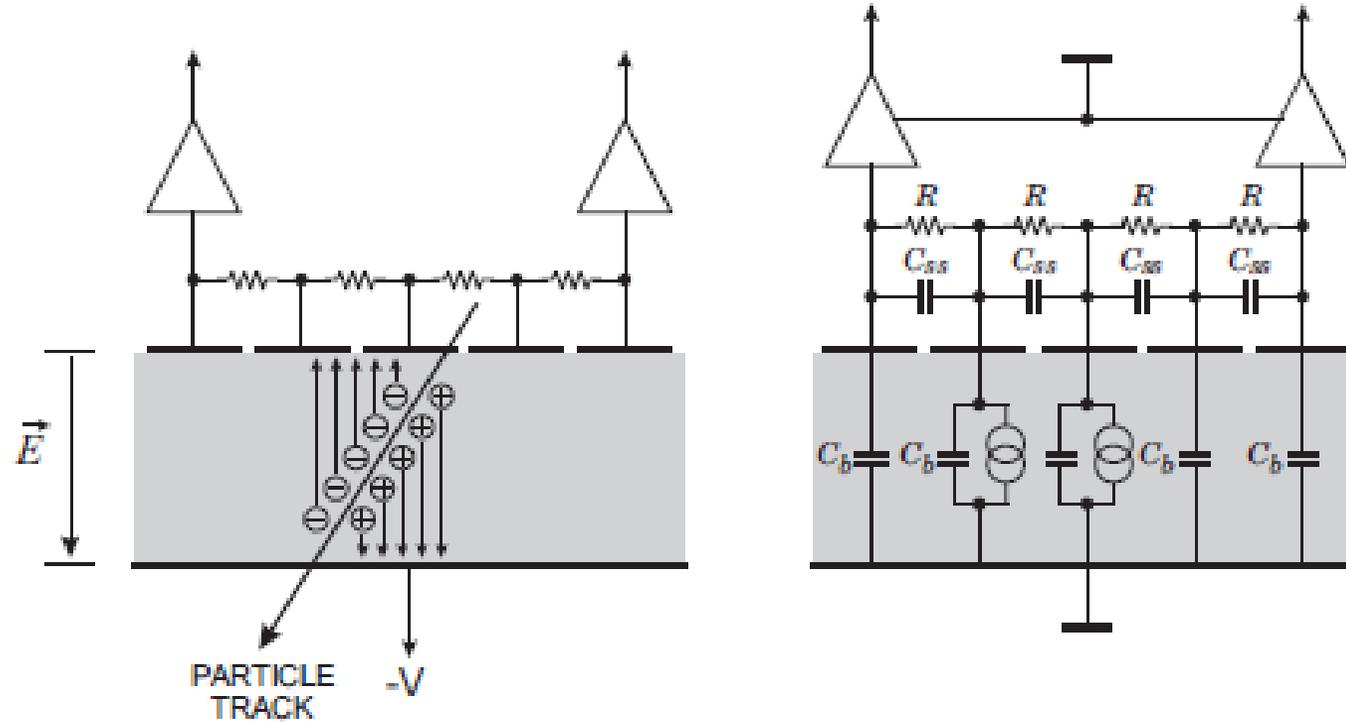




Rivelatori e Apparati

Slides_4 – Microstrisce di silicio

Schematizzazione circuito microstrisce

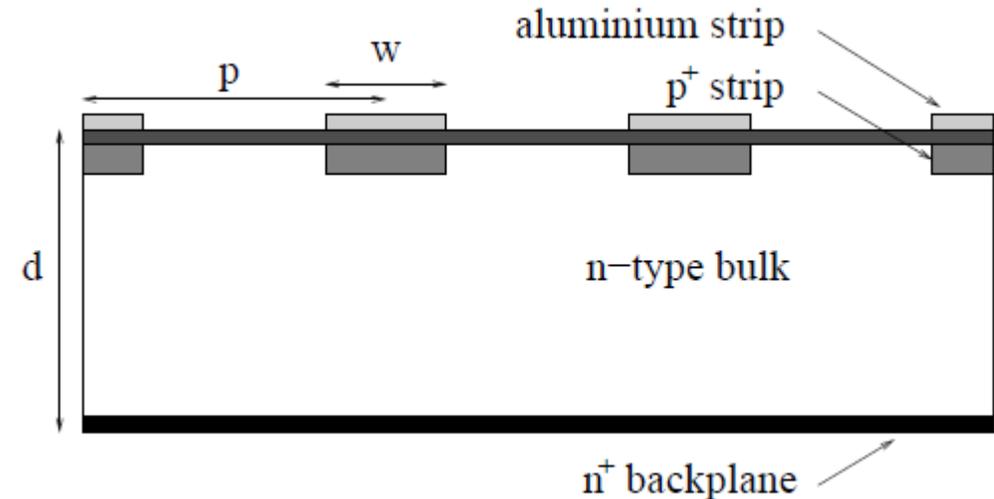


Divisione resistiva della carica

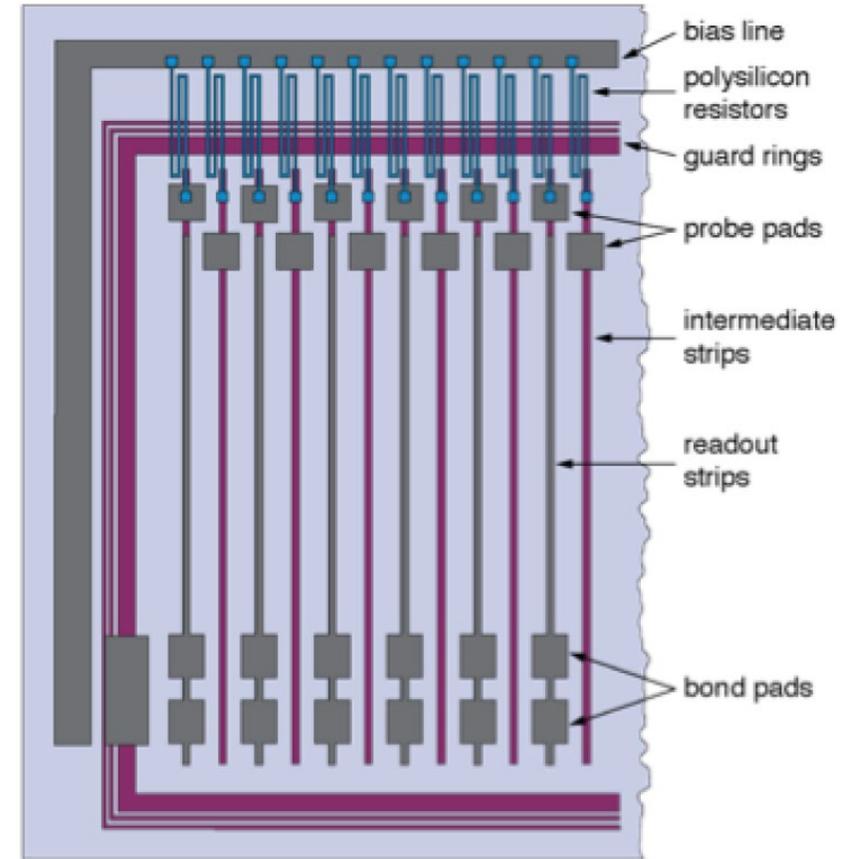
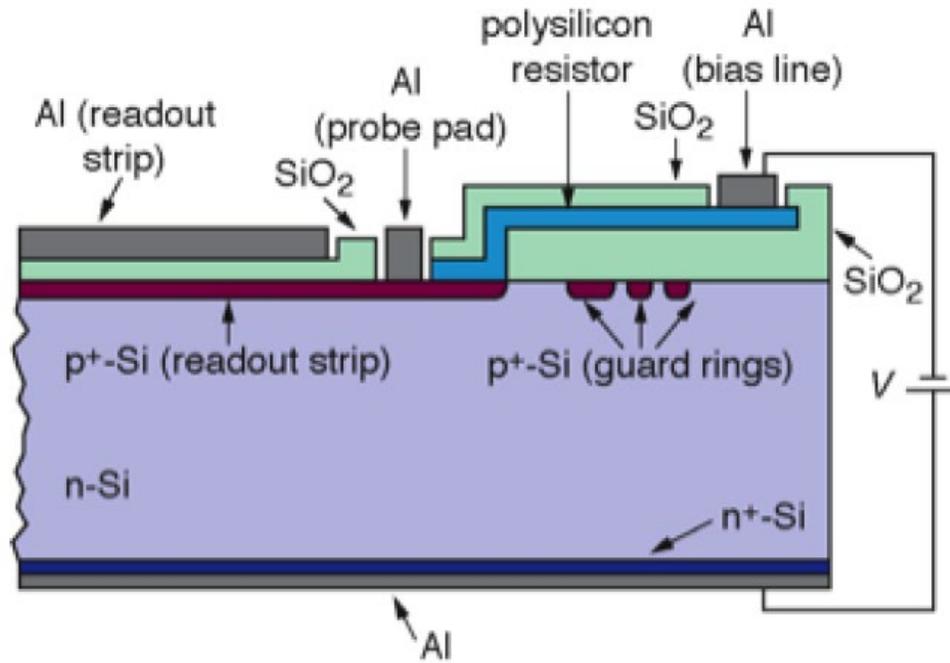
Divisione capacitiva della carica

