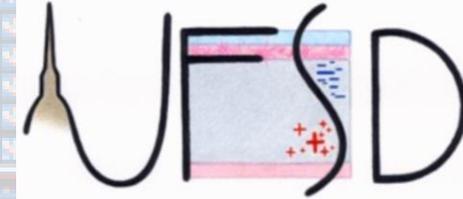


13 settembre 2020
106 Congresso Nazionale SIF

Ultimi sviluppi sui rivelatori veloci al silicio UFSD

Matteo Milanesio
matteo.milanesio@edu.unito.it

Perché Rivelatori Veloci?



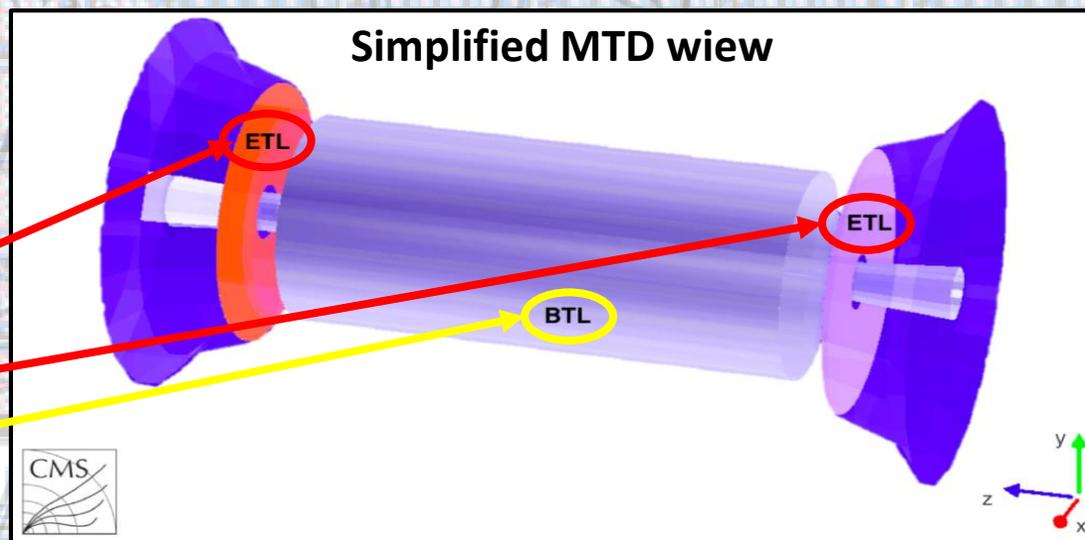
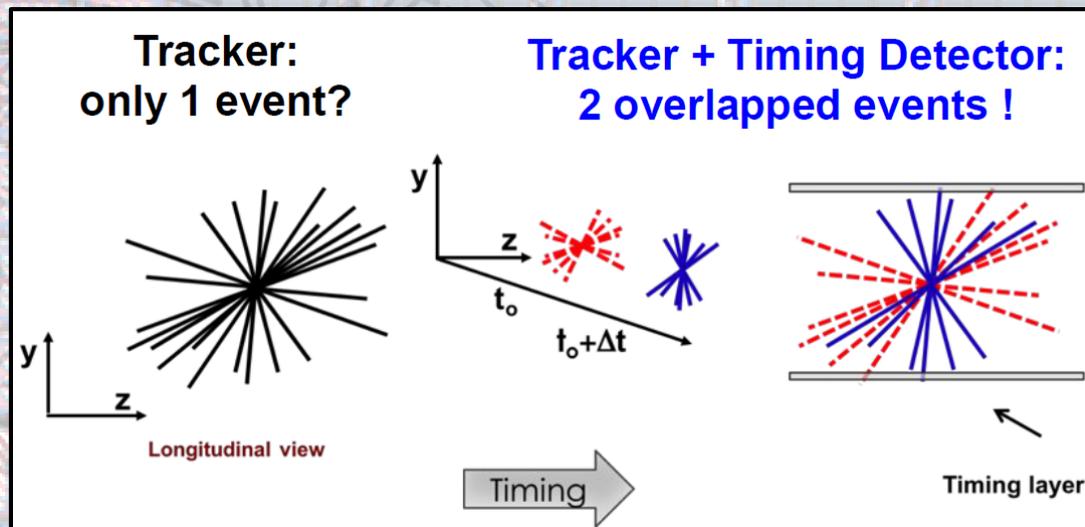
Aumento di Luminosità
previsto per LHC



