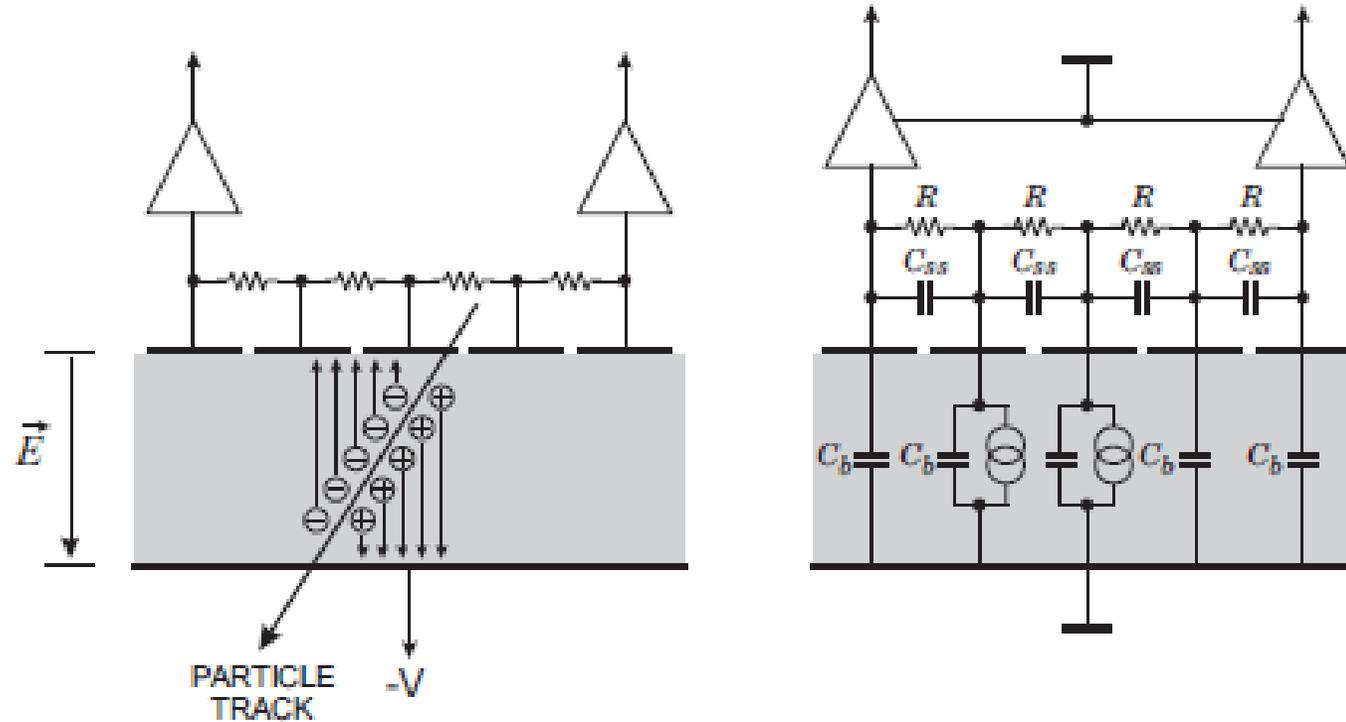




# Rivelatori e Apparati

Slides\_5 – Microstrisce di silicio

# Schematizzazione circuito microstrisce

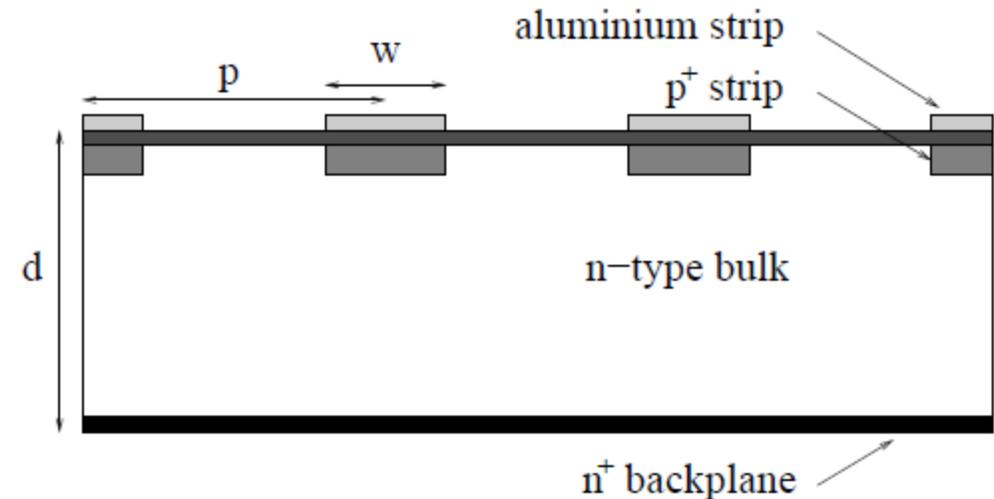


Divisione resistiva della carica

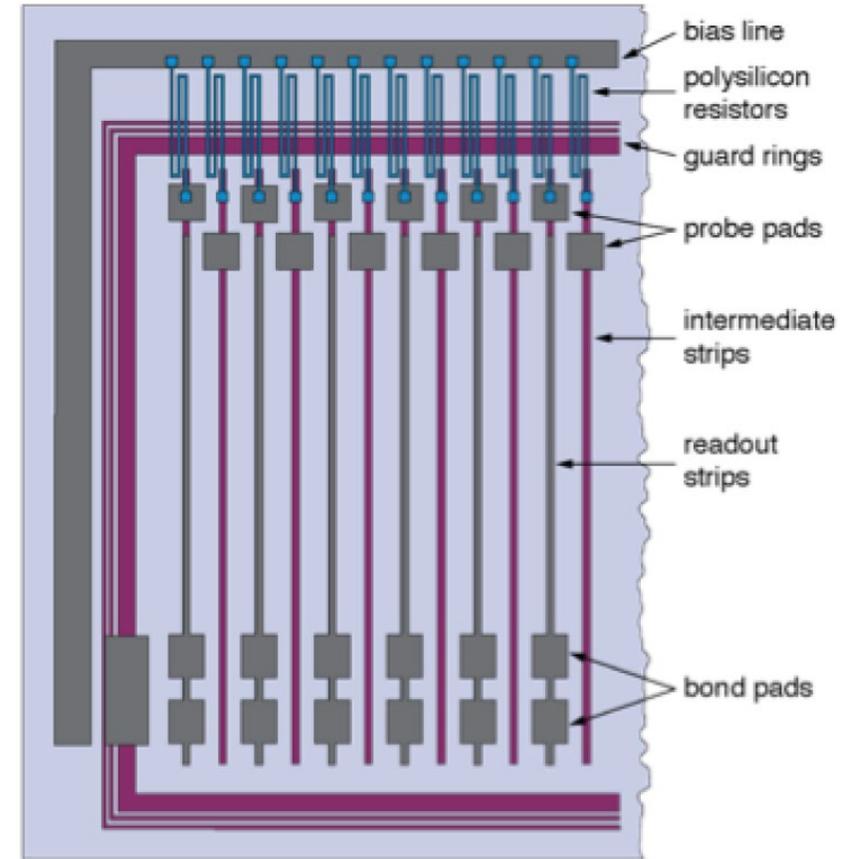
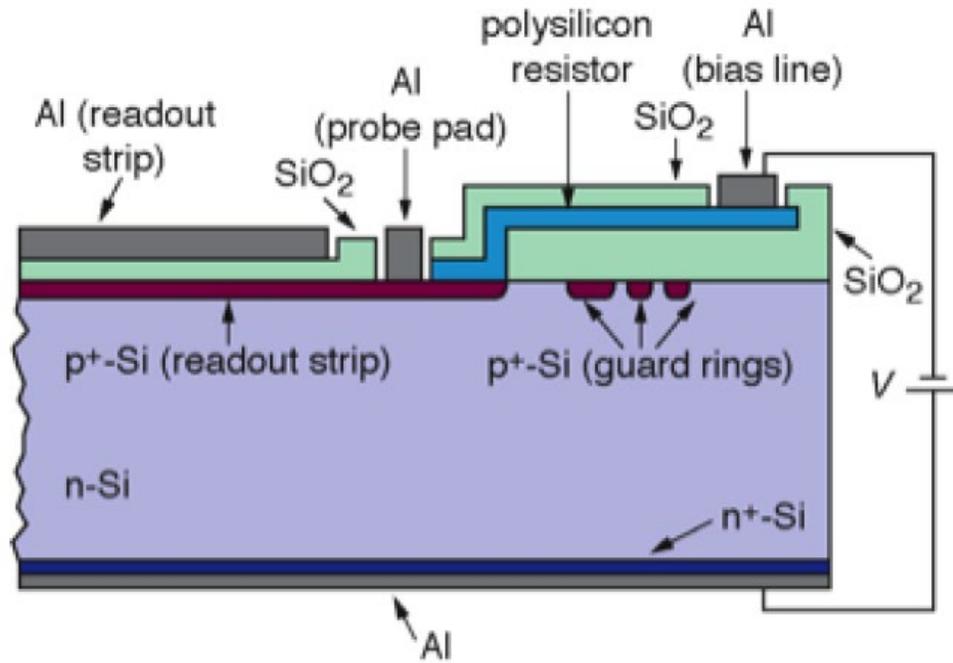
Divisione capacitiva della carica

# Parametri geometrici microstrisce

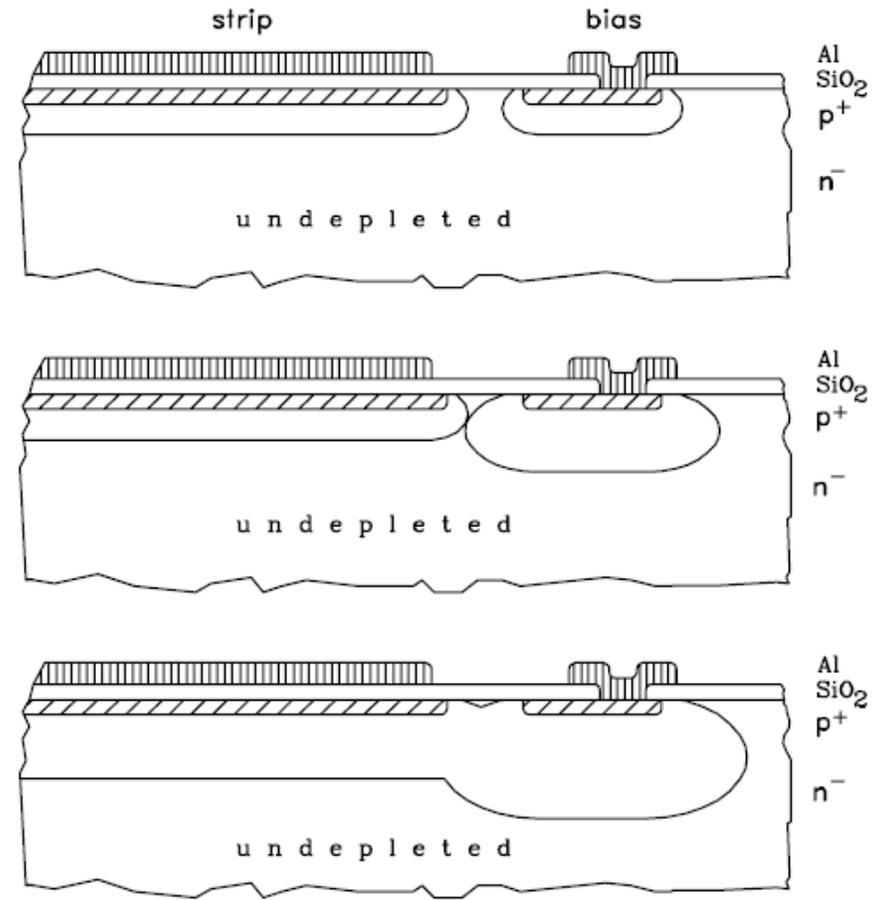
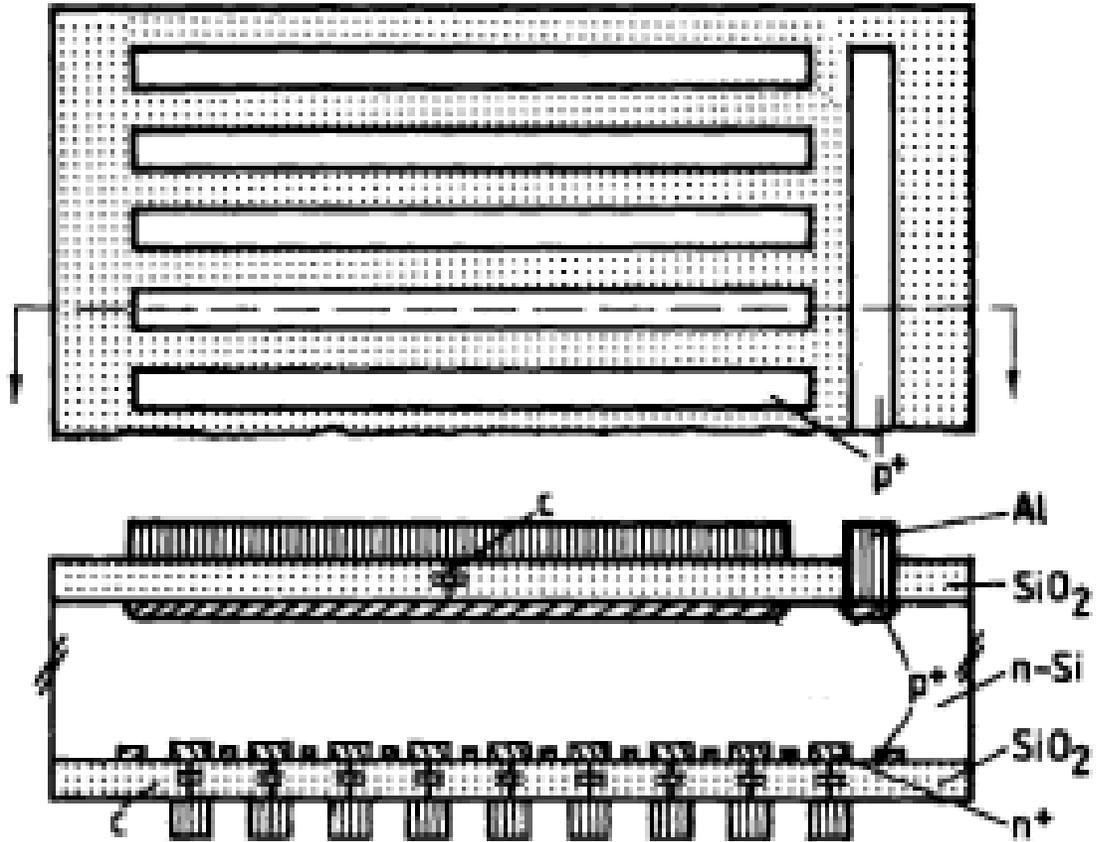
- Il rapporto  $w/p$  modifica le caratteristiche classiche della giunzione pn nella forma a strip:
  - Aumenta la tensione di svuotamento completo
  - Diminuisce la capacita' di diodo