Parametri geometrici microstrisce

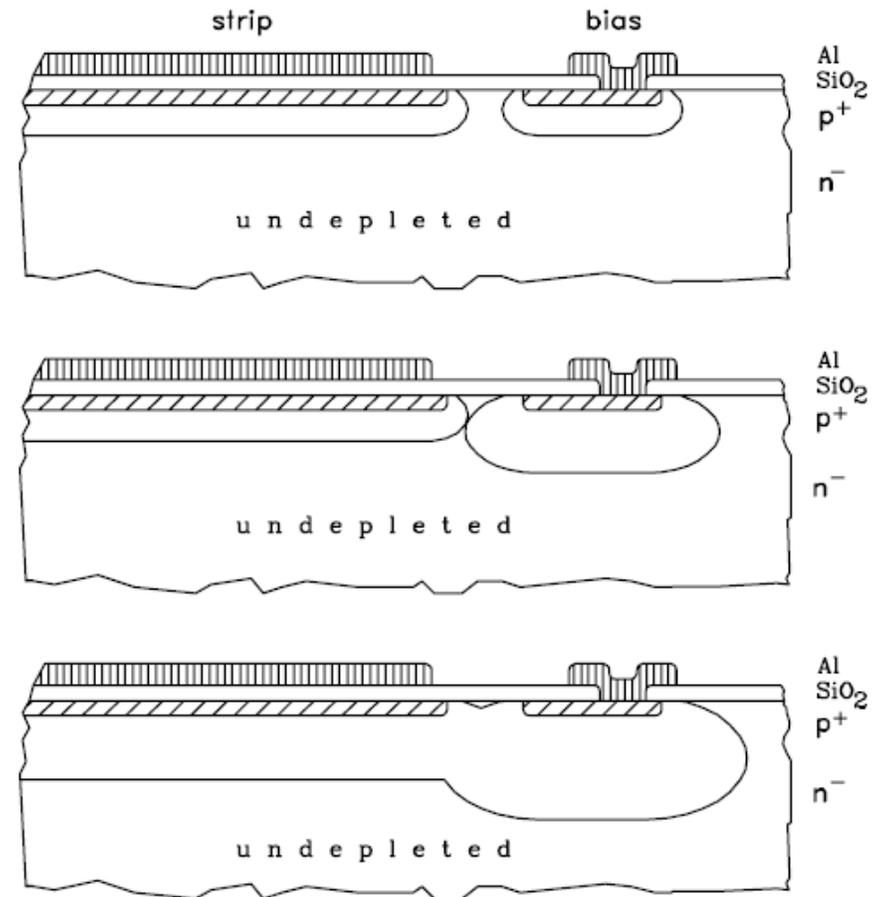
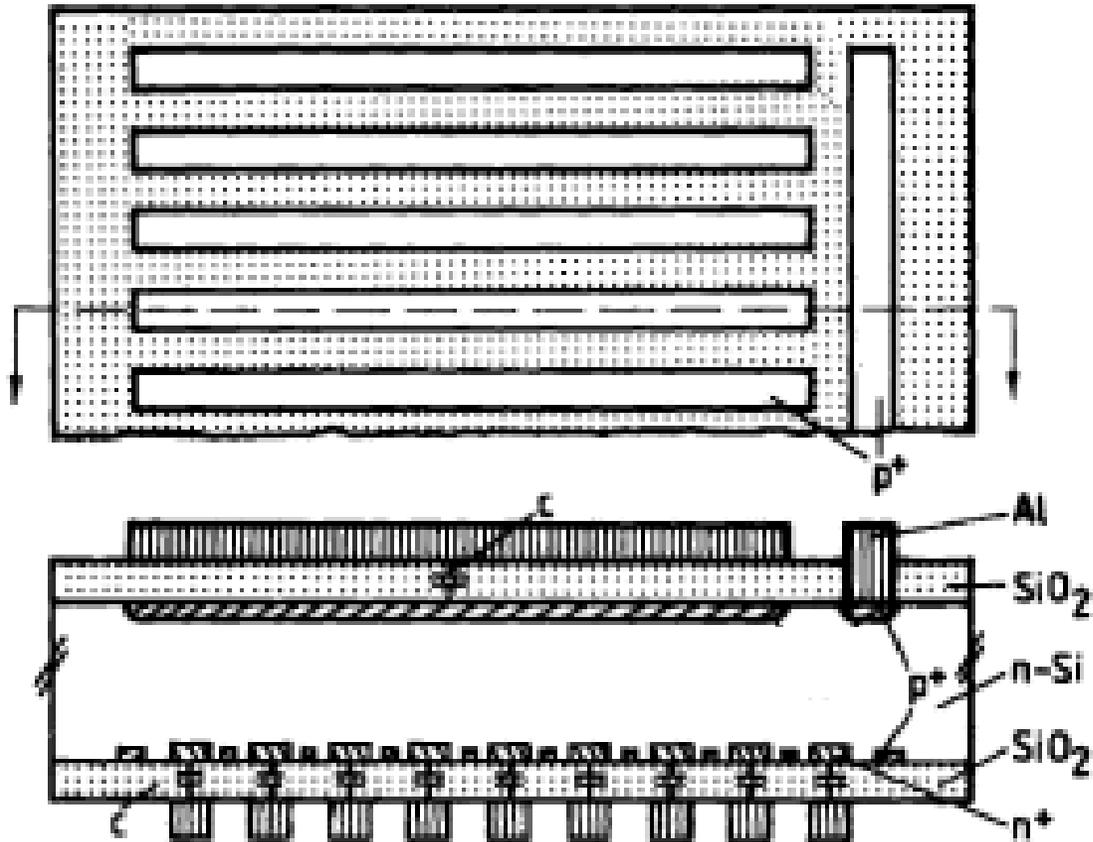
- Il rapporto w/p modifica le caratteristiche classiche della giunzione pn nella forma a strip:
 - Aumenta la tensione di svuotamento completo
 - Diminuisce la capacita' di diodo



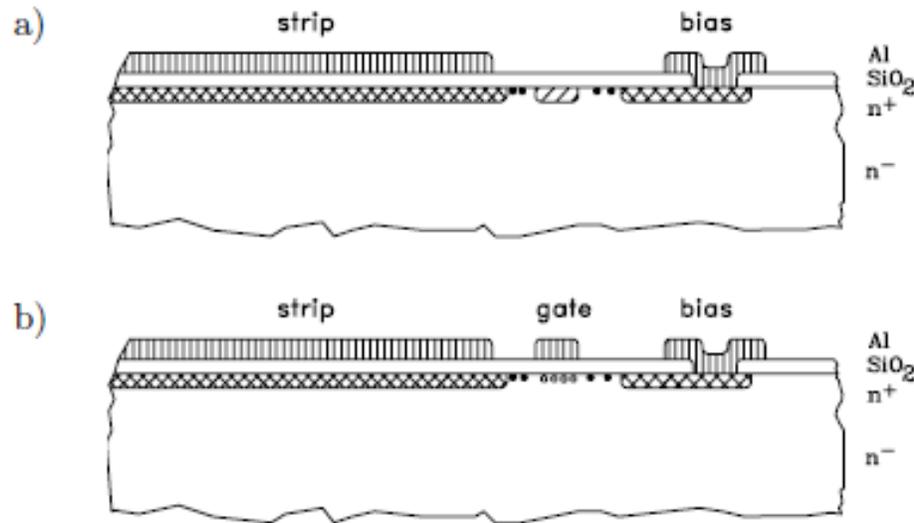
BIAS con polisilicio



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.

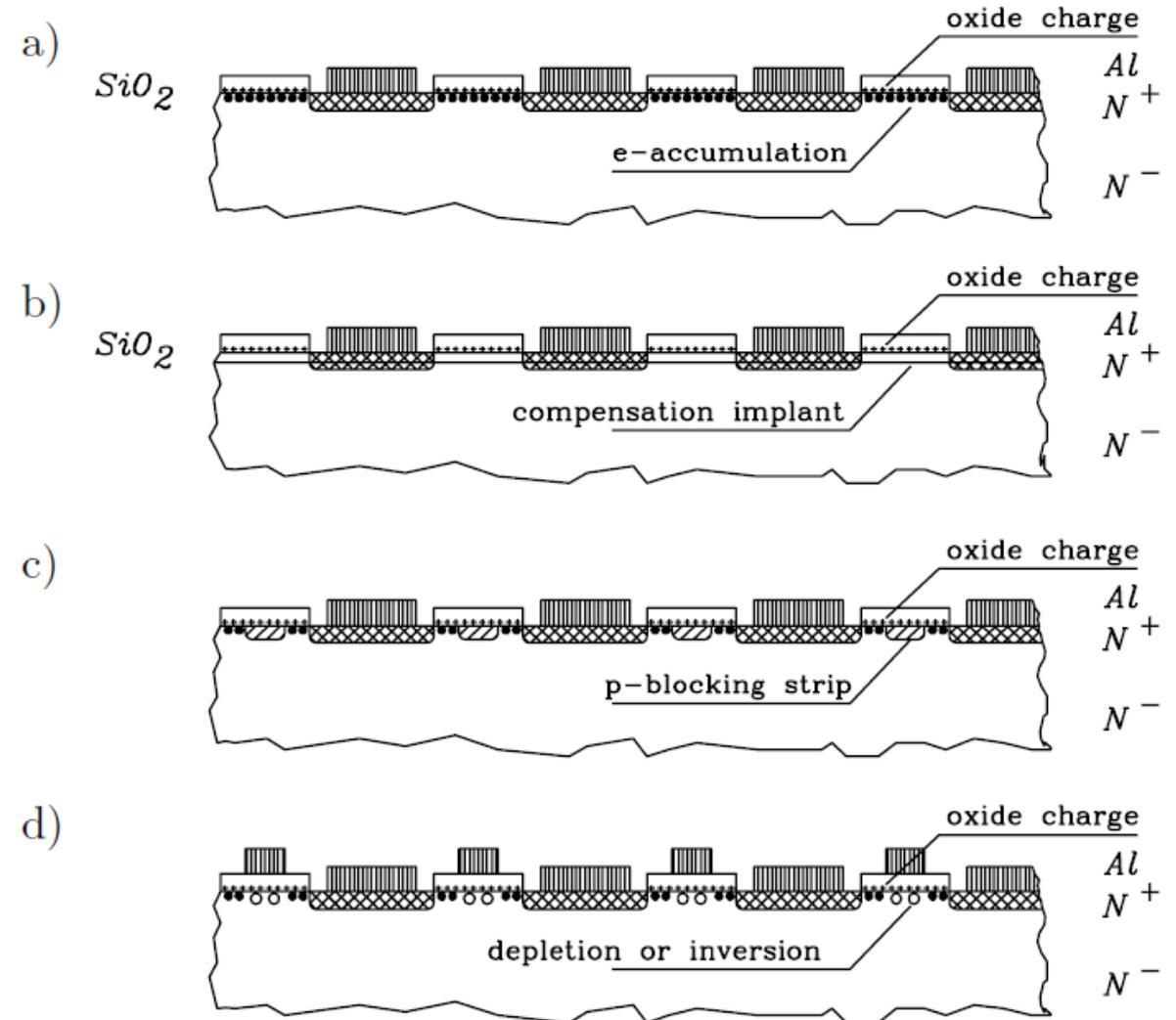
Difficile applicazione:

- 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*



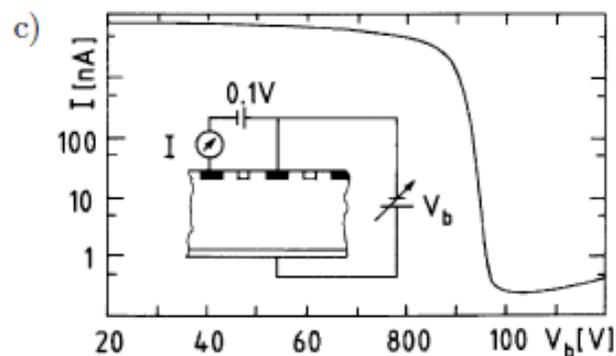
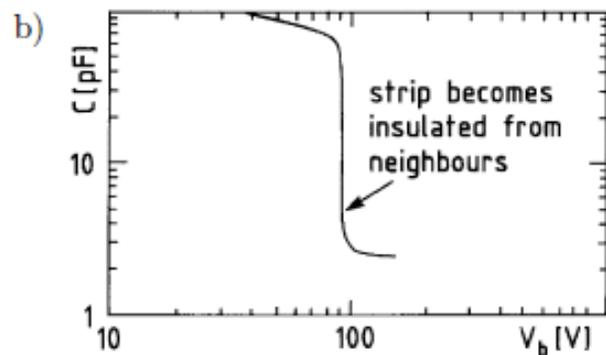
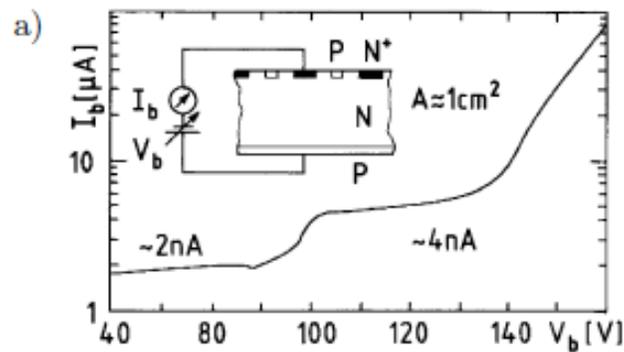
Misure su lato segmentato

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

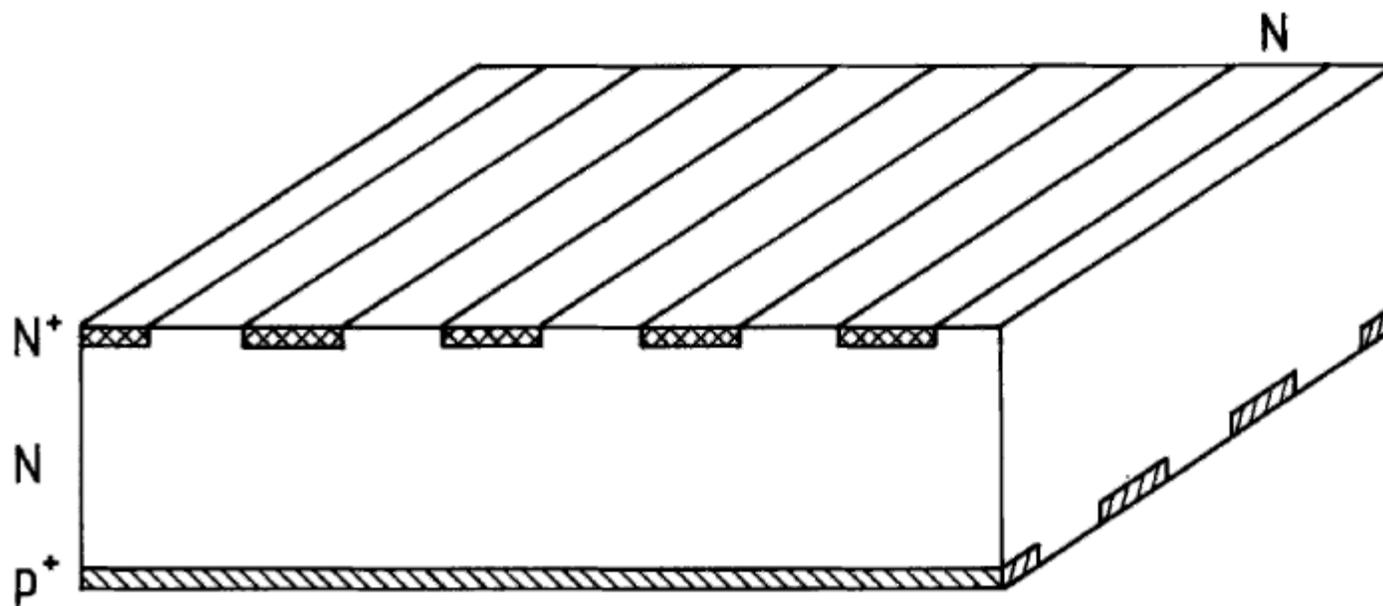
- a) Corrente di bias in funzione della tensione di bias
- b) Capacità verso il lato opposto in funzione della tensione di bias

L'improvvisa caduta nella misura di capacità indica l'isolamento tra le strip successive, con un condensatore di grande area (1cm^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

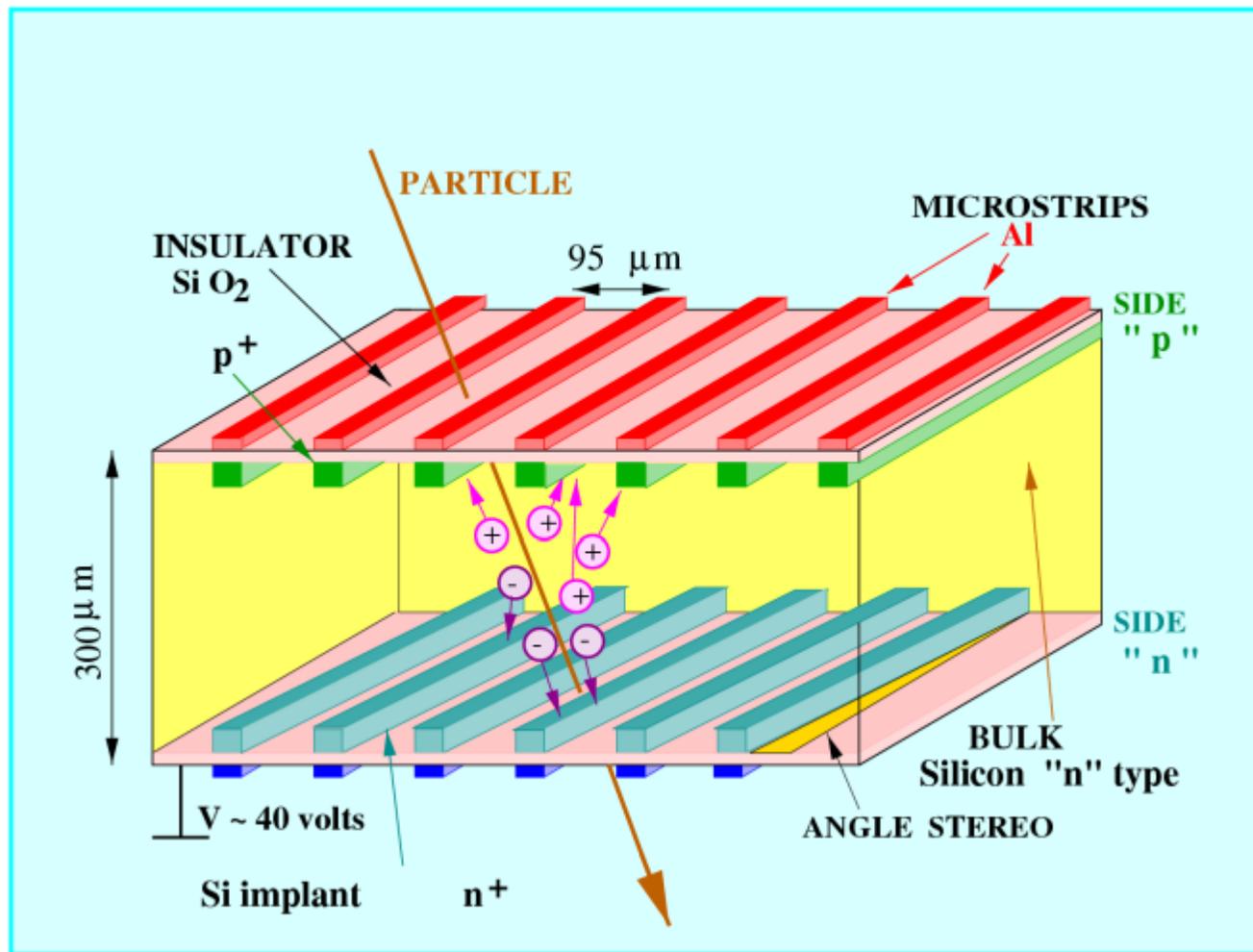
- c) Corrente che fluisce tra due strip vicine. La variazione di resistenza interstrip conferma l'isolamento avvenuto



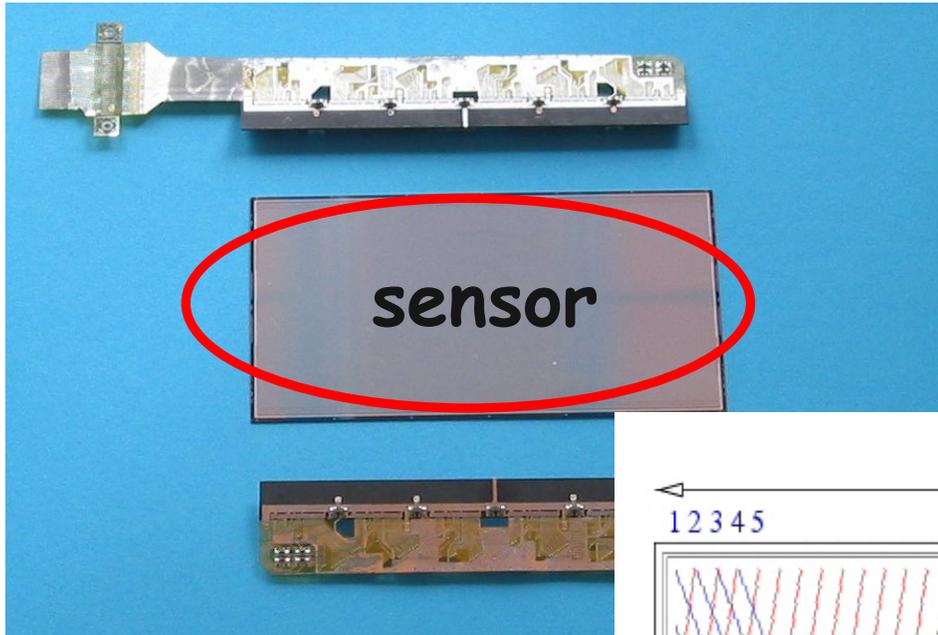
Microstrisce a doppia faccia (angolo retto)