Aumento di interazioni per
bunch crossing

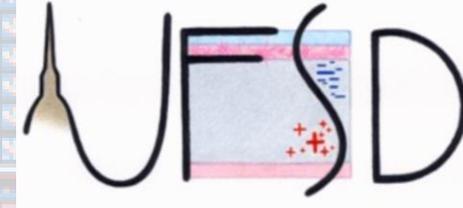


Aumento di *pile-up* (vertici
sovrapposti)

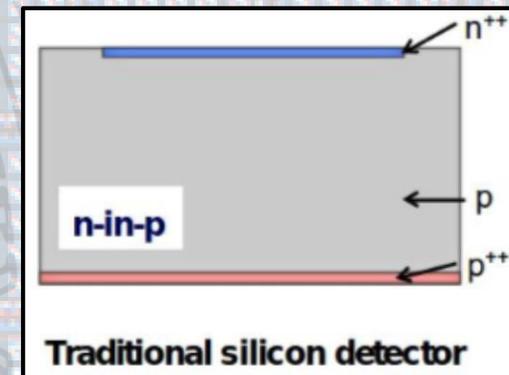


- Misurando il tempo i vertici sovrapposti diventano distinguibili
- Introduzione di un **MTD** = *MIP Timing Detector @ CMS*:
 - Endcap Timing Layer
 - Barrel Timing Layer

Quali rivelatori servono?

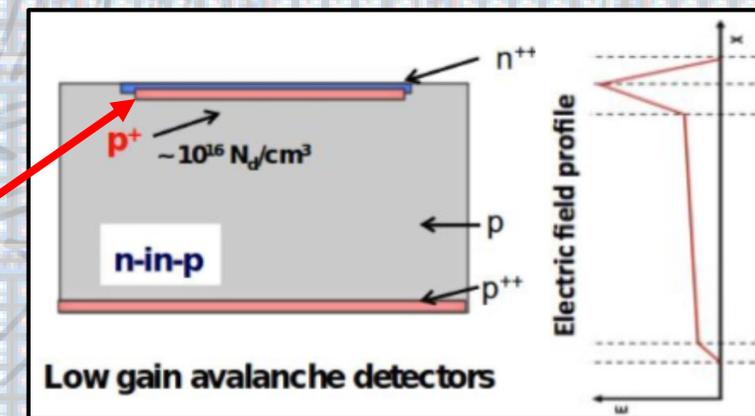


- Le richieste di *BTL* ed *ETL* sono differenti
- Per entrambi alta risoluzione temporale, fino a $\sigma_t = 30 \text{ ps}$
- Per *BTL* grande superficie da coprire -> Scintillatori
- Per *ETL* alta resistenza alle radiazioni, con fluenze fino a $\Phi = 2 * 10^{15} \text{ n}_{\text{eq}}/\text{cm}^2$ -> Sensori al silicio planari

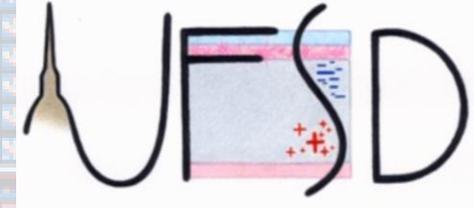


- I sensori al silicio planari scelti da *CMS* per *ETL* sono gli *Ultra Fast Silicon Detector*:

- Tecnologia *Low Gain Avalanche Diode*, sensori al silicio con strato aggiuntivo di guadagno moderato di $G \sim 10 - 30$
- Spessore sottile di $s \sim 50 \mu\text{m}$