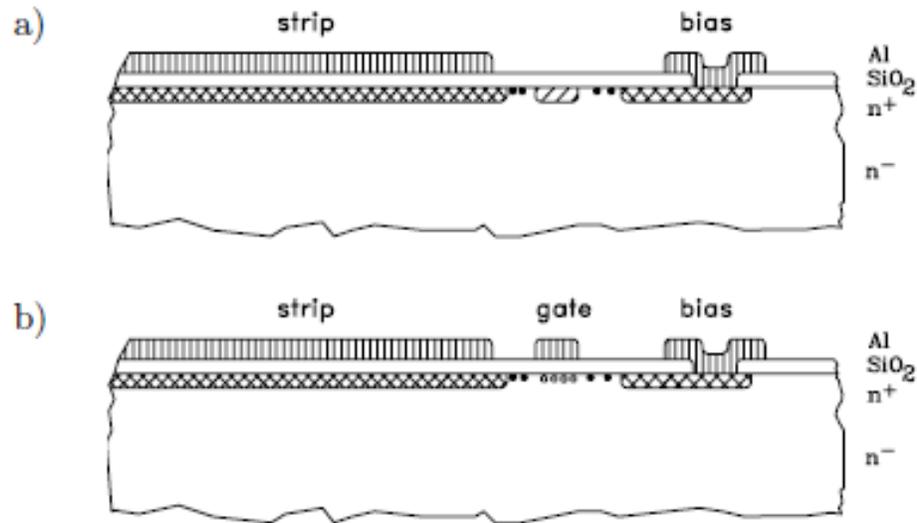
# BIAS con polisilicio



# BIAS via punch-through



# Isolamento strip di bias e lettura n+ in n



- a) punch-through con interruzione data da una barriera a impianto di tipo p
- b) Punch-through attraverso una barriera MOS, ovvero con una tensione di gate variabile negativa tale da indurre uno strato di accumulazione di buche sotto l'ossido

- In entrambi i casi, intorno a impianto o strato di accumulazione di e-, si forma una regione di svuotamento built-in che isola gli impianti.
- Applicando tensione dal backplane (p+) si svuota tutto il bulk n- finche' la zona di carica spaziale positiva non tocca la zona svuotata di isolamento.
- A questo punto la zona di isolamento si metterà allo stesso potenziale del back plane, e le strip n+ saranno isolate dall'impianto di bias a ground.
- Il loro potenziale si aggiusterà quindi a un valore tale per cui la corrente media di elettroni raccolta alle strip equivale alla corrente di e' emessa termicamente attraverso la barriera di potenziale verso il contatto di bias.

# Segmentazione del secondo lato – caso $N^+$ in bulk $N$

**accumulazione:** a causa della presenza di buche nell'ossido, gli elettroni si accumulano all'interfaccia bulk-ossido (invece di essere raccolti dalle strisce  $N^+$ ) mettendo in corto le strip.

Soluzioni:

b) **Impianto di compensazione** (strato p) sotto l'ossido in modo da rimuovere gli elettroni.

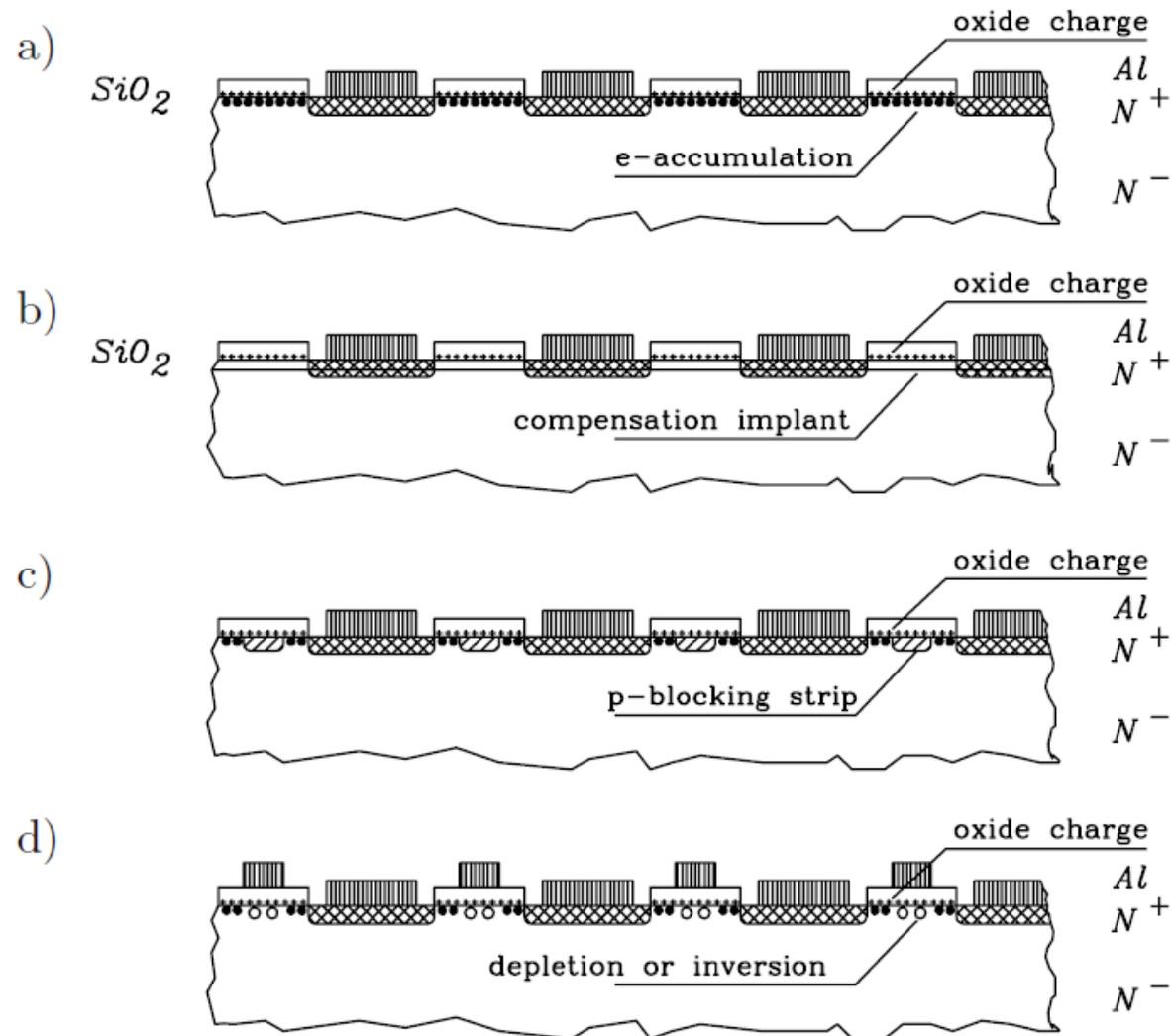
Difficile applicazione:

- basse concentrazioni mettono in corto facilmente  $N^+$
- alte concentrazioni creano grandi campi e correnti

c) Strisce bloccanti **p-stops** tra gli impianti  $N^+$  così da interrompere lo strato di accumulazione

d) Una struttura a potenziale variabile connessa all'ossido in modo da controllare l'isolamento

*Caso bulk P: **inversione** invece di accumulazione*



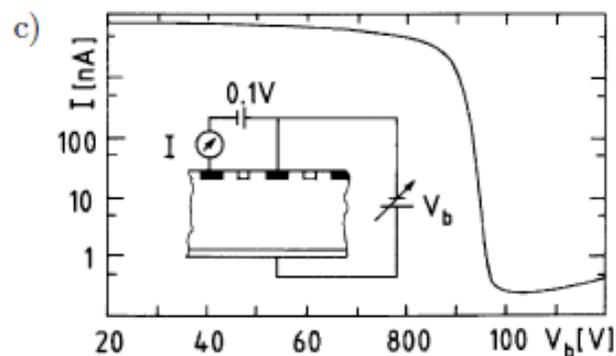
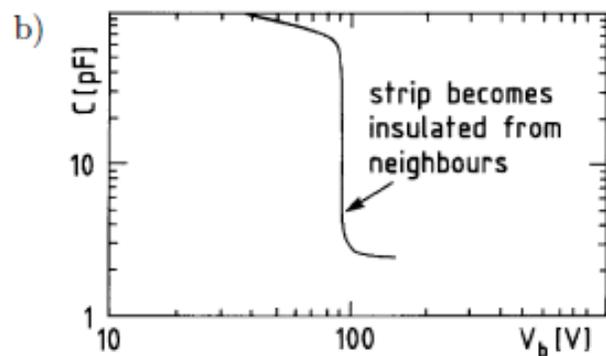
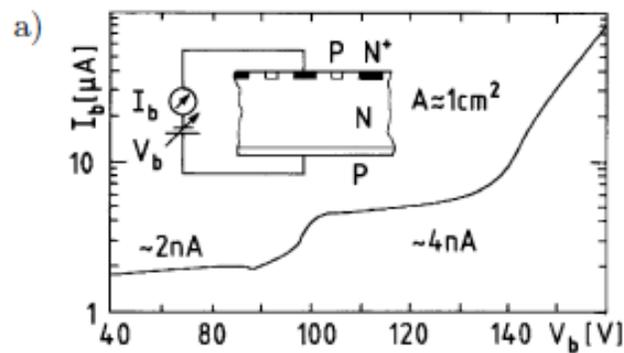
# Misure su lato segmentato

Solo un impianto  $N^+$  collegato all'alimentazione e in lettura:

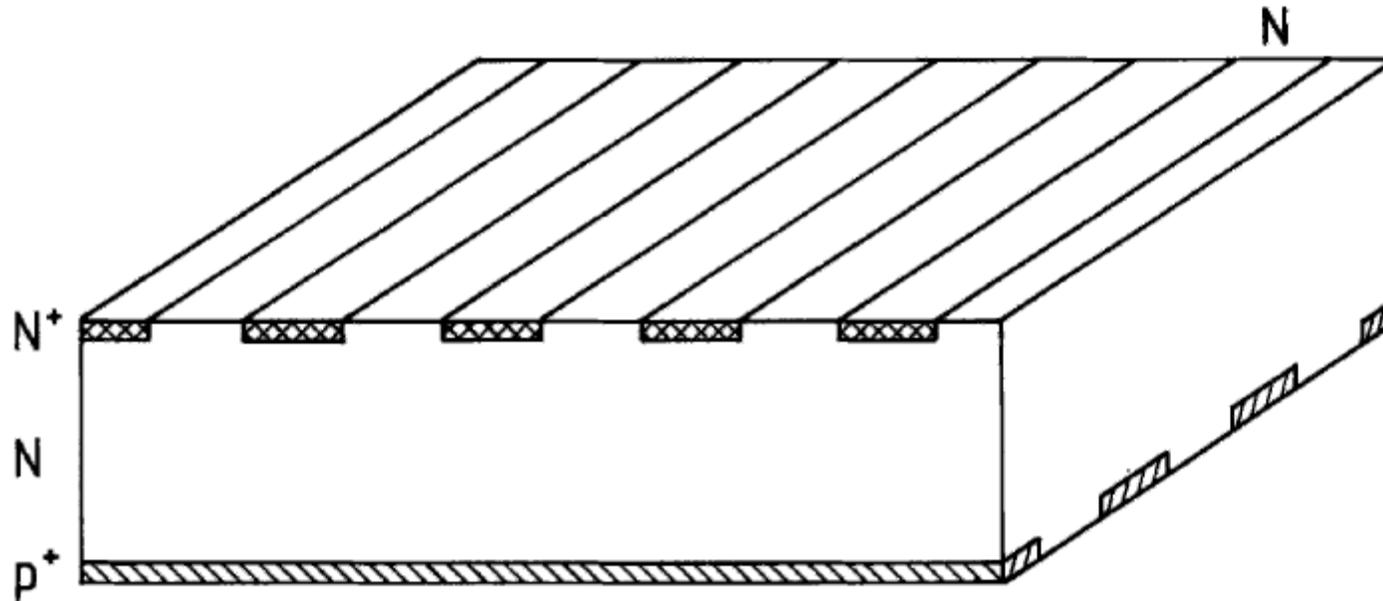
- a) Corrente di bias in funzione della tensione di bias
- b) Capacità verso il lato opposto in funzione della tensione di bias

L'improvvisa caduta nella misura di capacità indica l'isolamento tra le strip successive, con un condensatore di grande area ( $1\text{cm}^2$ ) che si trasforma in diodi successivi di piccola area (lunghezza x larghezza strip). La tensione per la quale la capacità rallenta la decrescita è la tensione di isolamento tra strisce, che poi raggiunge la tensione di svuotamento.

- c) Corrente che fluisce tra due strip vicine. La variazione di resistenza interstrip conferma l'isolamento avvenuto