ALICE SSD: double sided almost parallel strips



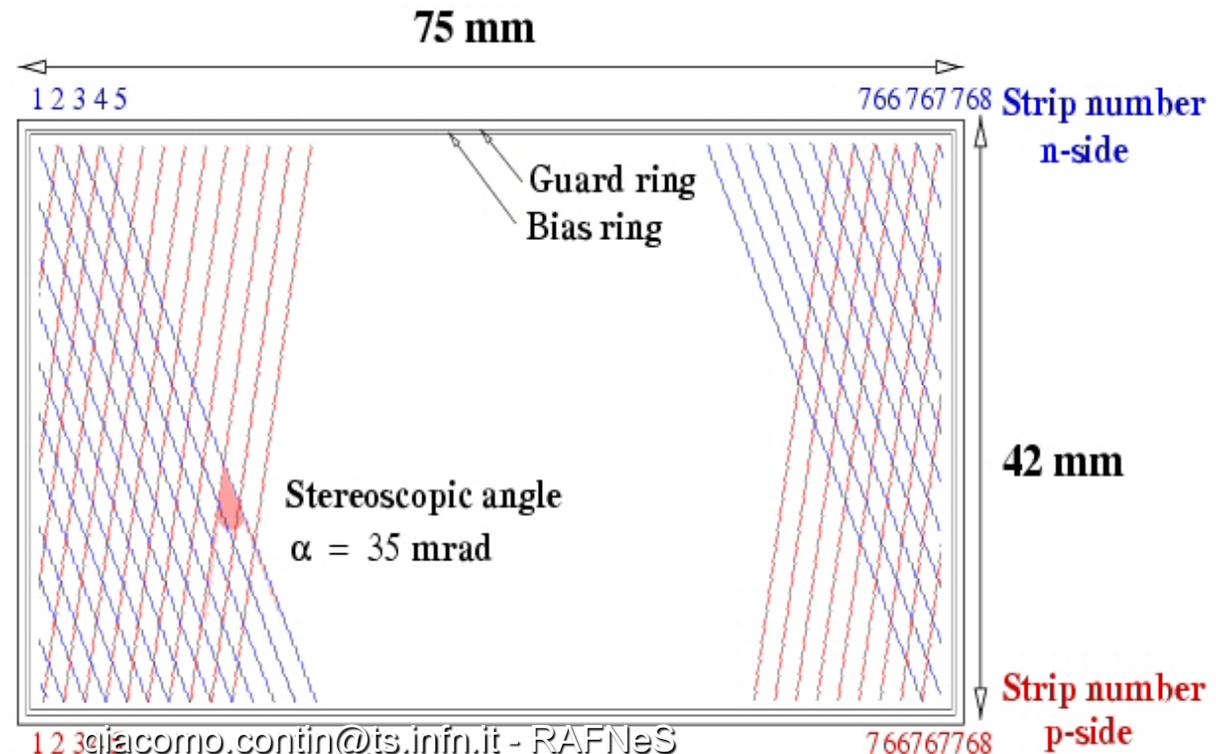
ALICE Silicon Strip Detector



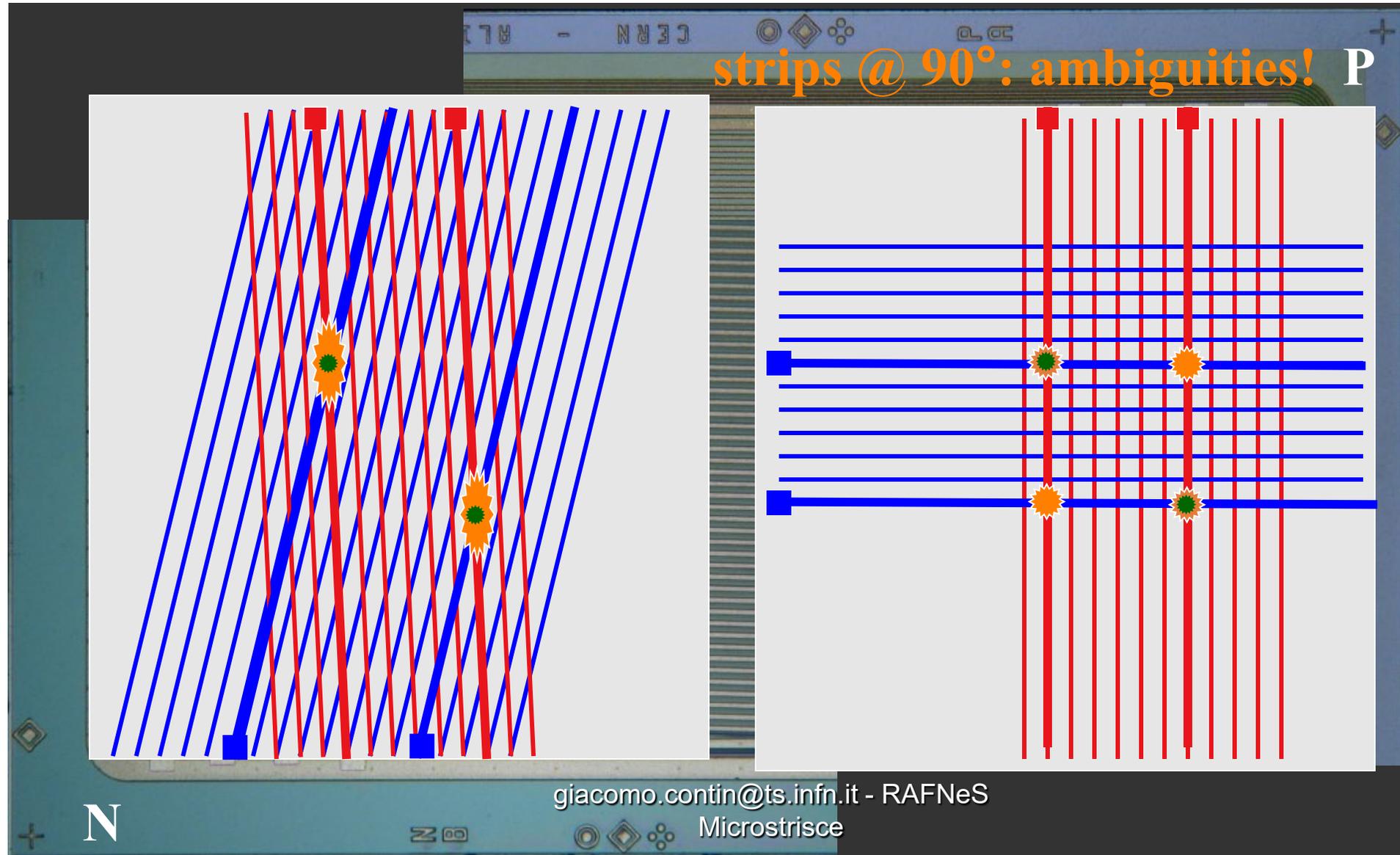
SENSOR: double-sided silicon microstrip,

- 768 strips per side, 96 μm pitch,
- small stereo angle (35mrad)
- 300 μm thick
- integrated AC decoupling

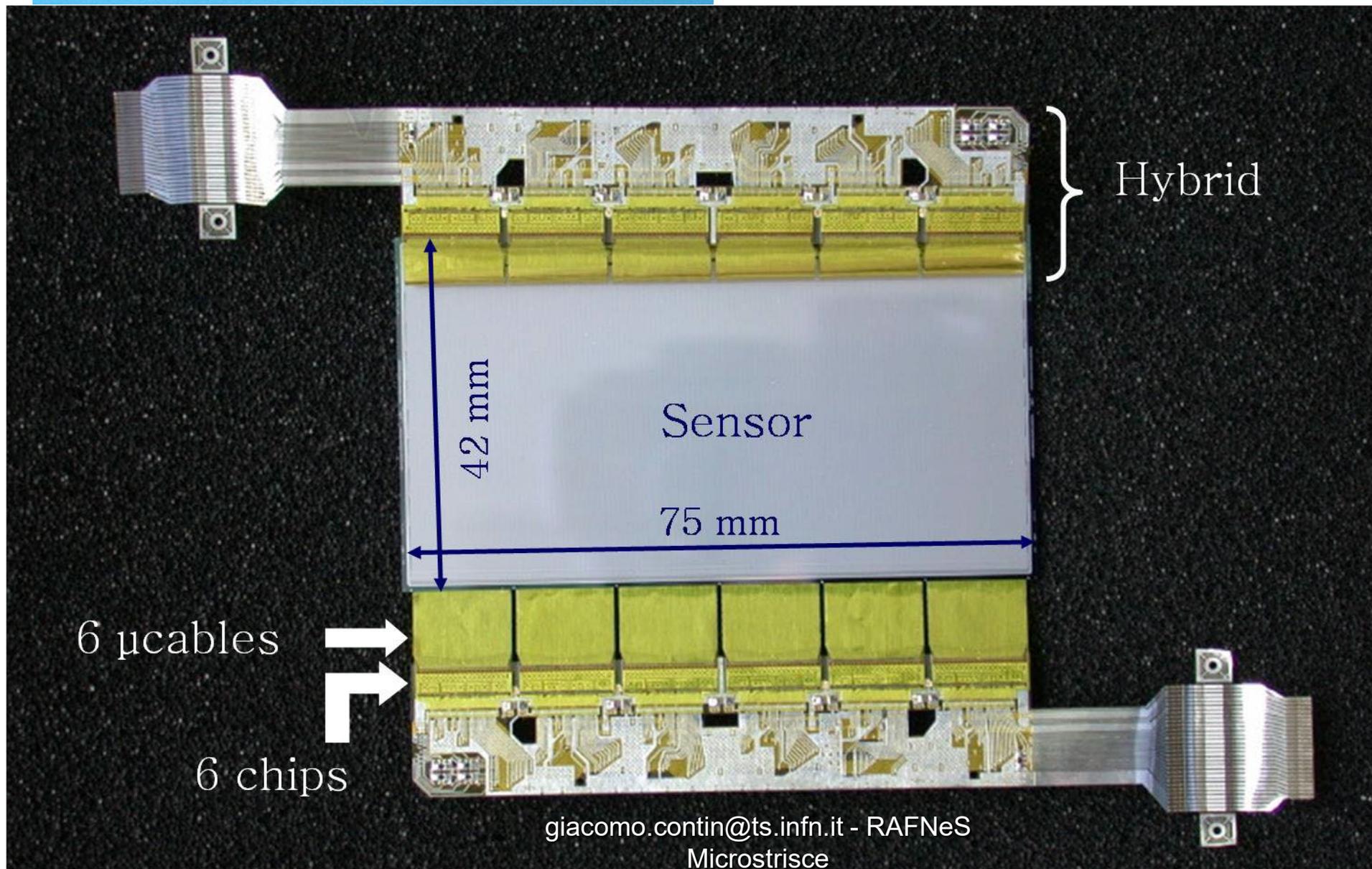
Small stereo angle
to minimize the
ambiguities in presence
of high multiplicity