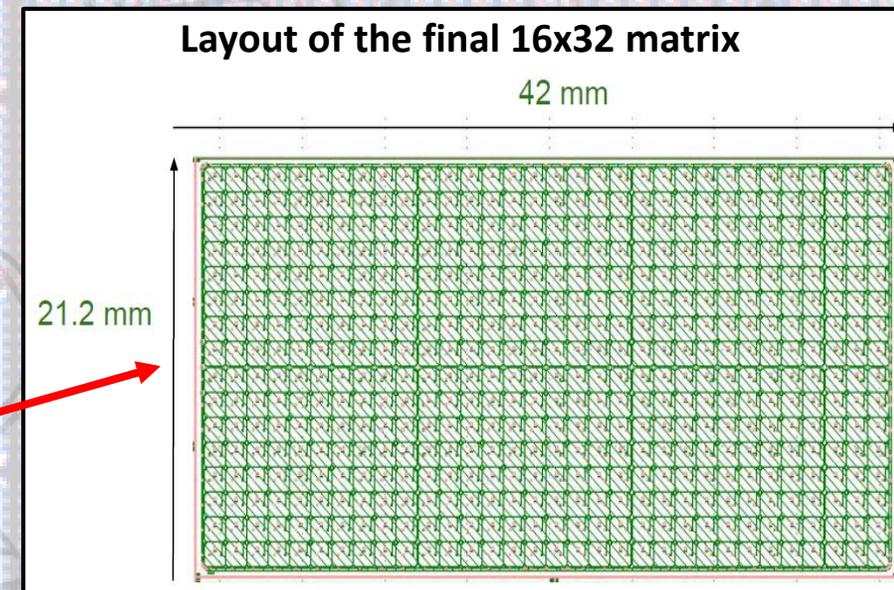


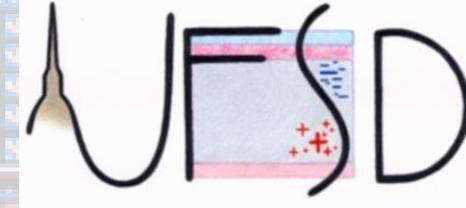
Sviluppo di *UFSD*



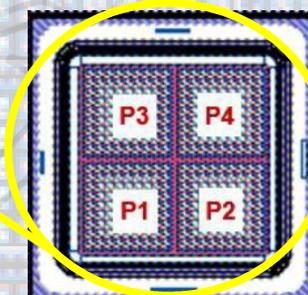
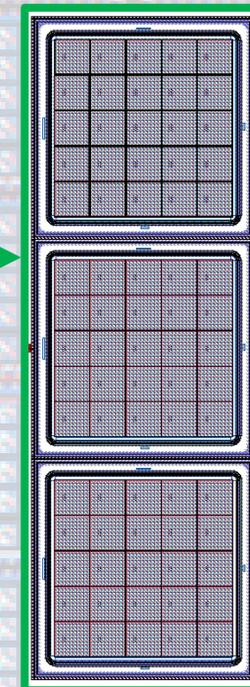
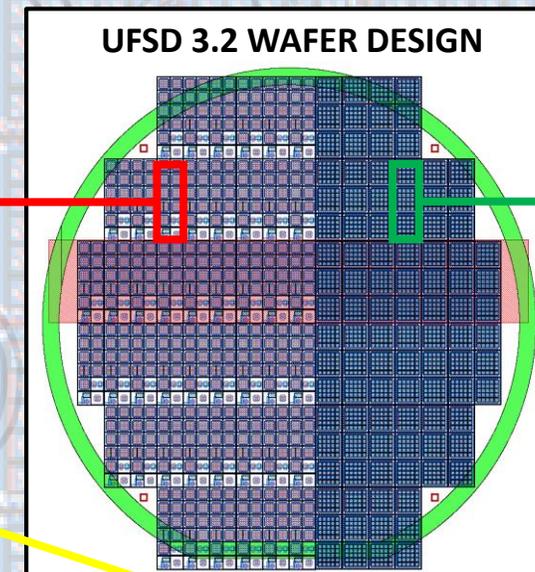
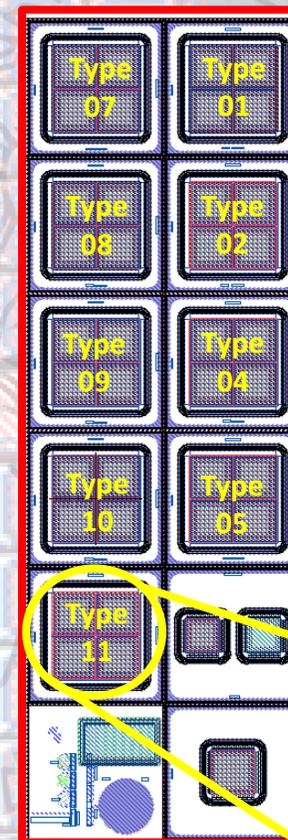
- Progetto nato a Torino nel 2013
- Collaborazione tra Gruppo V dell'INFN e la Fondazione Bruno Kessler di Trento per *R&D*
- Si vogliono ottimizzare diversi aspetti per *ETL*:
 - **Fill factor** – rapporto tra area attiva e area totale
 - **Guadagno e Rumore**
 - **Radiation Hardness** – la risoluzione temporale deve essere buona per tutta la vita del sensore
 - **Uniformità del sensore** - il sensore finale sarà una matrice di 16x32 *pads*
- Più produzioni con disegno differente:

<i>UFSD 1</i> (2016)	<i>UFSD 2</i> (2017)
<i>UFSD 3</i> (2018)	<i>UFSD 3.1</i> (2019)
<i>UFSD 3.2</i> (2020), attuale produzione	

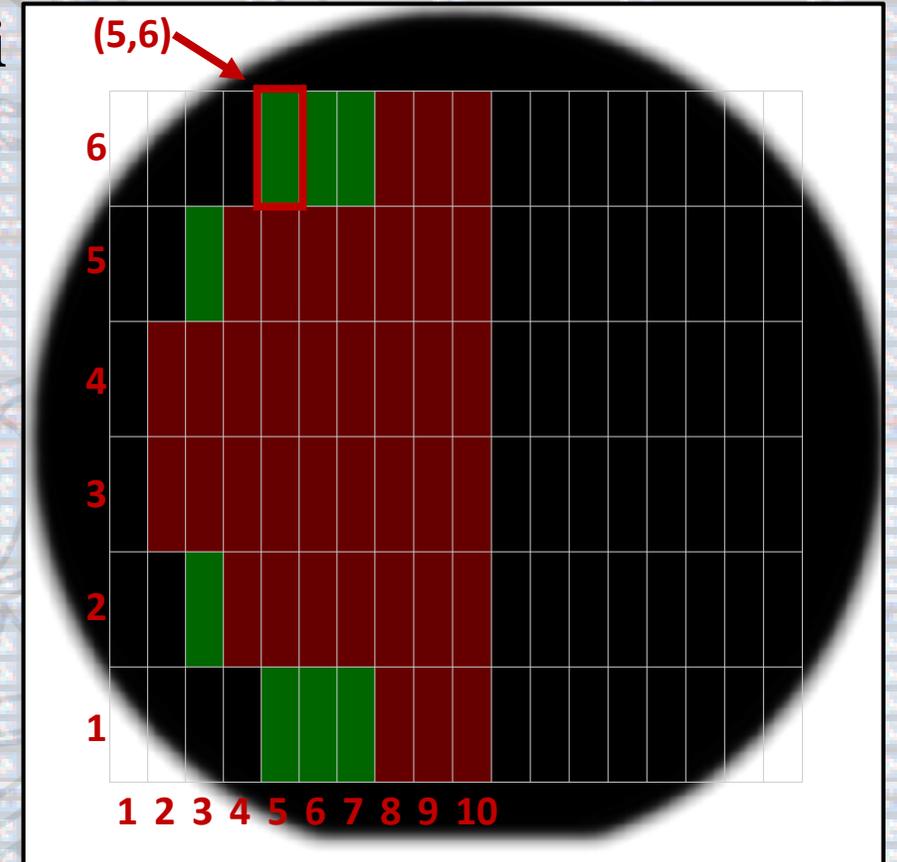




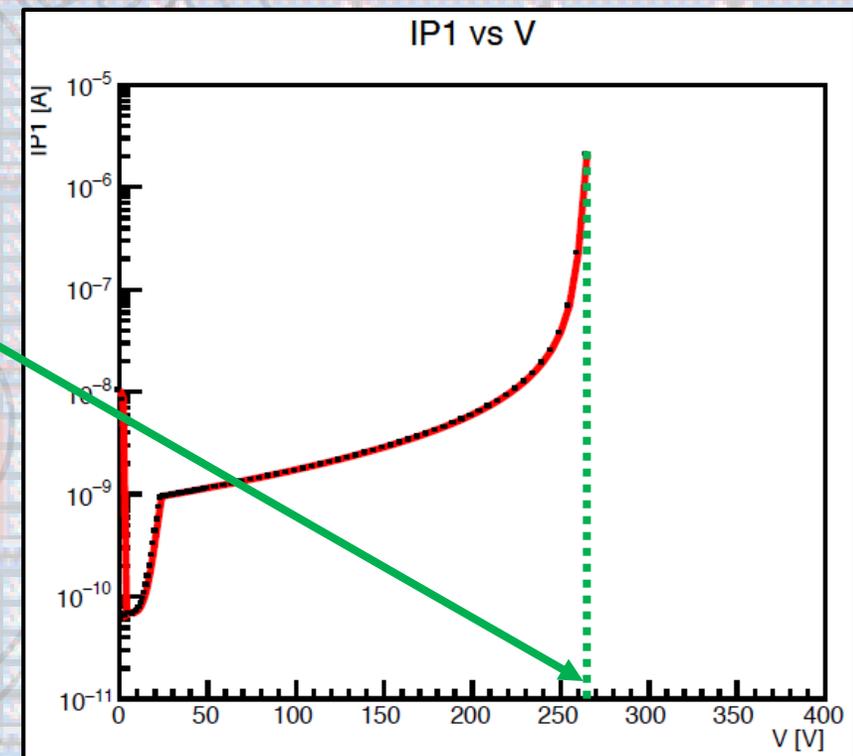
- **Ultima produzione** di prototipi che precede la matrice finale
- La produzione *UFSD 3.2* consiste in 19 *wafer*
- I *wafer* sono differenti per guadagno e resistenza alle radiazioni
- Ogni *wafer* ha lo stesso disegno:
 - A sinistra sensori con 2x2 pads di 9 *type* differenti
 - A destra sensori con 5x5 pads
- Nelle diapositive successive analisi sui **sensori con 2x2 pads**