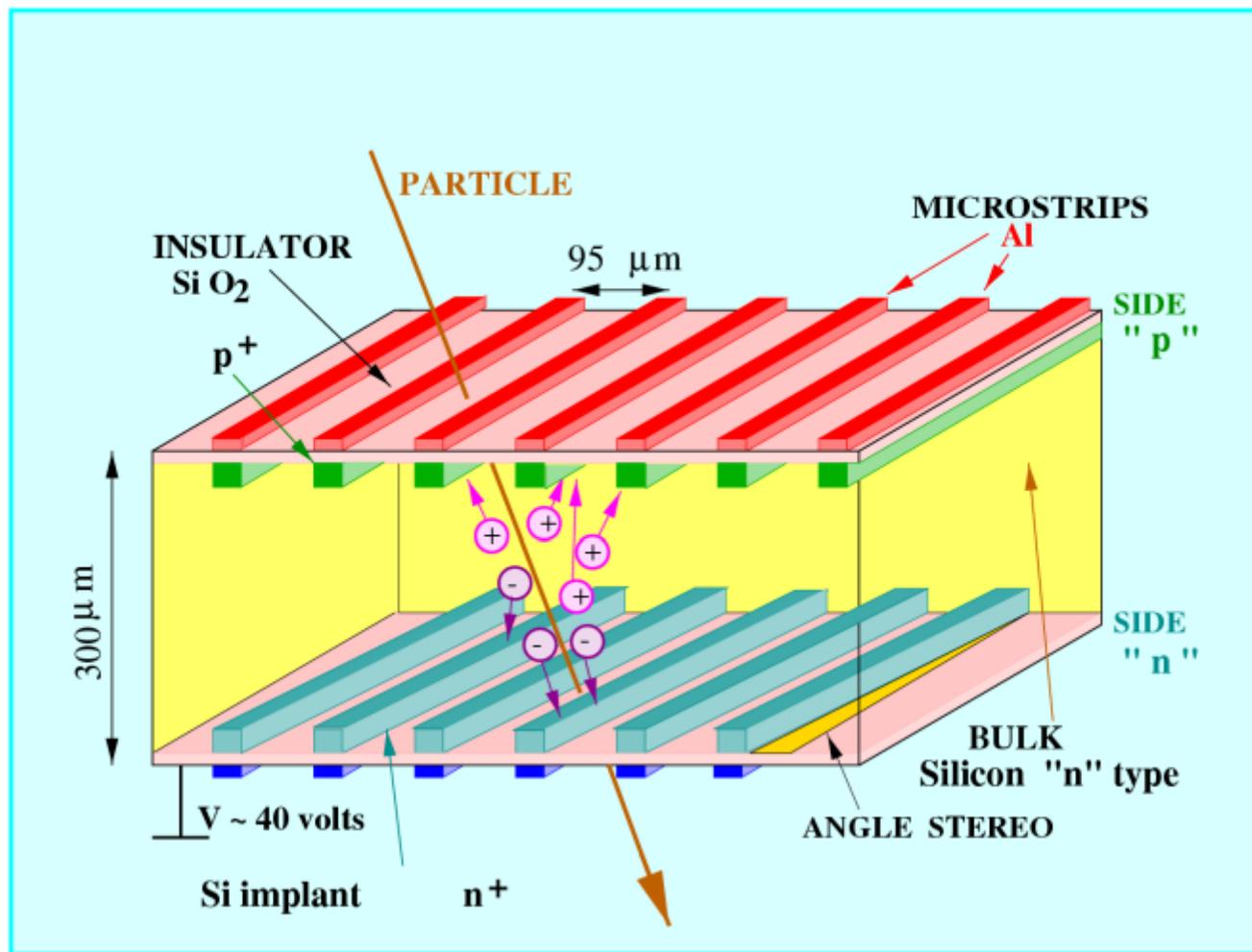


# Microstrisce a doppia faccia (angolo retto)

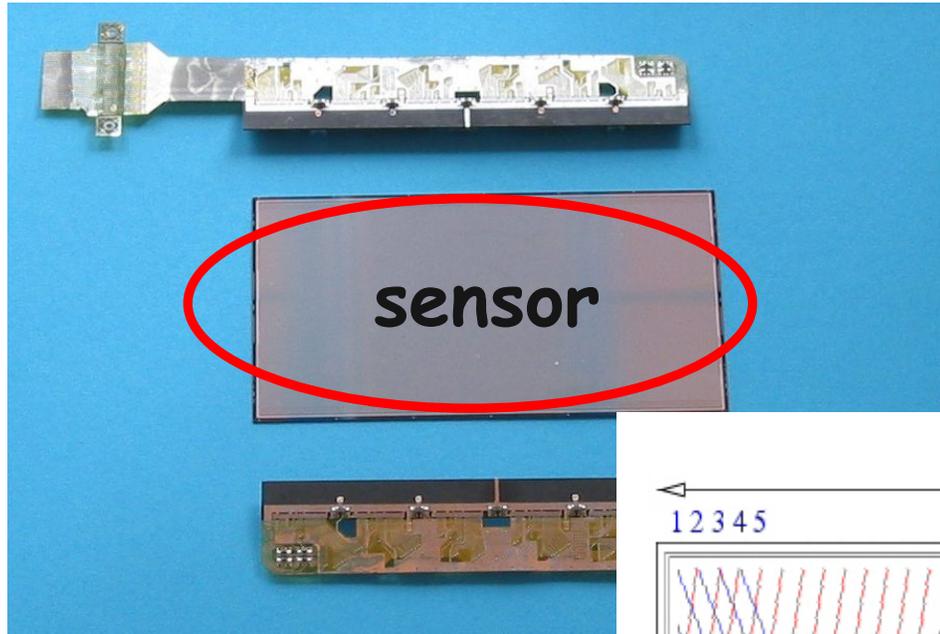




# ALICE SSD: double sided almost parallel strips



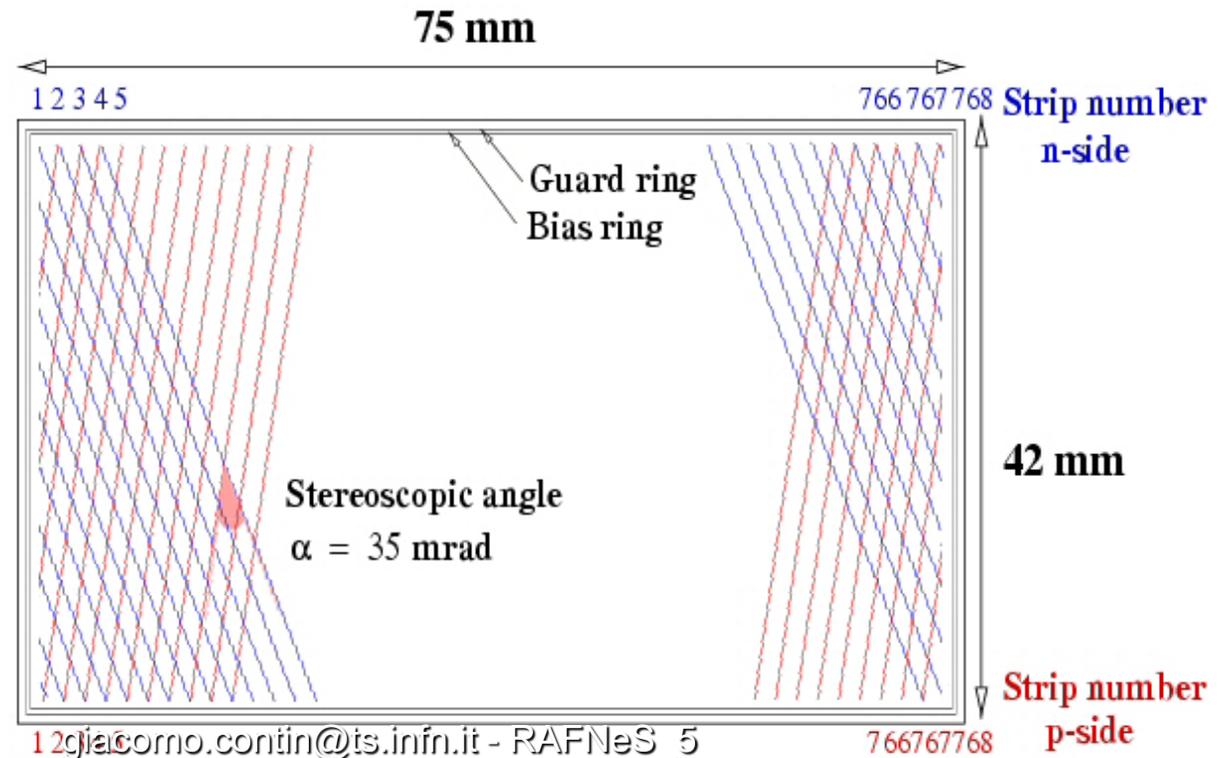
# ALICE Silicon Strip Detector



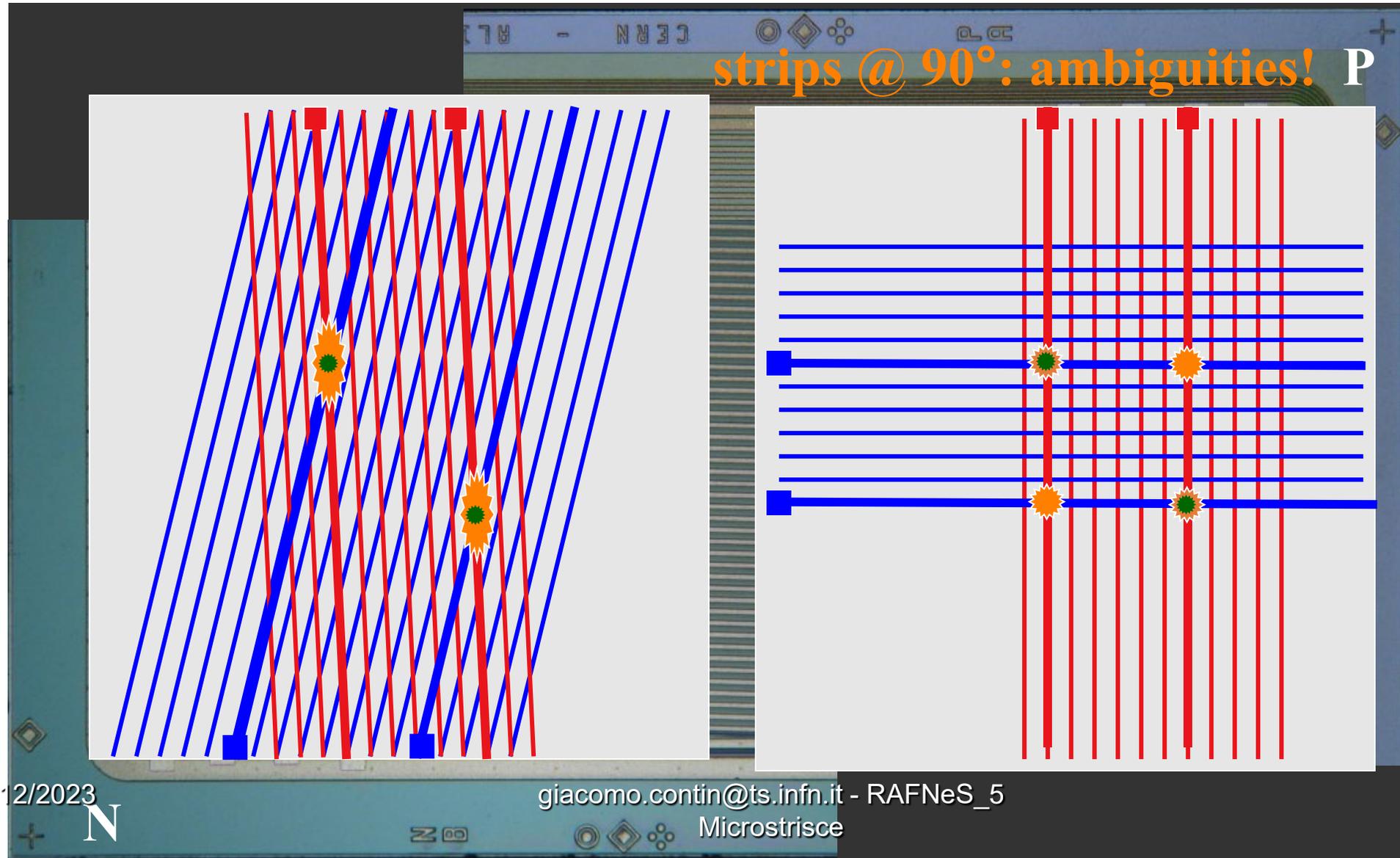
**SENSOR:** double-sided silicon microstrip,

- 768 strips per side, 96  $\mu\text{m}$  pitch,
- small stereo angle (35mrad)
- 300  $\mu\text{m}$  thick
- integrated AC decoupling

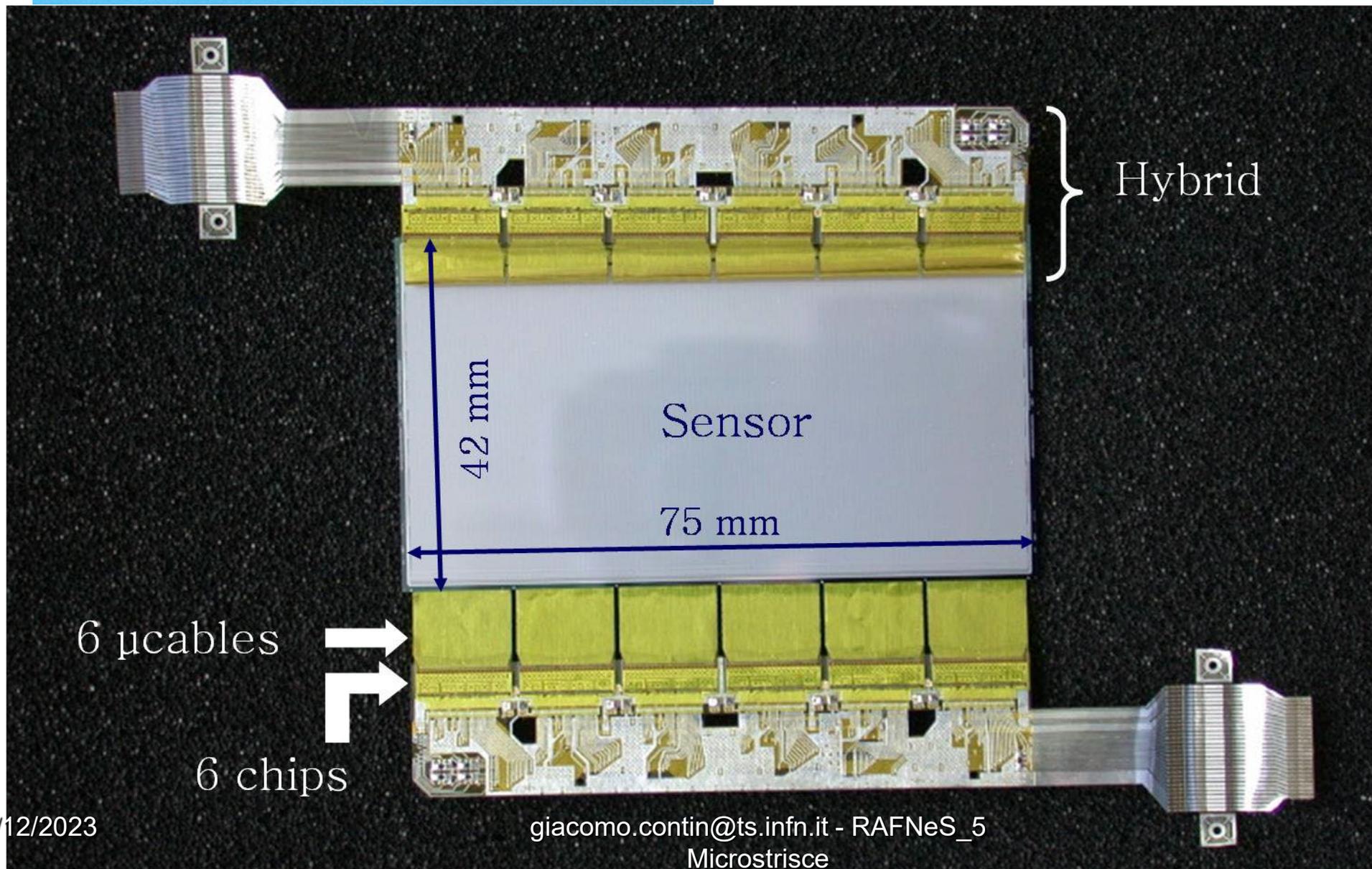
Small stereo angle  
to minimize the  
ambiguities in presence  
of high multiplicity



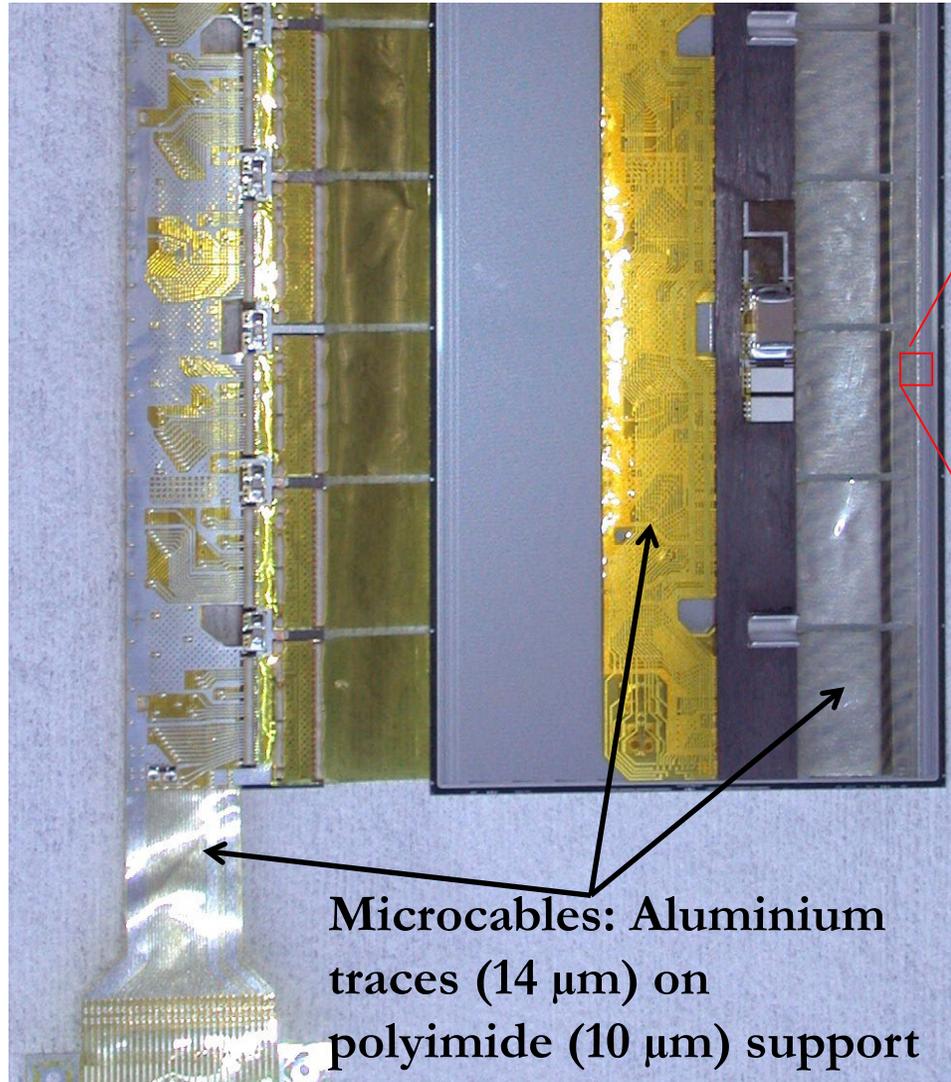
# Piccolo angolo stereo e ambiguita'



# Il modulo



# Interconnessioni sensore-elettronica



**Microcables: Aluminium traces (14  $\mu\text{m}$ ) on polyimide (10  $\mu\text{m}$ ) support**

**Designed to minimize material budget**

- single-point TAB-technology:
  - ✓ no intermediate pitch-adapters (lower mass and radiation length)
  - ✓ “simple” to assemble & reliable (despite double sided sensors)

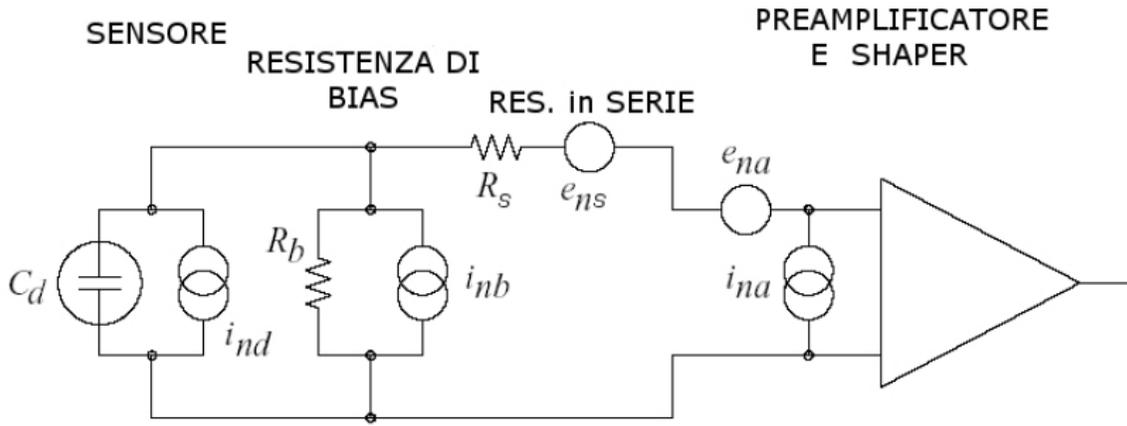
21/12/2023

(important for low momentum particles)

giacomo.contin@ts.infn.it - RAFNeS\_5

Microstrisce

# Schematizzazione e misura dei contributi al rumore nel front-end chip SSD



1) capacita' di carico e parassita (n. misurato)

$$ENC = 211 + 18 \text{ e-/pF}$$

$$ENC \simeq 391 e^-$$

$C_{is \text{ prime vicine}}$	$\sim 3 \text{ pF}$
$C_{is \text{ seconde vicine}}$	$\sim 0.5 \text{ pF}$
$C_{bck}$	$\sim 1.32 \text{ pF}$
$C_{tot}$	$\sim 8 \text{ pF}$
$C_{AC}$	$\sim 300 \text{ pF}$
$\frac{C_{AC}}{C_{tot}}$	$\gtrsim 35$

2) Resistenze parallele (bias 100MΩ e di feedback 10MΩ)

$$ENC_{R_{par}} = \frac{e}{q} \sqrt{\frac{t_{sh} kT}{2R_{par}}} \quad \frac{1}{R_{par}} = \frac{1}{R_b} + \frac{1}{R_{fb}} \quad ENC_{R_{par}} \simeq \frac{915}{\sqrt{R_{par} [\text{M}\Omega]}} \simeq 305 e^-$$