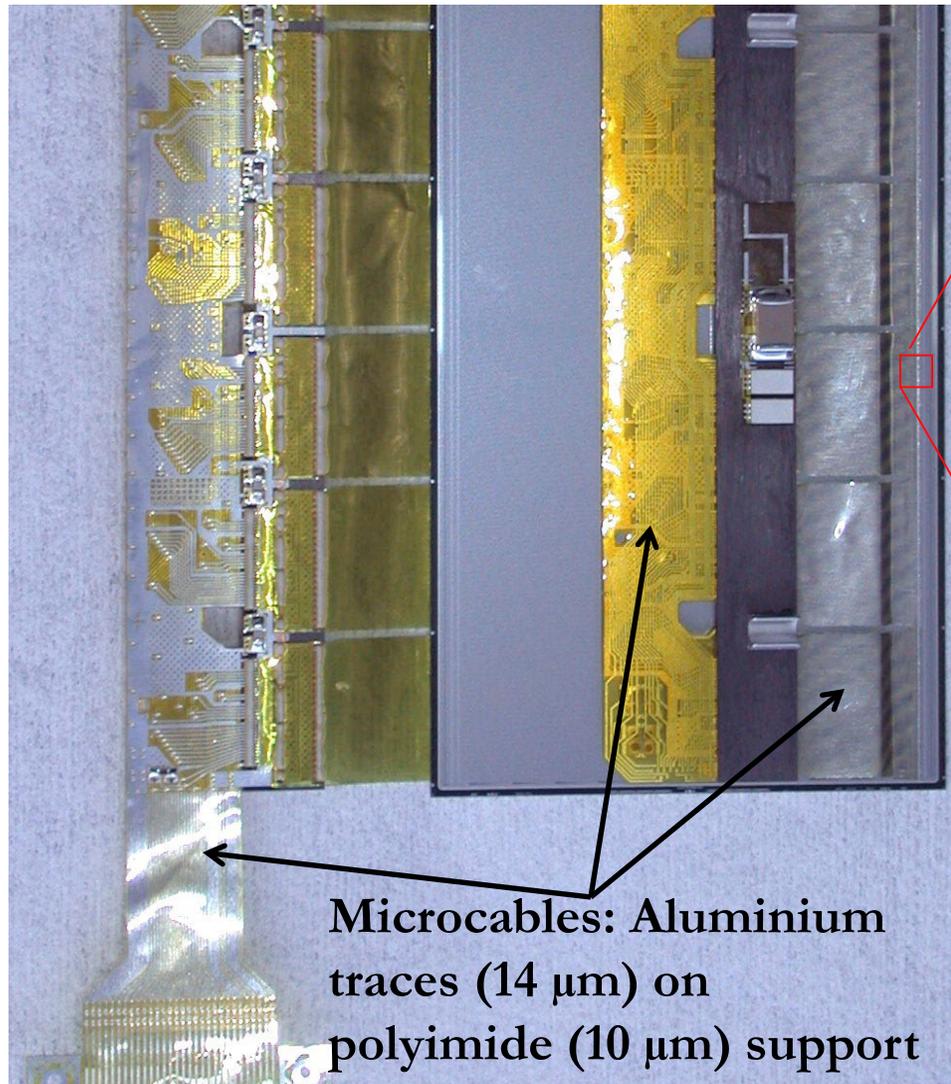
Piccolo angolo stereo e ambiguita'



Il modulo

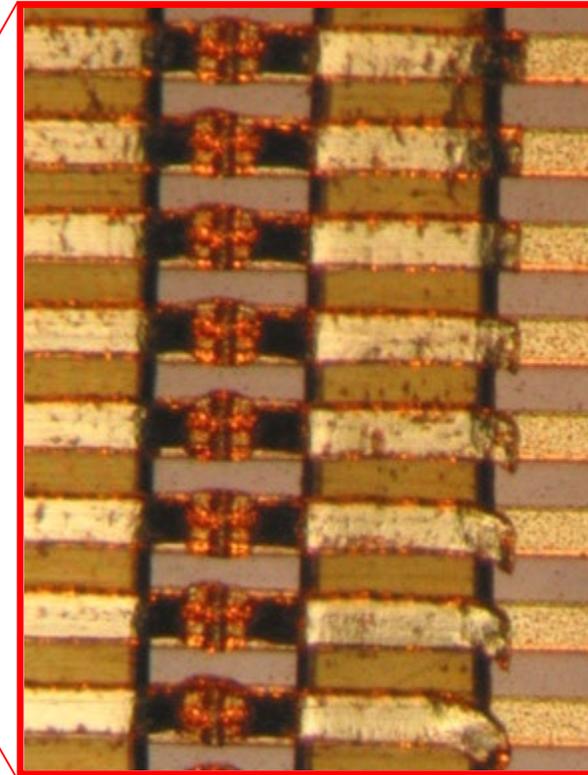


Interconnessioni sensore-elettronica



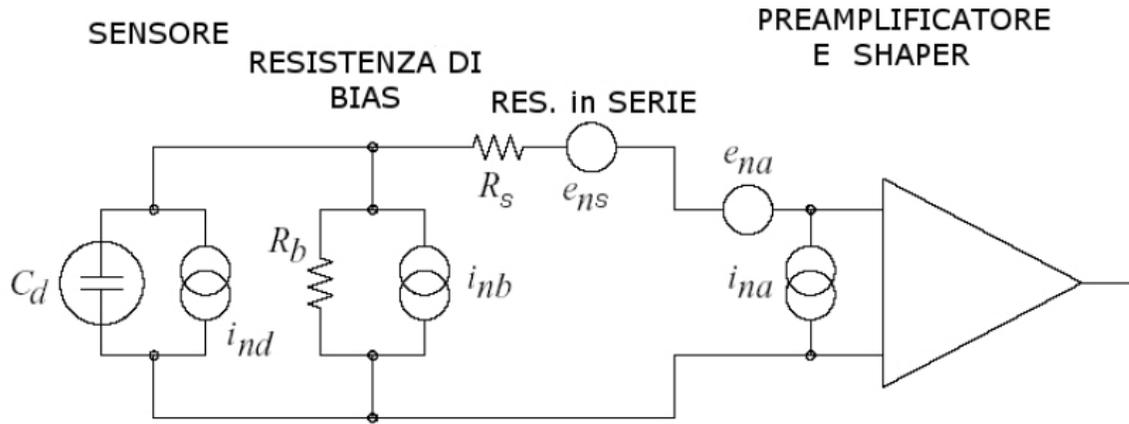
Microcables: Aluminium traces (14 μm) on polyimide (10 μm) support

Designed to minimize material budget
(important for low momentum particles)



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

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



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

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

$$ENC \simeq 391 \text{ e}^-$$

$C_{is \text{ prime vicine}}$	$\sim 3 \text{ pF}$
$C_{is \text{ seconde vicine}}$	$\sim 0.5 \text{ pF}$
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)

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

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

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

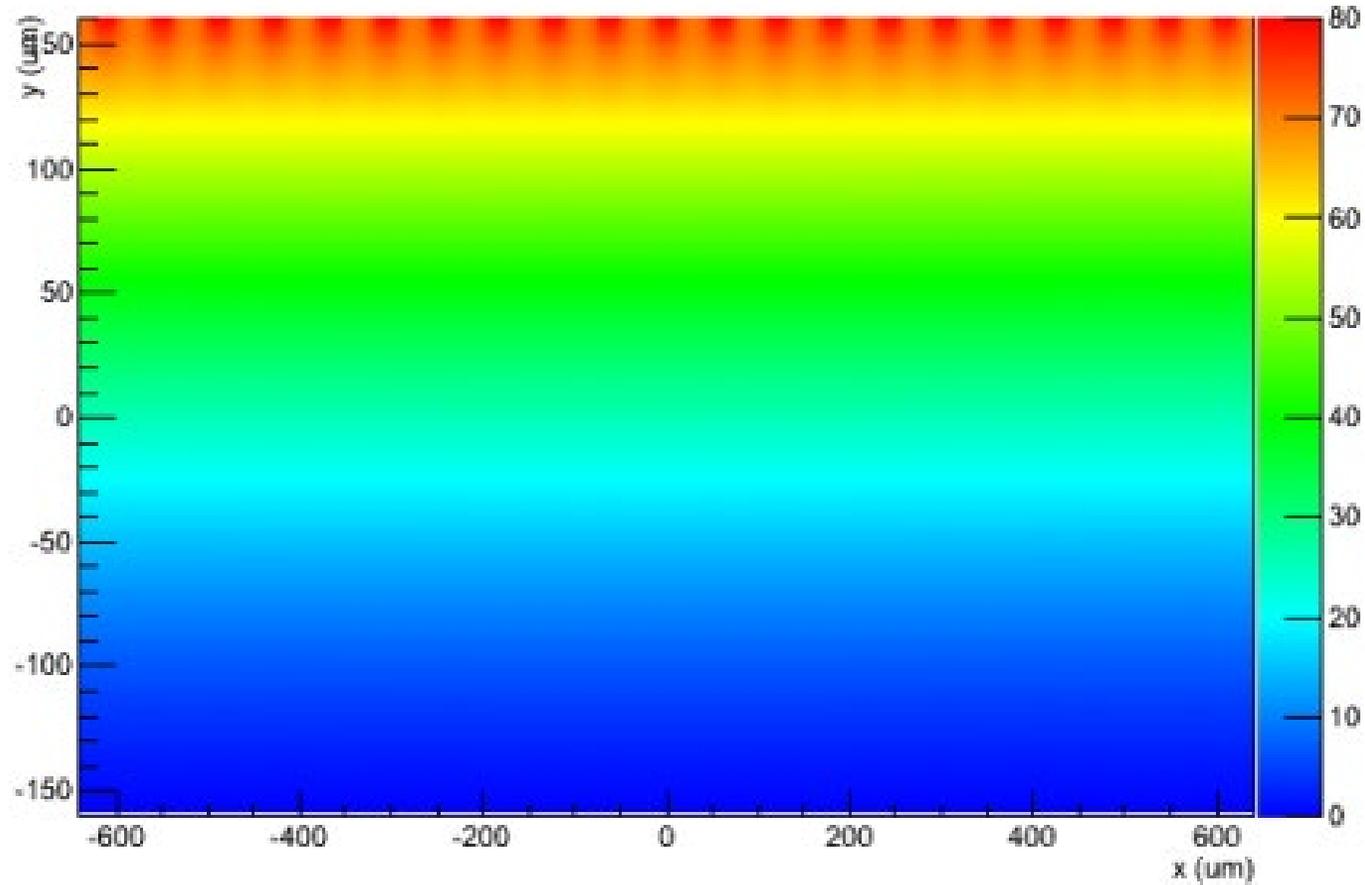
4) Shot noise da corrente di leakage (1 nA)