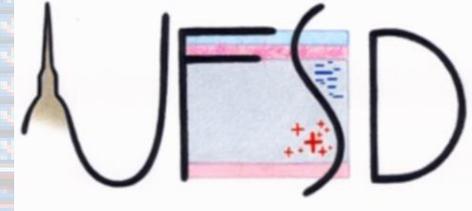


- *CMS* ha bisogno di **10 m² di sensori uniformi**
- FBK raccoglie dati di caratteristiche *IV* di ogni *pad* con una probe station automatica
- Ogni caratteristica è identificabile da:
 - ***Shot*** - numero di riga e colonna
 - ***Type*** - tra i 9 presenti
 - ***Pad*** - tra i 4 presenti
- Alcuni *shots* (in verde in figura) non sono misurati perché risentono di effetti di bordo
- Dalle caratteristiche *IV* è possibile studiare l'**uniformità sul wafer**

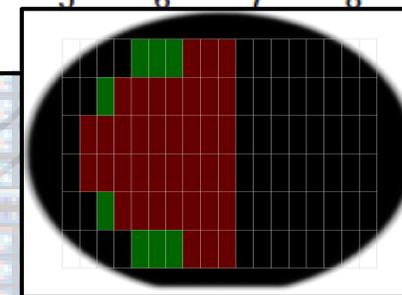
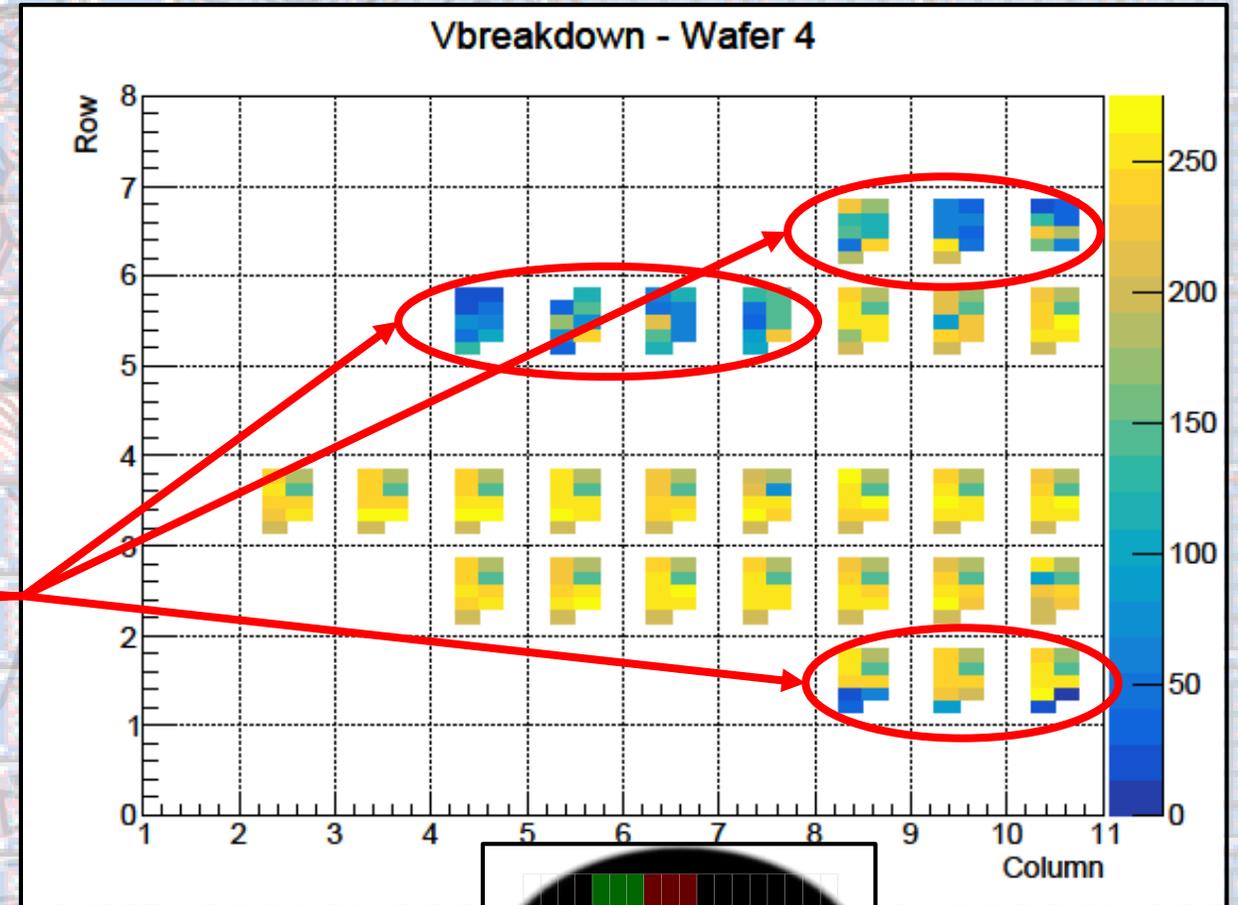


