li metterei

# Finanziamenti INFN R&D

- CSN1 Maggio 2014 (Elba) assegnati

		<b>Proposte</b>					
		<b>2014-2017</b>			<b>2014</b>		
		<b>ATL</b>	<b>CMS</b>	<b>Com</b>	<b>ATL</b>	<b>CMS</b>	<b>Com</b>
<b>tracker</b>	<b>3D</b>			108			<b>65</b>
	<b>AE</b>			80		<b>32</b>	
	<b>HV</b>				13		
	<b>BB</b>	37	137	142	27	<b>27</b>	
	<b>MOD</b>	31	52	128			
	<b>Mod R0</b>	25					
	<b>cooling</b>	40	40		20	<b>10</b>	
	<b>Totali</b>	133	309	378	60	69	65
		<b>820</b>			<b>194</b>		

# Richieste 2015

## Richieste su item comuni ATLAS e CMS

	ATLAS	CMS	TOTALE
Wafer	10	10	20
BB 3D	24	24	48
High Density BB	10	10	20
			88