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

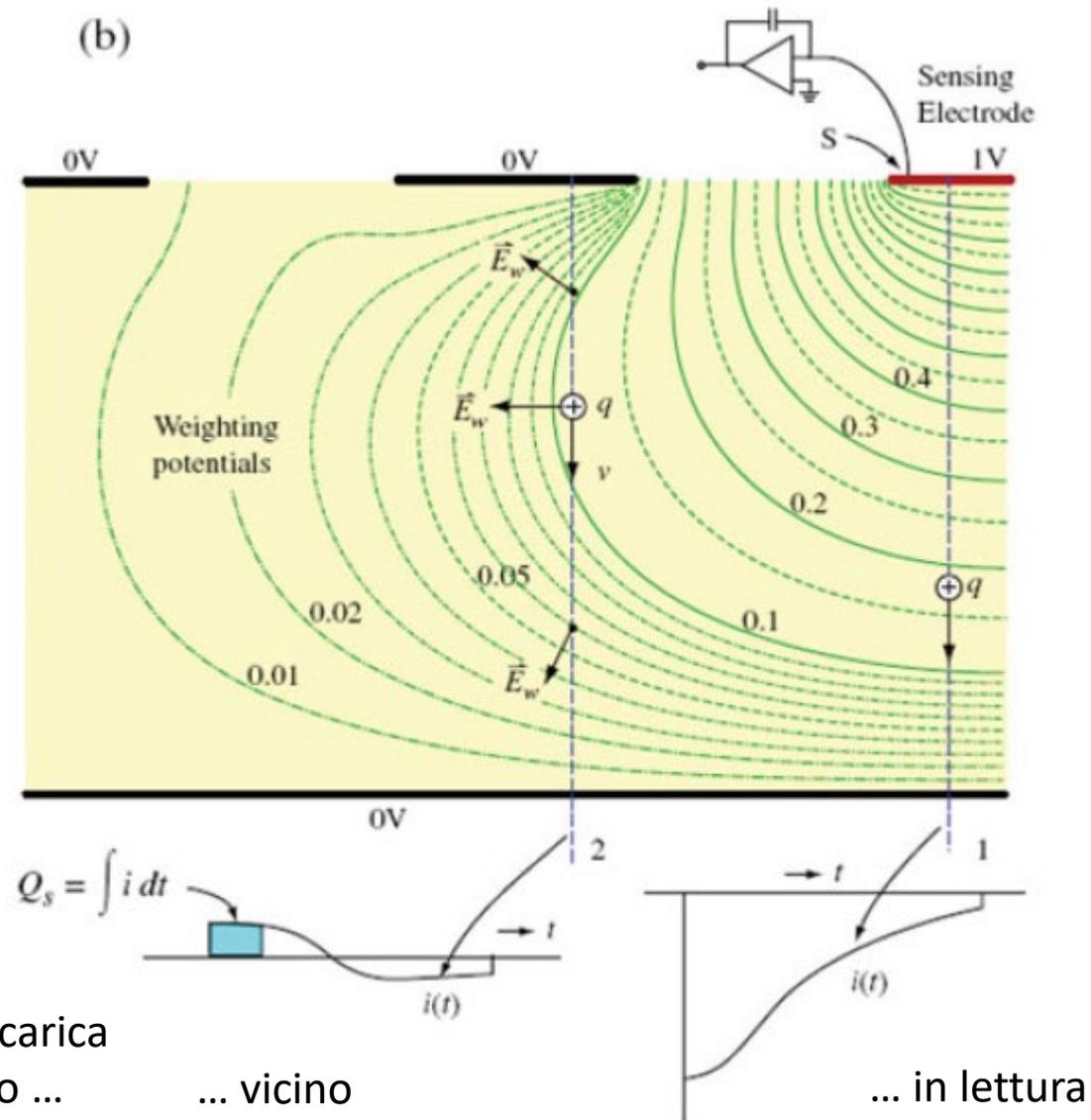
3) Rumore totale:

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

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

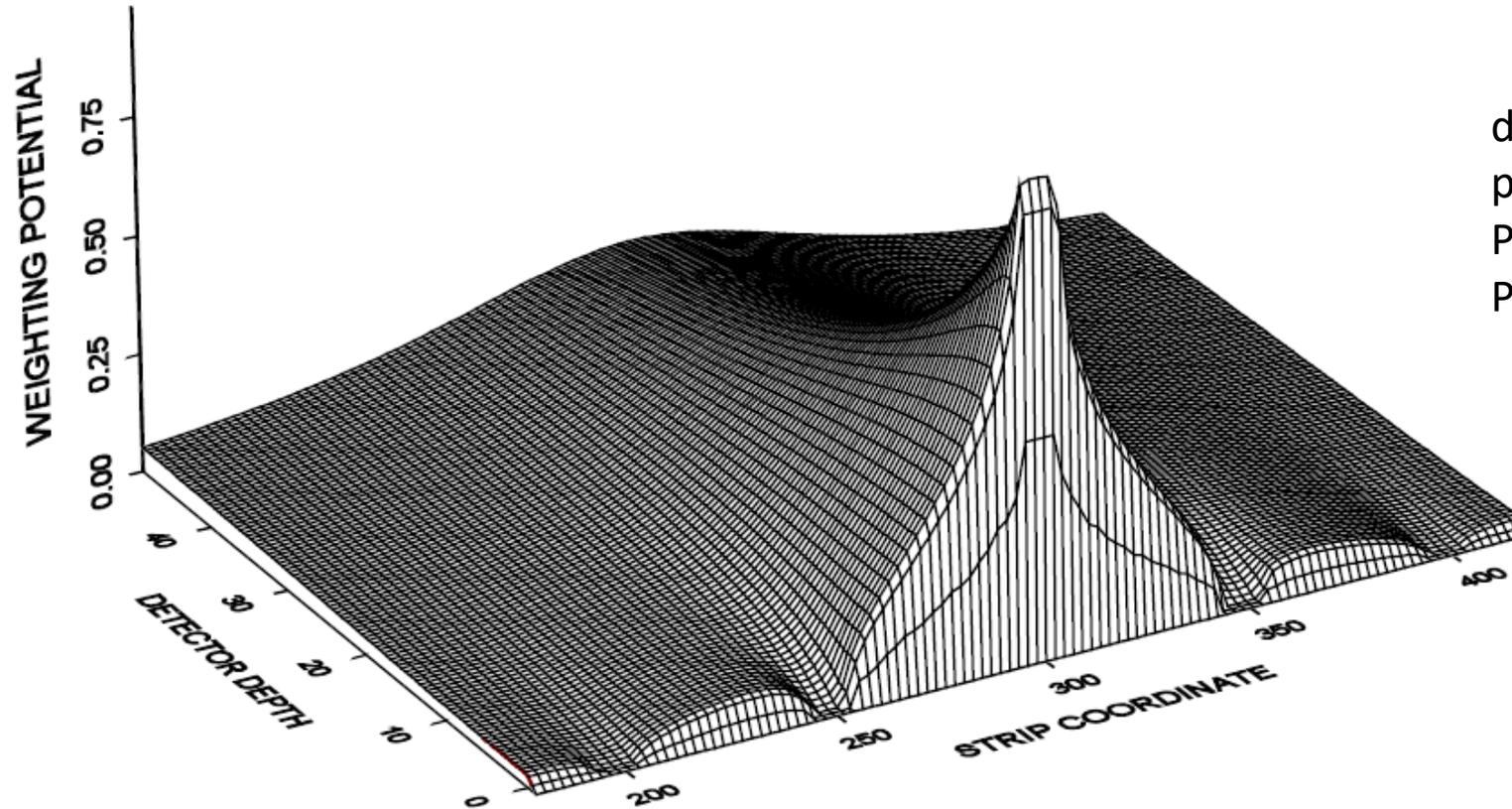


Campo Peso in sensore a microstrisce



Corrente indotta da una carica che termina sull'elettrodo ...