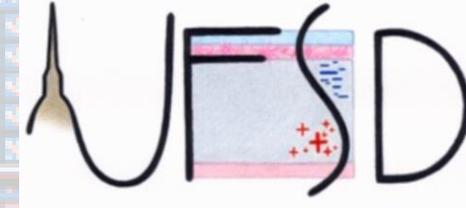
- Per l'analisi dei dati provenienti da FBK ho scritto un programma in *root* chiamato *FBKanalysis*
- Dalla caratteristica *IV* si estrae la tensione di *breakdown* come l'ultima tensione alla quale è effettuata la misura (in figura $V_{break} = 264 V$)
- *FBKanalysis* legge le tensioni di *breakdown* e quale *pad* ha la corrente più alta per poi creare mappe bidimensionali con:
 - Tensione di *breakdown* per ogni sensore
 - *Pad* con corrente più alta
- Infine un *box plot* con le tensioni di *breakdown* suddivise per *type*



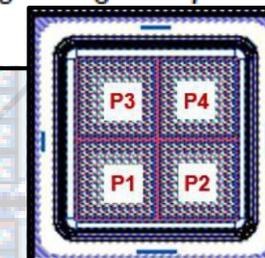
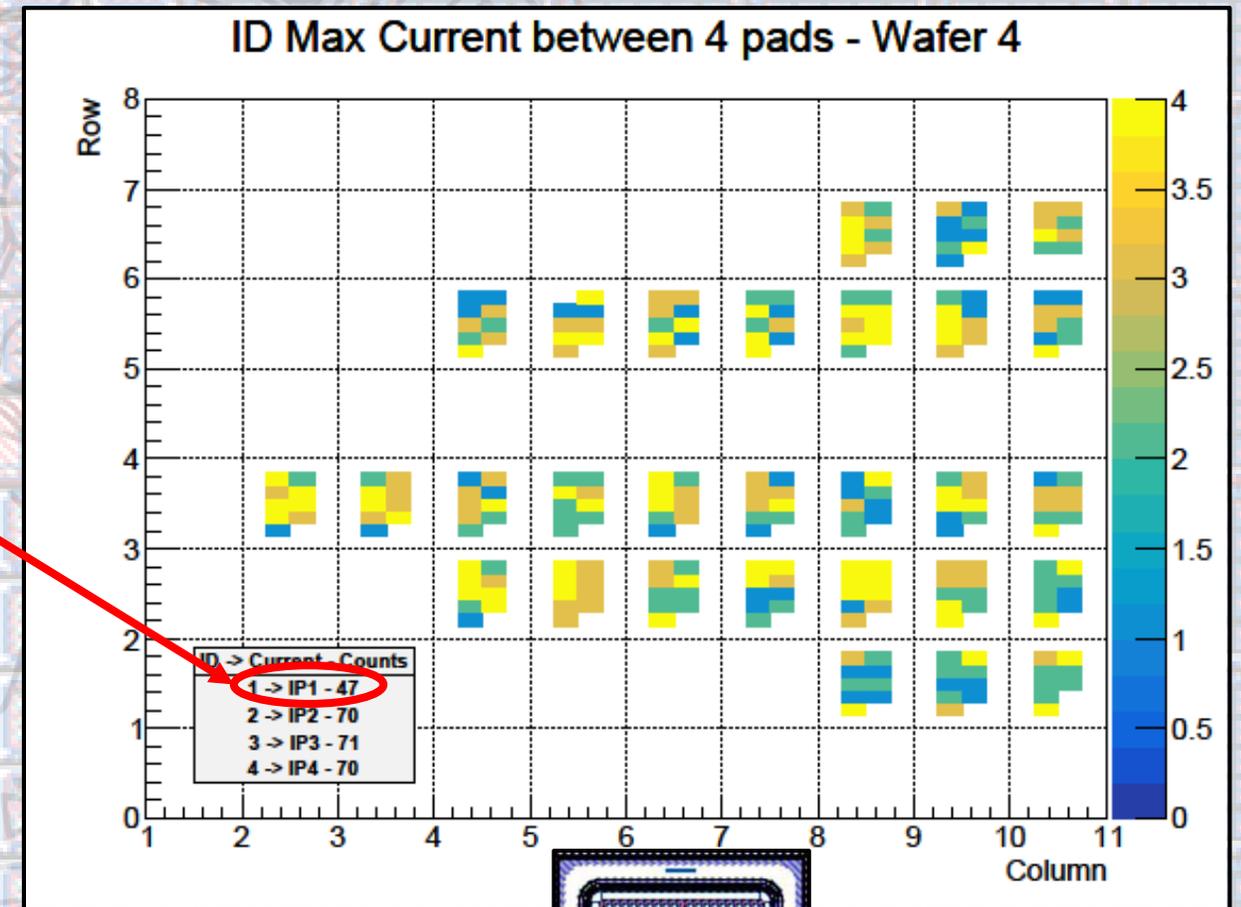