3) Rumore termico da R in serie (50 Ω)

$$ENC_{R_{ser}} \simeq 41 e^-$$

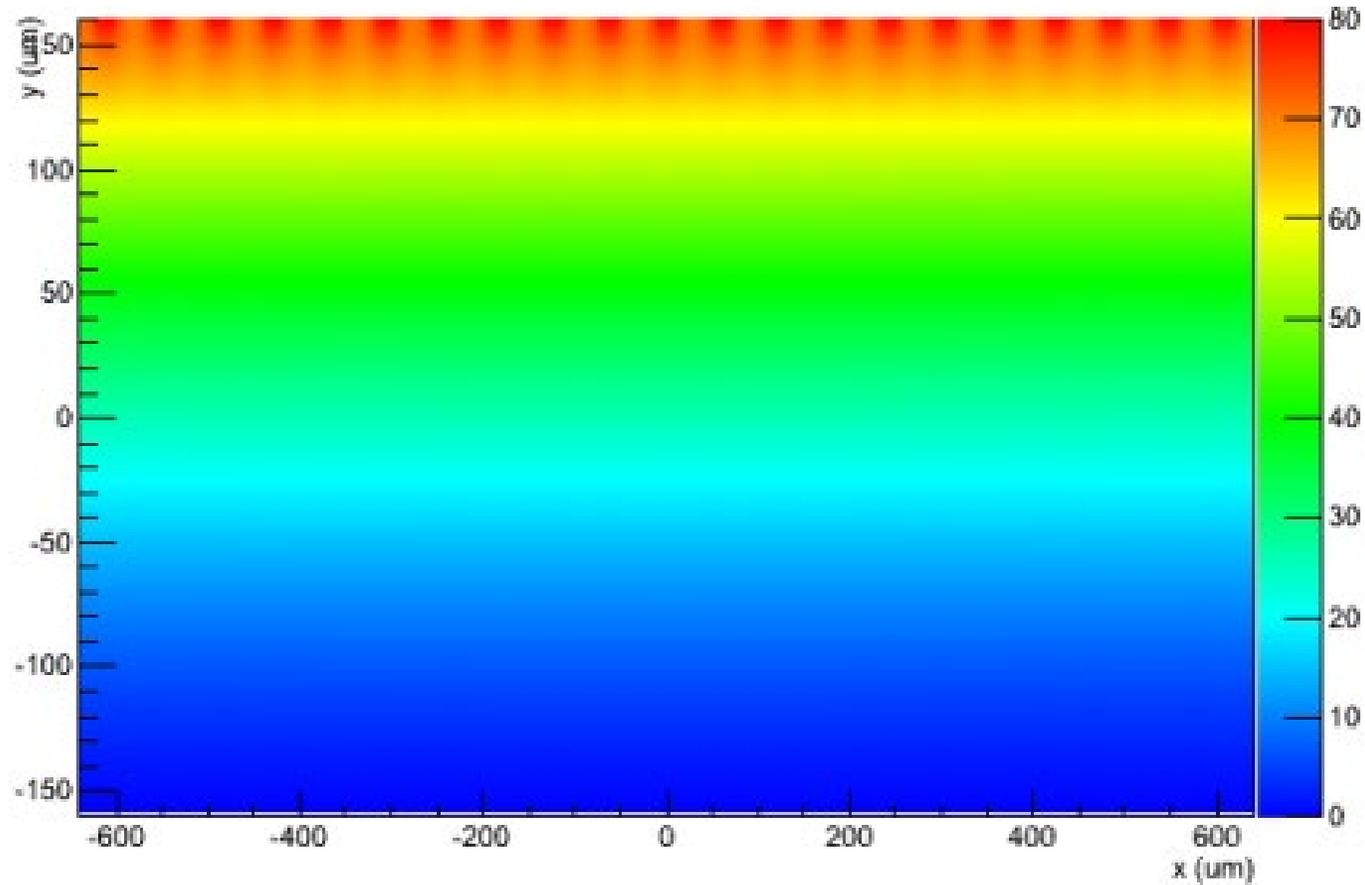
4) Shot noise da corrente di leakage (1 nA)

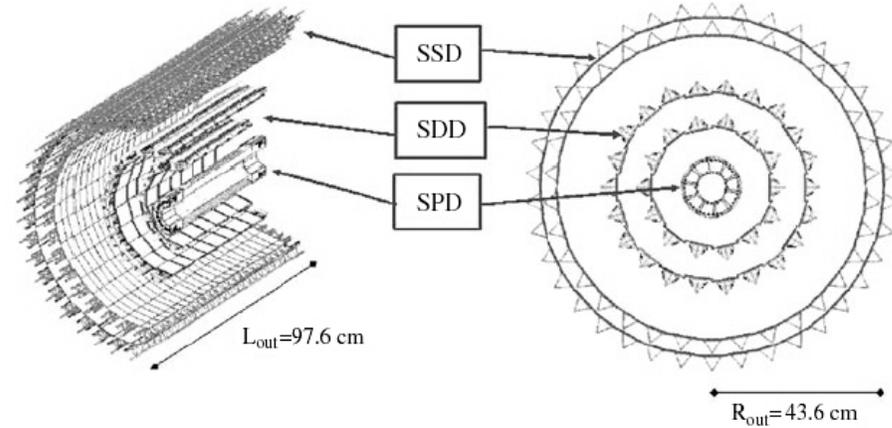
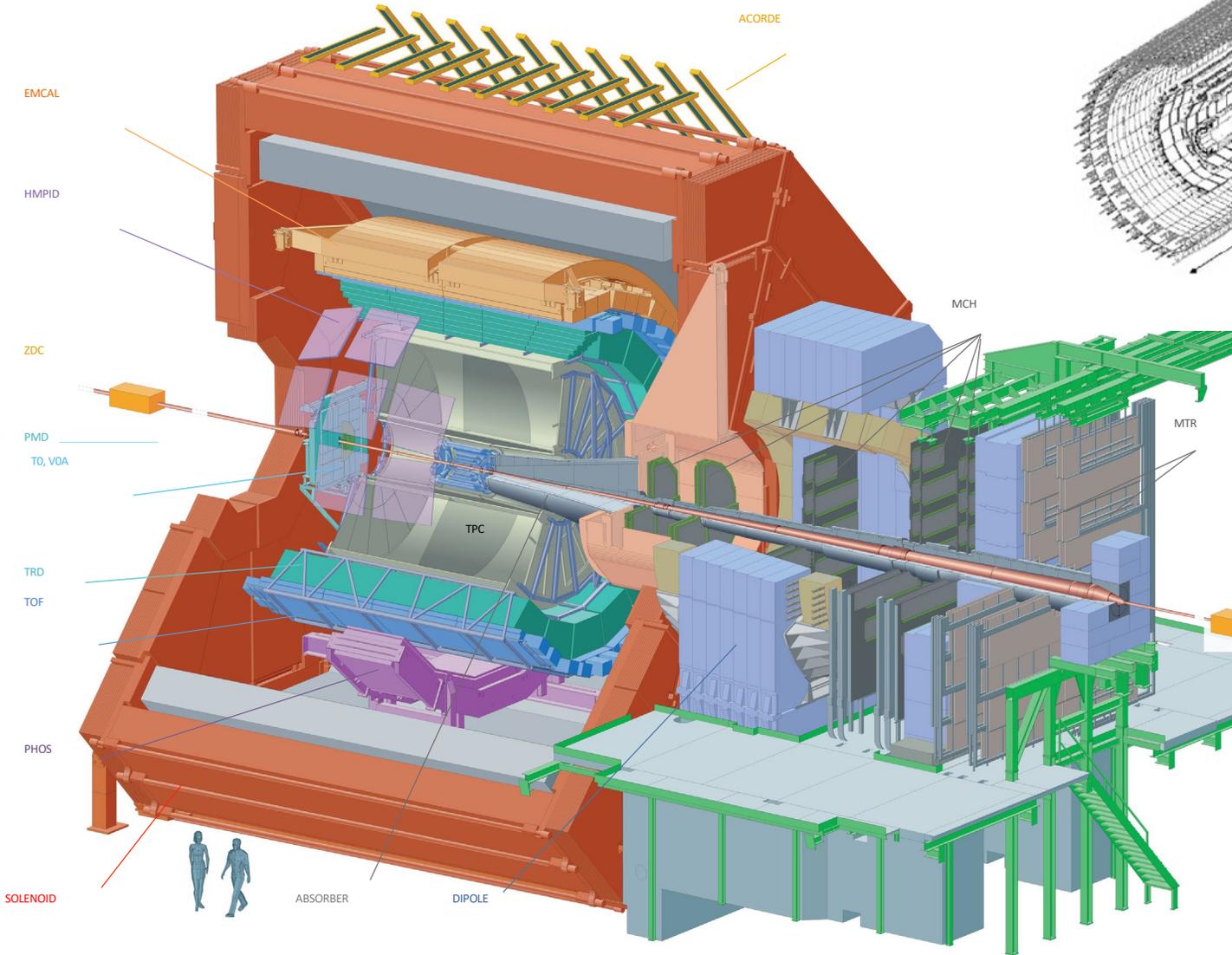
$$ENC_{leak} = \frac{e}{q} \sqrt{\frac{q I_{leak} t_{sh}}{4}} \simeq 129 \cdot \sqrt{I_{leak} [\text{nA}]} \simeq 129 e^-$$

3) Rumore totale:

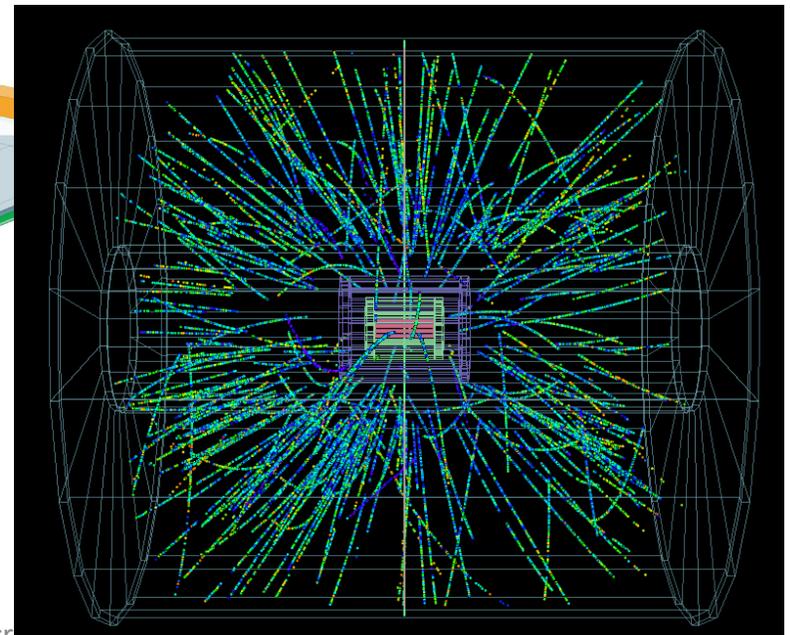
$$ENC_{tot} = \sqrt{ENC_{cap}^2 + ENC_{R_{par}}^2 + ENC_{R_{ser}}^2 + ENC_{leak}^2} \simeq 514 e^-$$

# Campo di deriva in silicon strip detector parzialmente svuotato (simulazione)



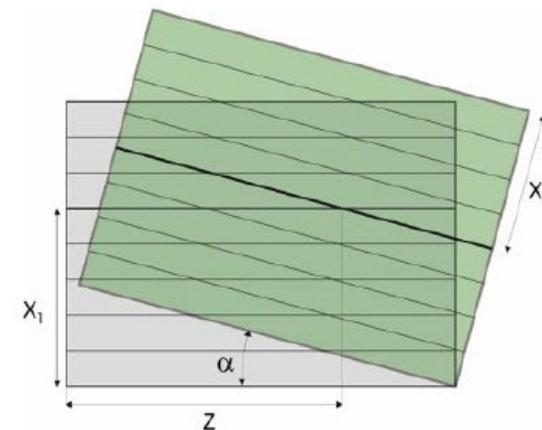
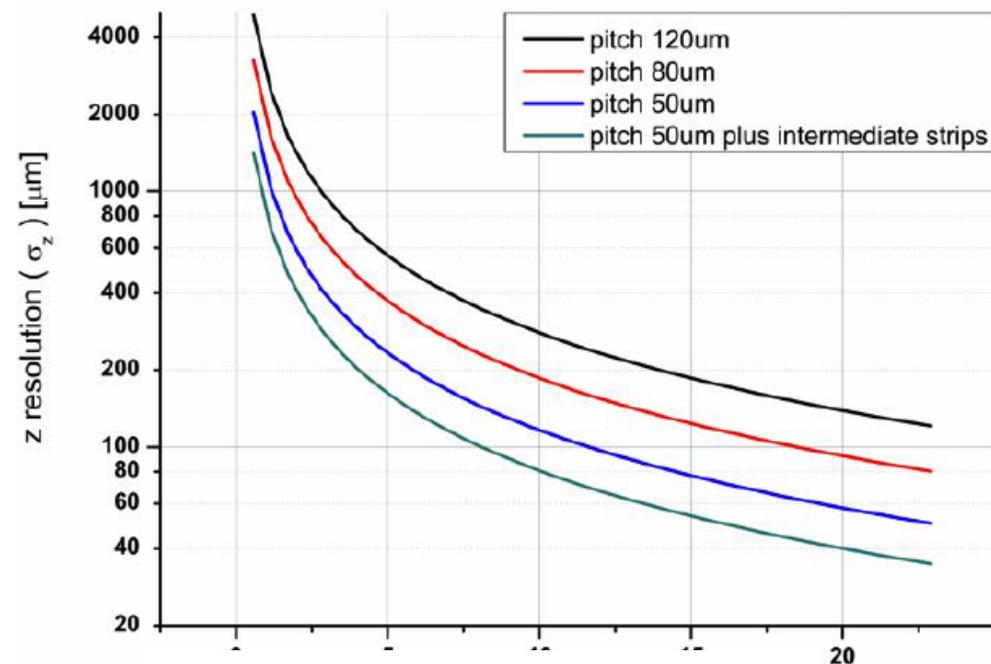