Campo Peso in sensore a microstrisce



$d = 300 \text{ um}$

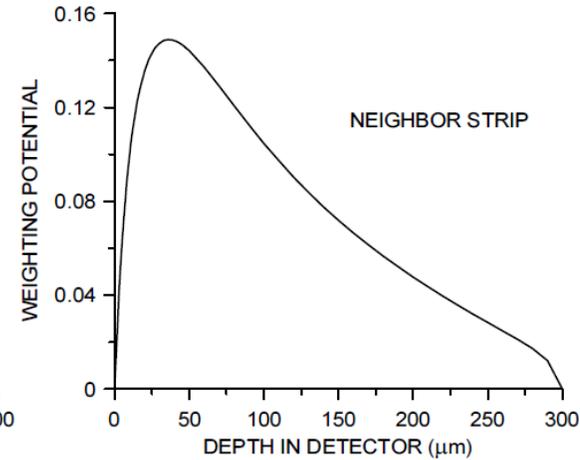
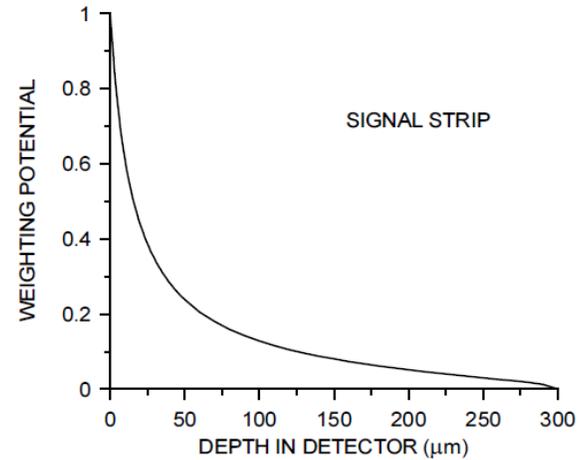
passo = 50 um

Potenziale = 1 sulla strip letta

Potenziale = 0 sulle altre

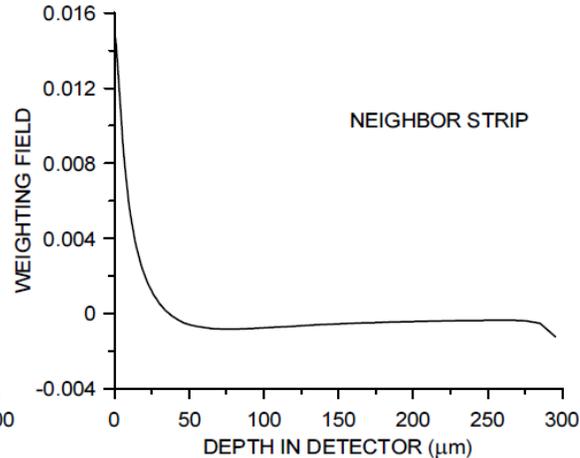
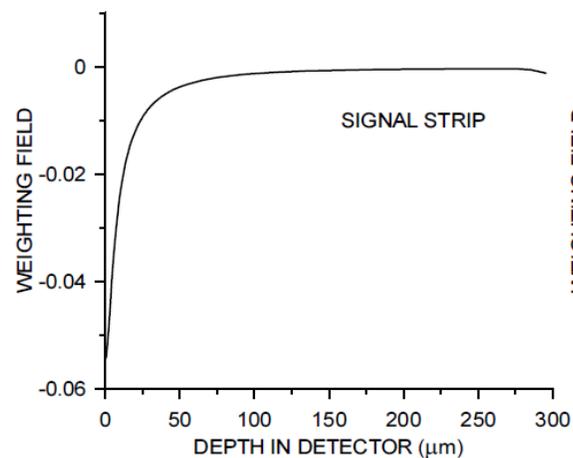
Sezione trasversale del p. e c. peso in strip detector

Strip letta
Potenziale a 1

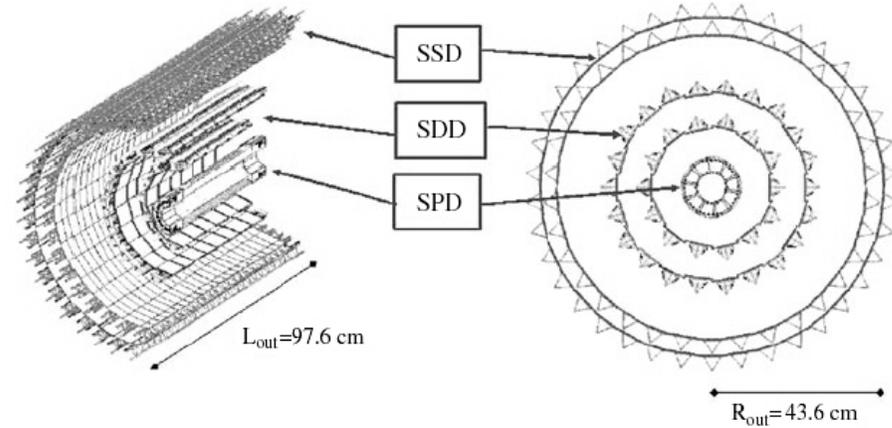
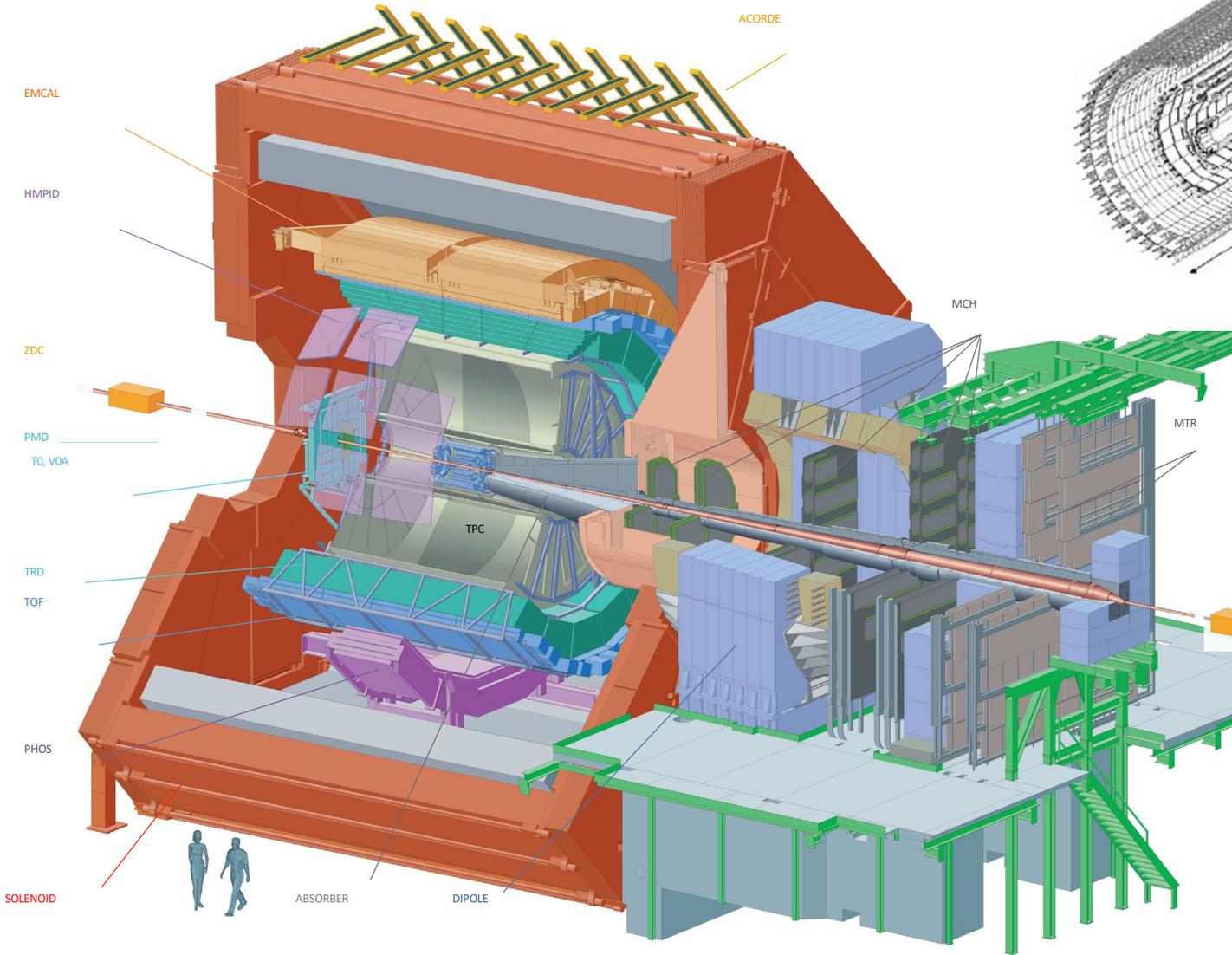


Strip vicina
Potenziale a 0

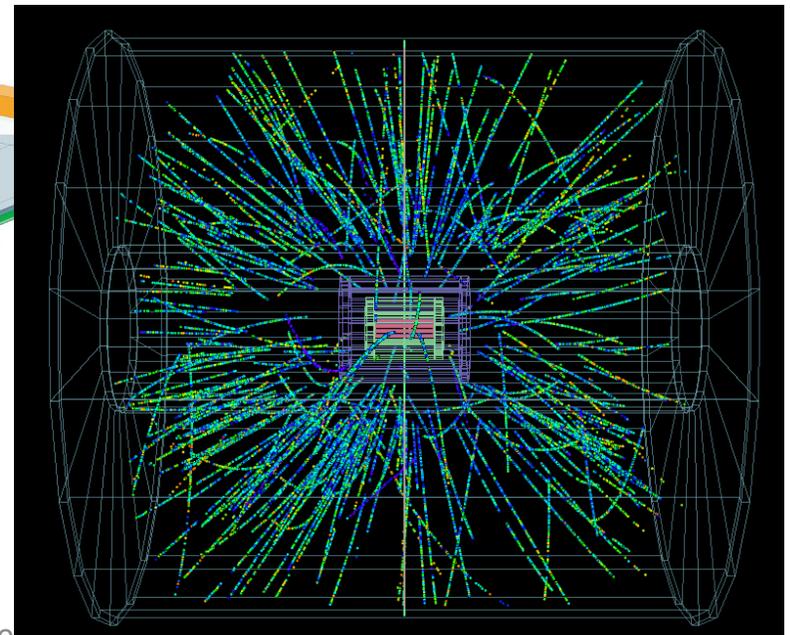
E_F aumenta monotono
Il segnale aumenta
mano a mano che la
carica si avvicina
all'elettrodo



E_F scende fino a diventare
negativo intorno a 40 μm
dall'elettrodo. Il segnale
prima aumenta poi si
inverte: l'integrale e' nullo