- La scala colori è la tensione di *breakdown*
- Questa mappa è utile per valutare l'uniformità: un *wafer* uniforme avrebbe tutti gli *shot* uguali
- Osservando la mappa si nota che:
 - Alcuni *shot* delle righe 1, 5 e 6 risentono già di effetti di bordo (tensione in media più bassa -> colore più scuro)
 - Si creano degli schemi ripetuti, indice del fatto che ogni *type* ha tensione di *breakdown* differente (meglio evidente con i *box blot*)

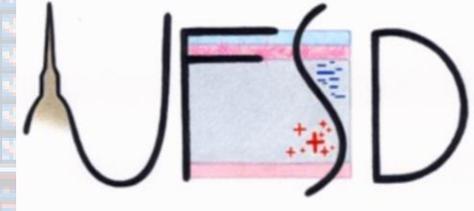




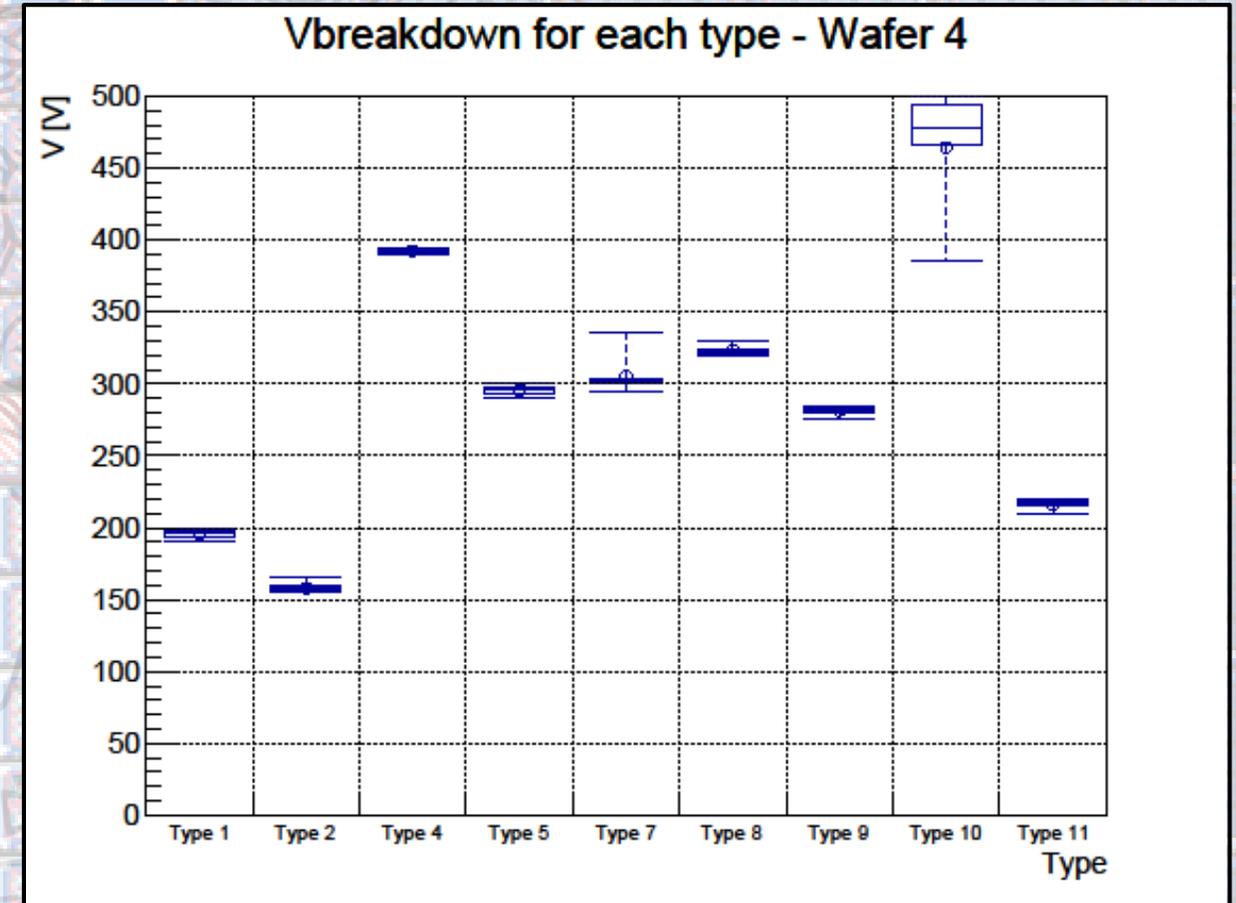
- La scala colori è il numero del *pad* con corrente più alta
- Questa mappa è utile per verificare se ci sono *pad* più deboli di altri
- In questo caso il *pad 1* è responsabile meno spesso del *breakdown*
- In altri *wafer* non è così, non si può dire nulla di significativo
- Sembra non esserci uno schema ripetuto, indice del fatto che i *type* sono omogenei tra di loro da questo punto di vista



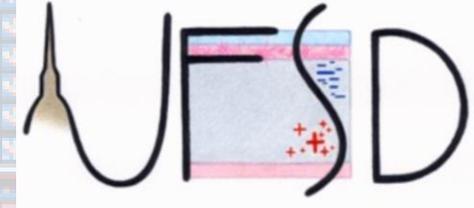
V breakdown per type



- Questo grafico è utile per valutare come il disegno dei *type* influisca sulla tensione di *breakdown*
- Osservando la figura si nota che:
 - I *type* 1, 2 e 11 hanno tensioni di *breakdown* più basse -> bordi meno resistenti