- $z = \text{direzione fascio}$
- $r\phi = \text{rotazione intorno al fascio}$   
diventa  $xy$  sul piano del rivelatore



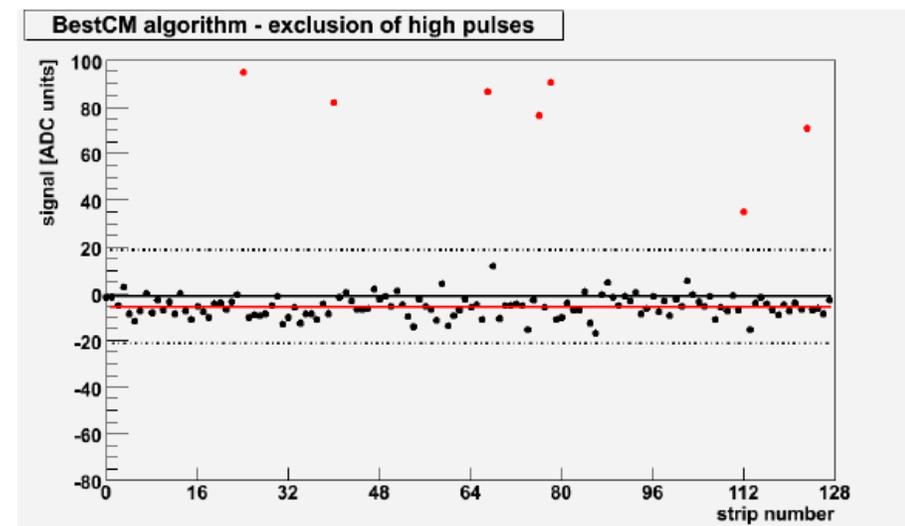
# Orientazione strisce → posizione passaggio

- Risoluzione nella direzione del fascio in funzione dell'angolo stereo tra le strisce dei due lati
- Le strip sono orientate ~parallele al fascio perche' voglio massimizzare la risoluzione nella direzione di rotazione intorno al fascio

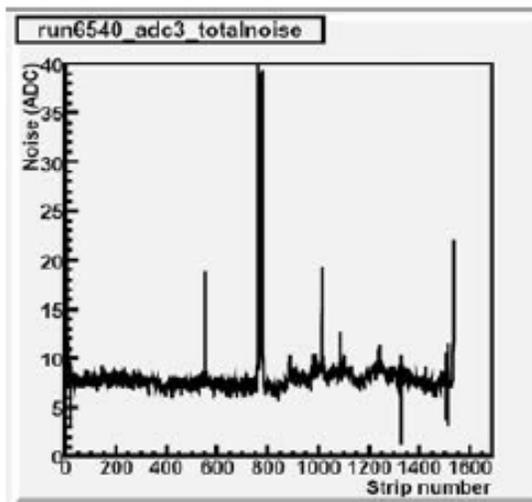


# Correzione dello spostamento dei piedistalli dovuto al rumore di modo comune in rivelatore

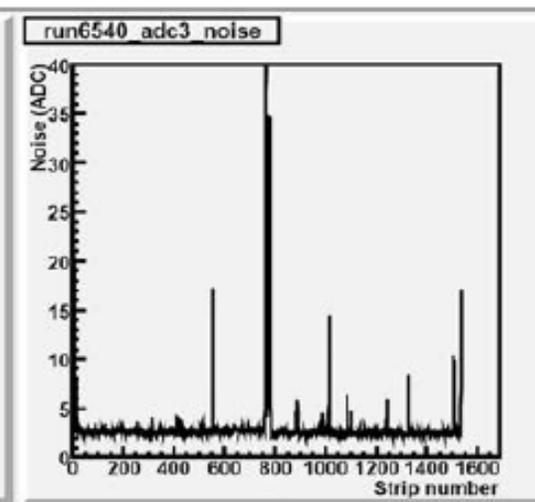
- Calcolo dello spostamento evento per evento
- Statistica degli spostamenti
- Valutazione contributo di rumore di modo comune al rumore totale



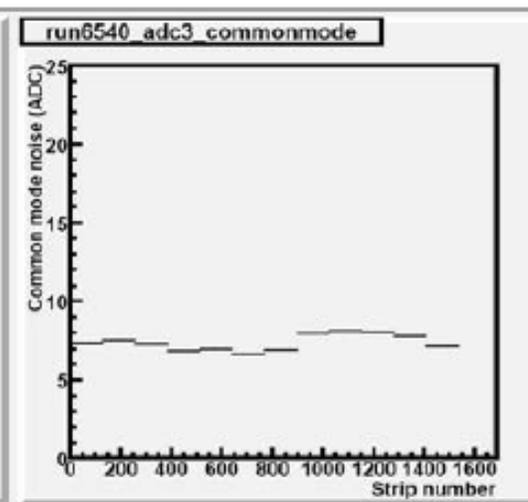
Rumore totale



rumore RMS intrinseco



rumore RMS di modo comune

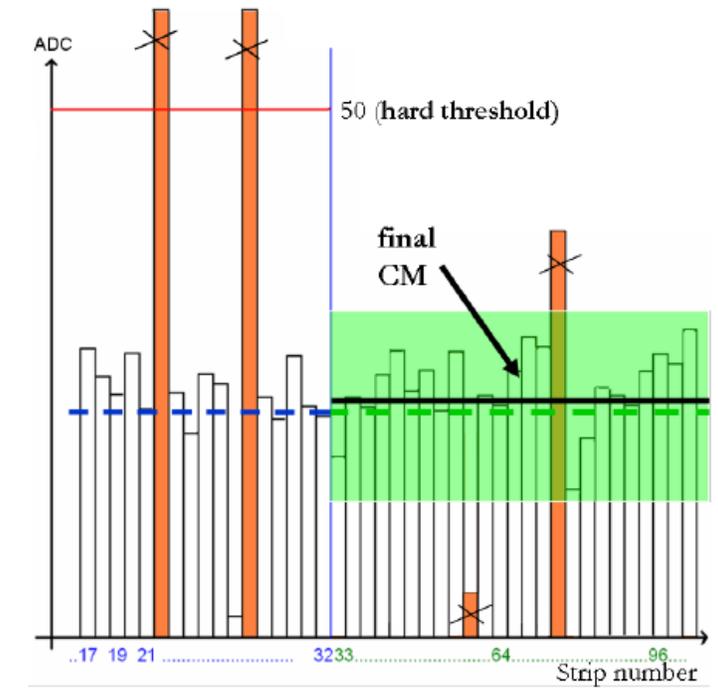
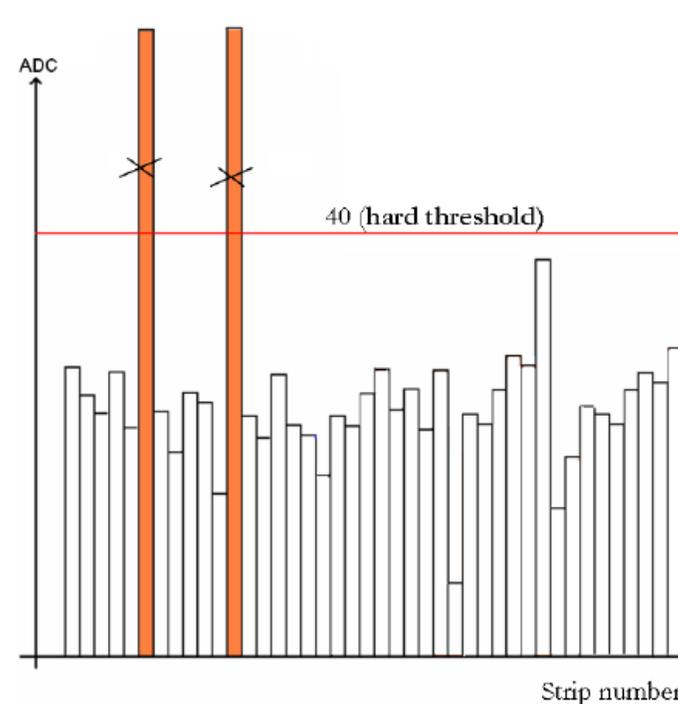
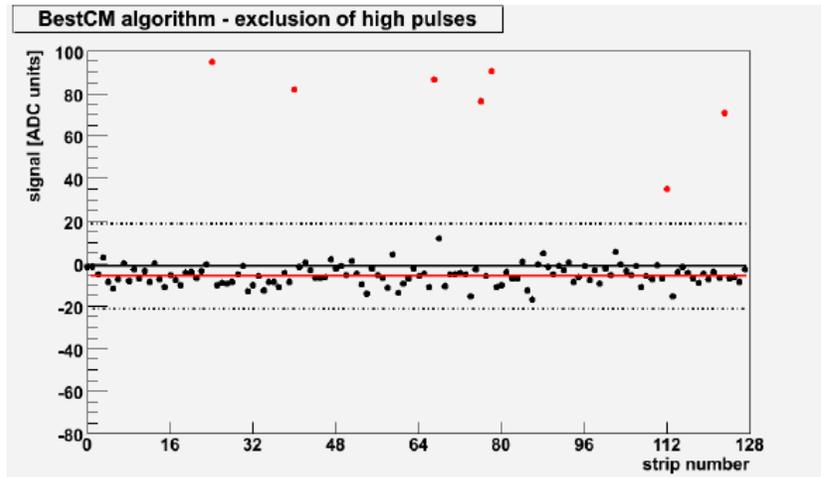


# Metodi di correzione del rumore di modo comune

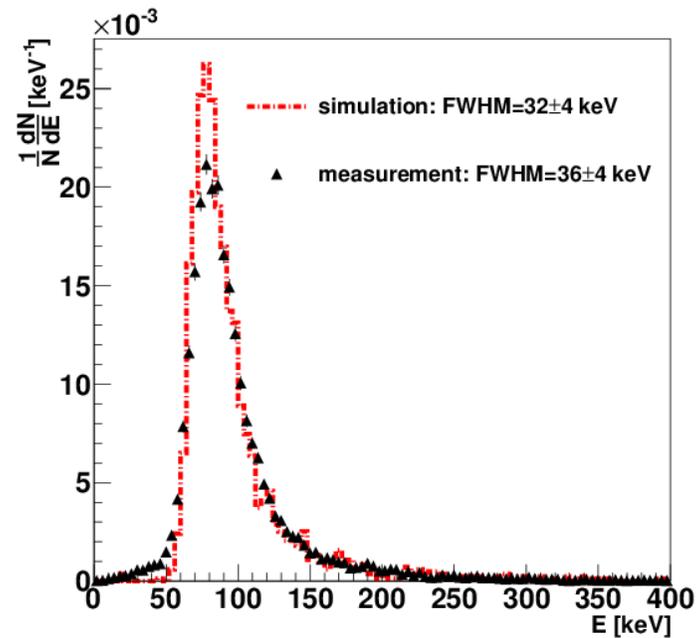
- **Media ricorsiva:** calcola media su tutti i dati, applica un filtro intorno alla media, ricalcola media sui dati inclusi dal filtro
- Elimina fluttuazioni e segnali fisici
- Tratta ogni dato due volte (aumento risorse di esecuzione)

- **Soglia fissa:** elimina grandi fluttuazioni positive e segnali fisici
- Tratta il dato di ogni canale una sola volta
- Non elimina piccoli segnali fisici e fluttuazioni negative

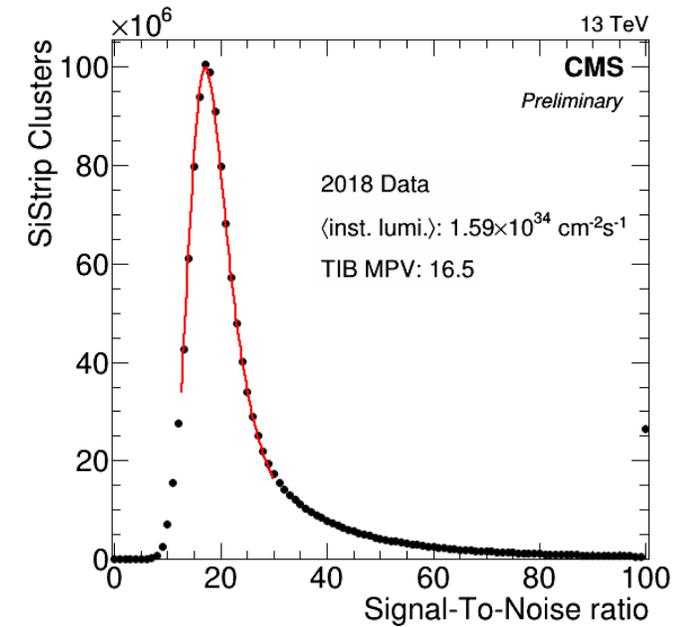
- **Auto-aggiustamento:**
  - Soglia fissa sul primo gruppo di canali per calcolare una media grossolana
  - Finestra con soglie strette sul secondo gruppo di canali per raffinare la media
  - Elimina fluttuazioni e segnali fisici
  - Tratta il dato di ogni canale una sola volta



# Esempi di distribuzione di Perdita di energia

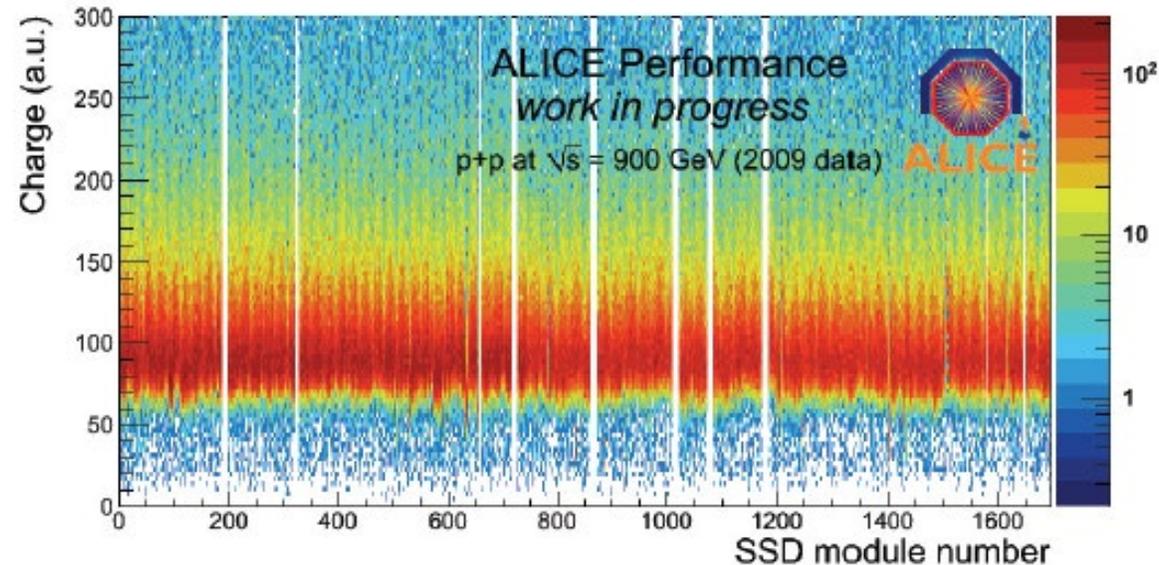
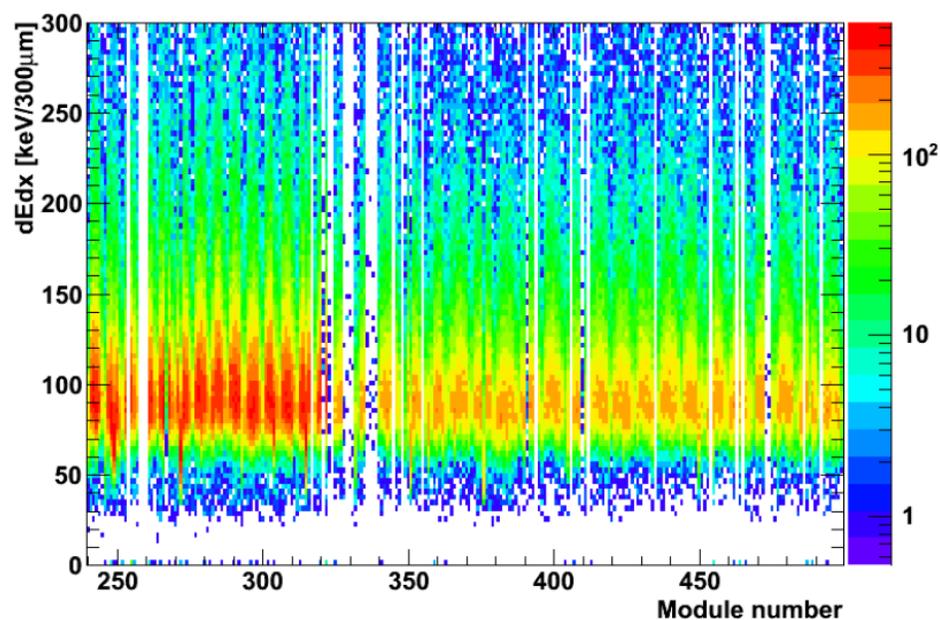


ALICE raggi cosmici

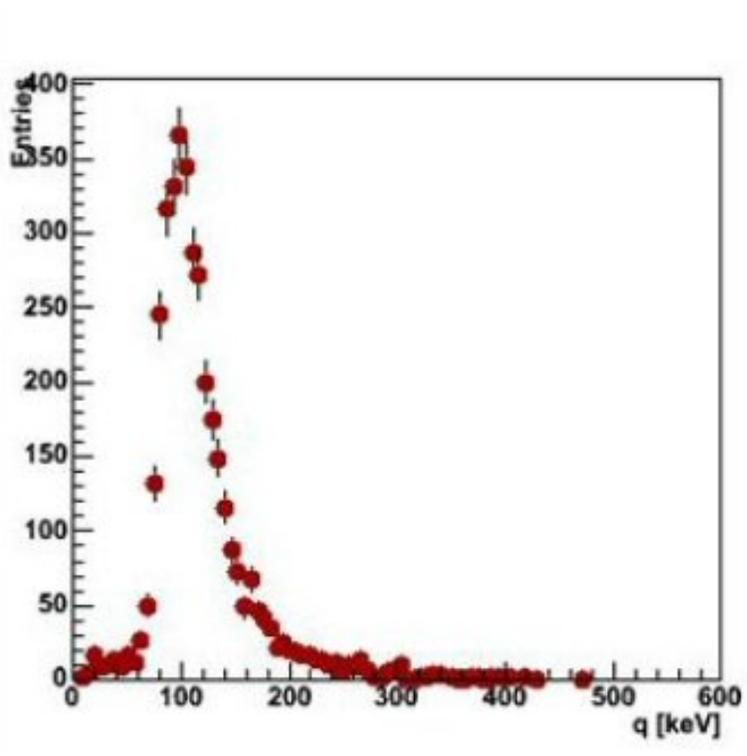


CMS particelle da collisione

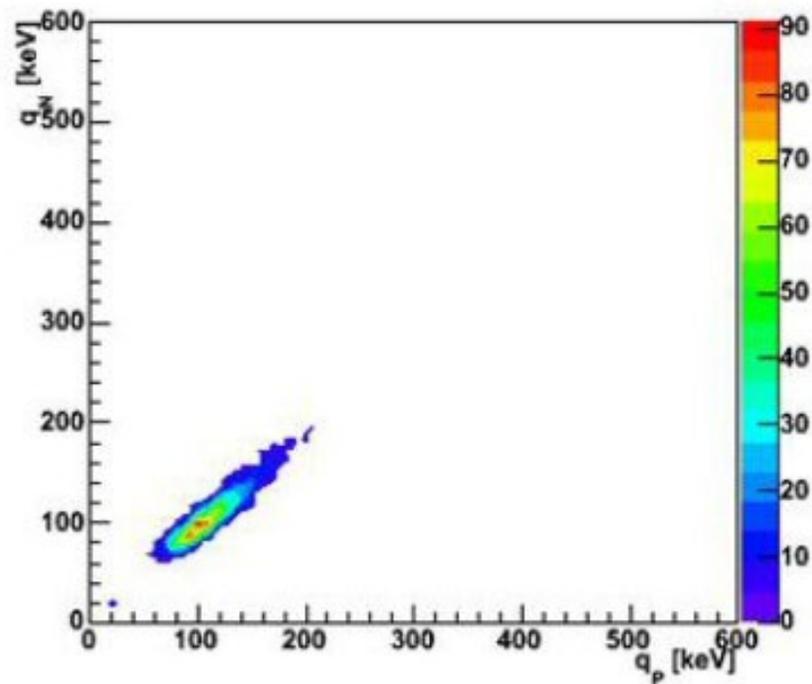
# Distribuzione Perdita di energia per canale