 - I *type* 4 e 10 hanno tensioni di *breakdown* più alte -> bordi più resistenti

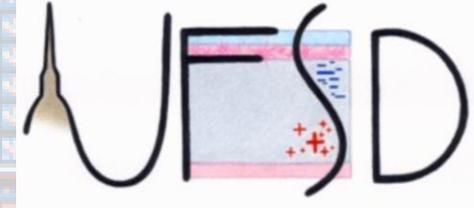


Conclusioni



- Il lavoro presentato contribuirà alla scelta dei parametri definitivi della prima preproduzione per *CMS* -> primo quadrimestre del 2021
- Per finalizzare il progetto *UFSD* si dovranno fissare tutti i parametri ancora sotto indagine e il disegno dei *pads*
- Il metodo delle mappe bidimensionali permette di trarre conclusioni sull'uniformità
- I *box plot* permettono di trarre conclusioni sui *type* più resistenti
- Unendo i risultati di entrambi gli studi si può fare un passo avanti verso lo sviluppo della matrice finale

Ringraziamenti



- Ringrazio il gruppo dei *FAST* di Torino e le agenzie di finanziamento e collaborazioni:
 - INFN – Gruppo V
 - Horizon 2020, ERC - Advanced Grant UFSD
 - Horizon 2020, MSCA – INFRAIA Grant AIDA2020
 - Ministero degli Affari Esteri, Italia MAE, «Progetti di Grande Rilevanza Scientifica»
- *Per ulteriori presentazioni:*
 - http://personalpages.to.infn.it/~cartigli/NC_site/UFSD_Conferences.html
 - http://personalpages.to.infn.it/~cartigli/NC_site/UFSD_References.html

«Non mi scoraggio perché ogni tentativo sbagliato scartato è un altro passo avanti»

Thomas Alva Edison