# Correlazione di carica lato P – lato N



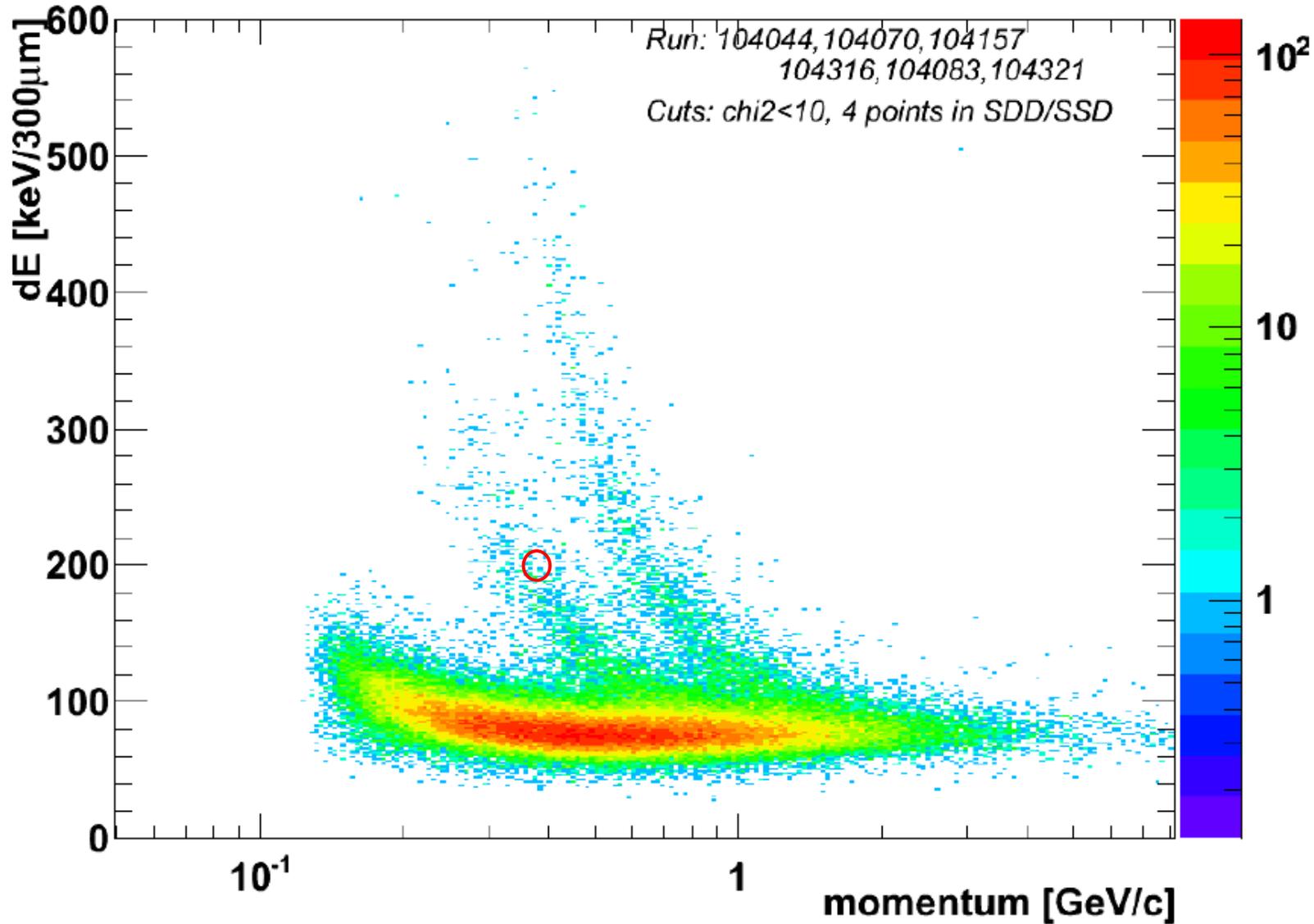
Carica misurata



Correlazione di carica tra lati

# dEdX distribution (ITS signal, truncated mean)

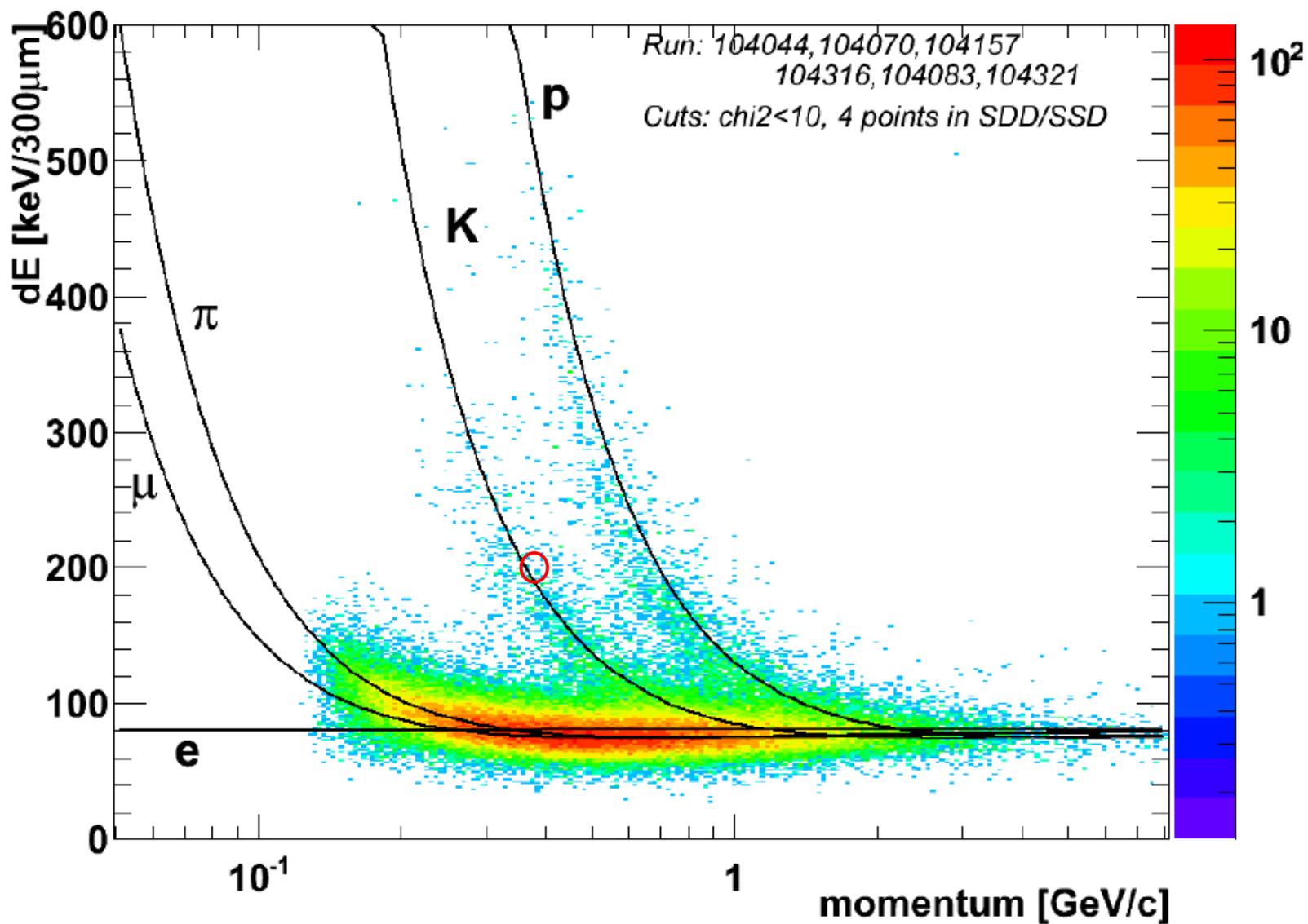
Entries 116536



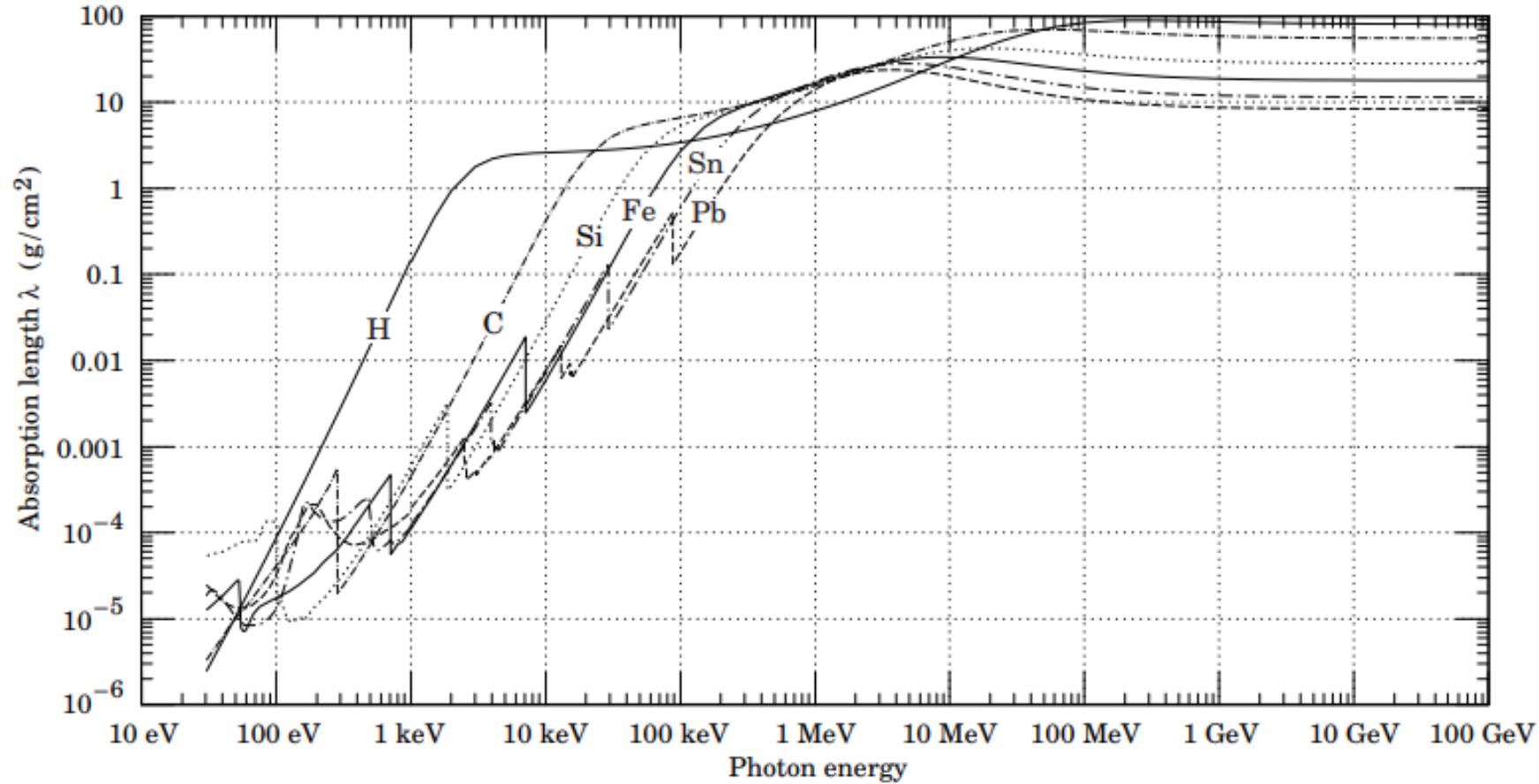
- Istogramma a dispersione carica ricostruita da 4 misure
- Esempio: 200 keV @ quantita' di moto  $p=400$  MeV/c
- Che tipo di particella e'?

**dEdX distribution (ITS signal, truncated mean)**

Entries 116536



# Si possono usare per misurare l'energia dei fotoni?

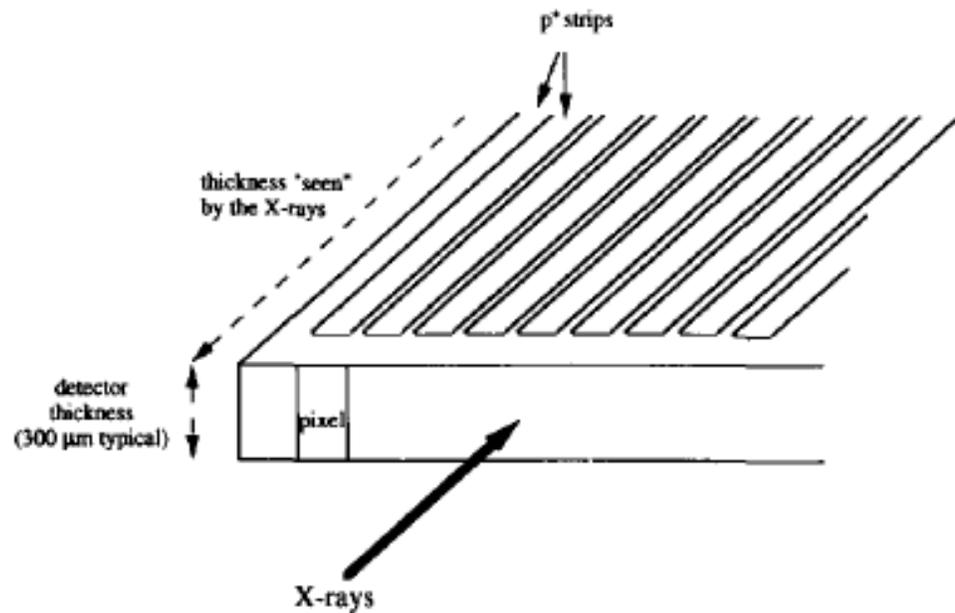


Silicio:  $\rho=2.33 \text{ g}/\text{cm}^3$

Raggi X da 50 keV

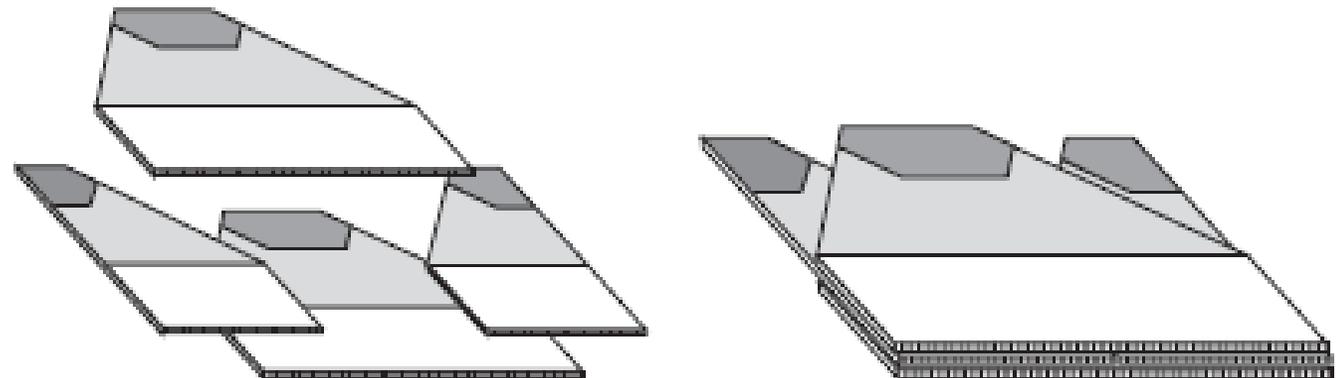
Possiamo misurarne l'energia con i nostri sensori a microstrisce?

# Applicazione medica tipo SYRMEP: mammografia digitale



- Sorgente: luce di sincrotrone
- Rivelatore: SSD a una faccia (poi evoluto)
  - Orientazione edge-on
  - Accoppiato AC
  - Bias Fofet
  - Passo strip: 50 – 100 - 200  $\mu\text{m}$
  - Spessore sensore: 300  $\mu\text{m}$  (150 svuotati)
  - Pixel equivalente:  $\sim 150 \mu\text{m} \times \text{passo} \mu\text{m}$
  - Lunghezza strip = 1- 2 cm
  - Corrente di perdita – 0.1 A x strip
  - Risoluzione spaziale  $\sim 100 \mu\text{m}$
  - Distanza strip dal bordo: 240  $\mu\text{m}$

- Struttura che ammetta connessione di tutti i canali in 3D, ma anche eviti una spaccatura al centro del volume sensibile



# Linea Syrmep ancora attiva al Sincrotrone

Rivelatori aggiornati,  
Basati su sensori a pixel,  
spessi, per imaging, con  
lungo tempo di  
integrazione