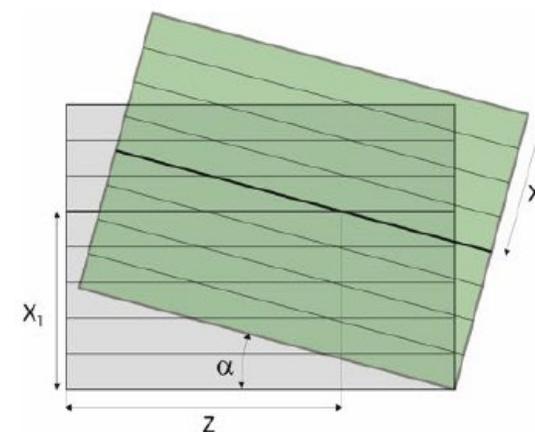
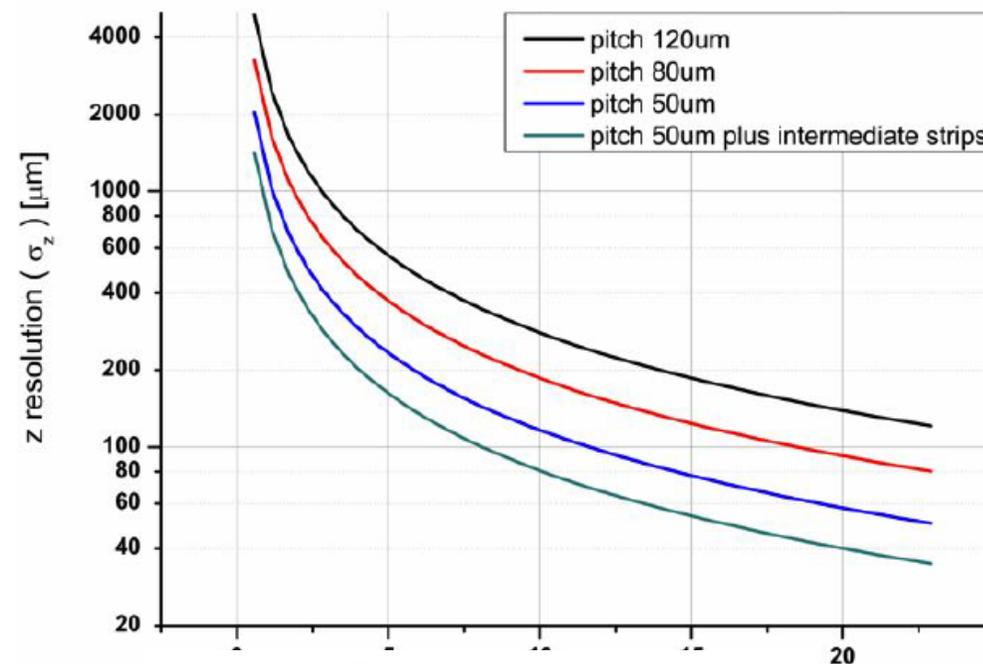


- $z = \text{direzione fascio}$
- $r\phi = \text{rotazione intorno al fascio}$
diventa xy sul piano del rivelatore



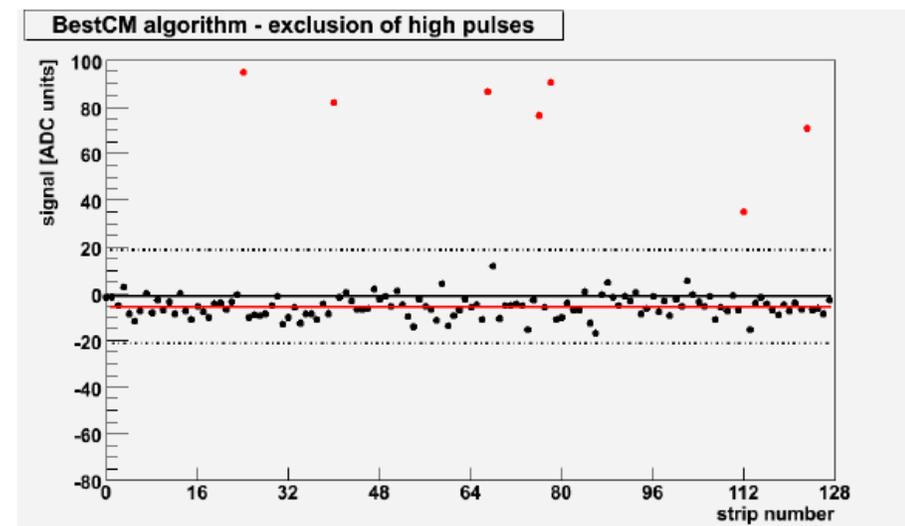
Orientazione strisce → posizione passaggio

- 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

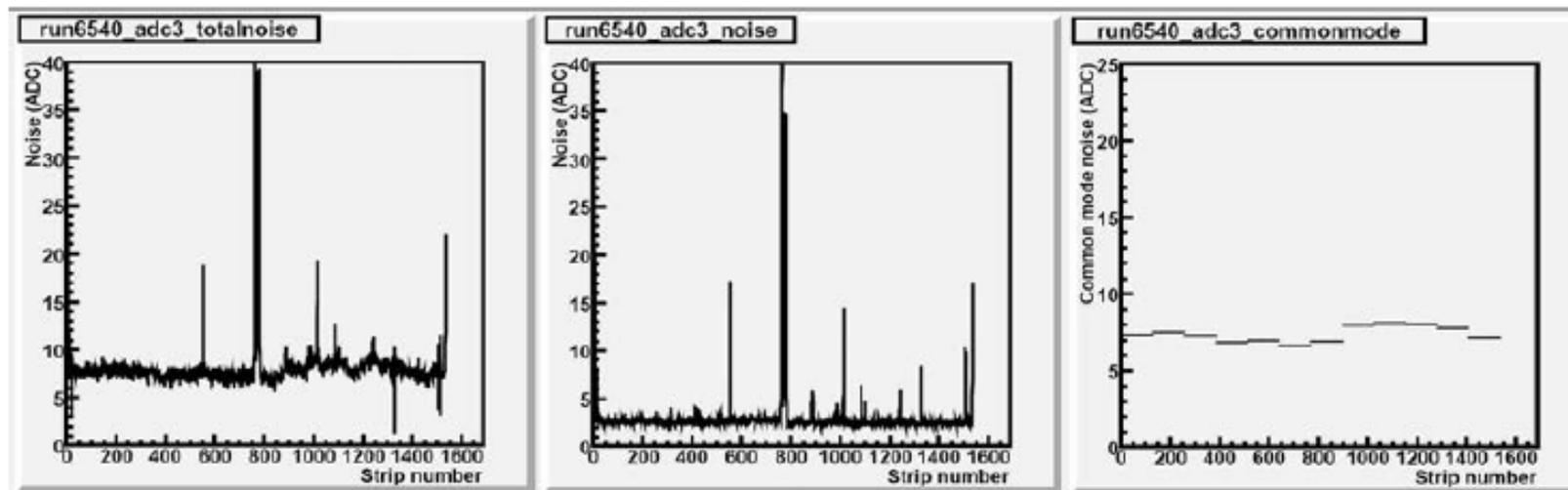
- Calcolo dello spostamento evento per evento
- Statistica degli spostamenti
- Valutazione contributo di rumore di modo comune al rumore totale



Rumore totale

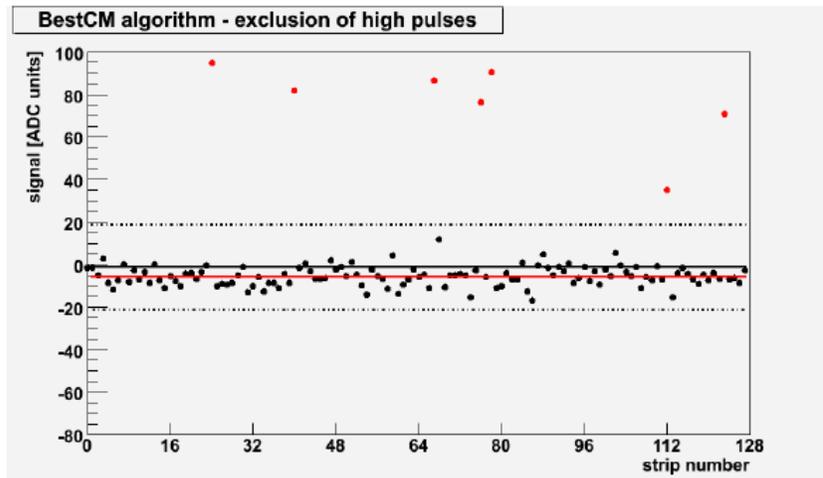
rumore RMS intrinseco

rumore RMS di modo comune

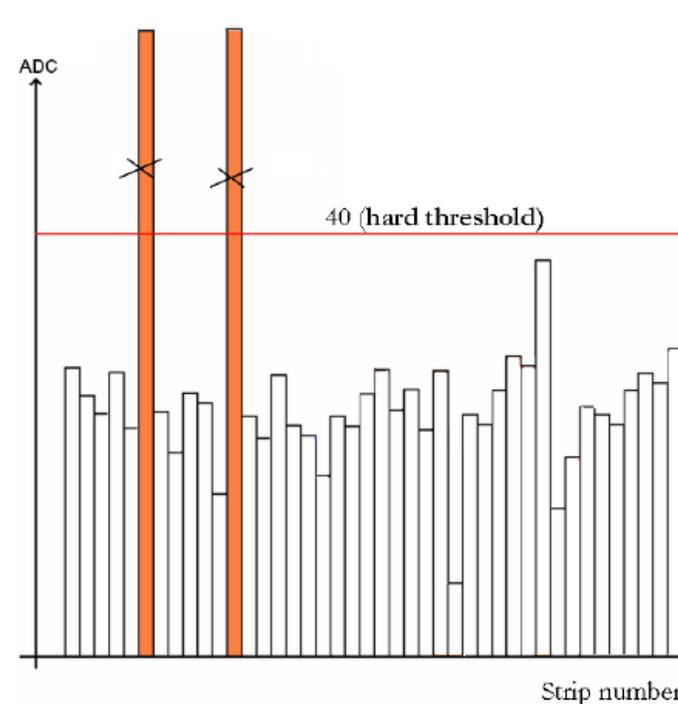


Metodi di correzione del rumore di modo comune

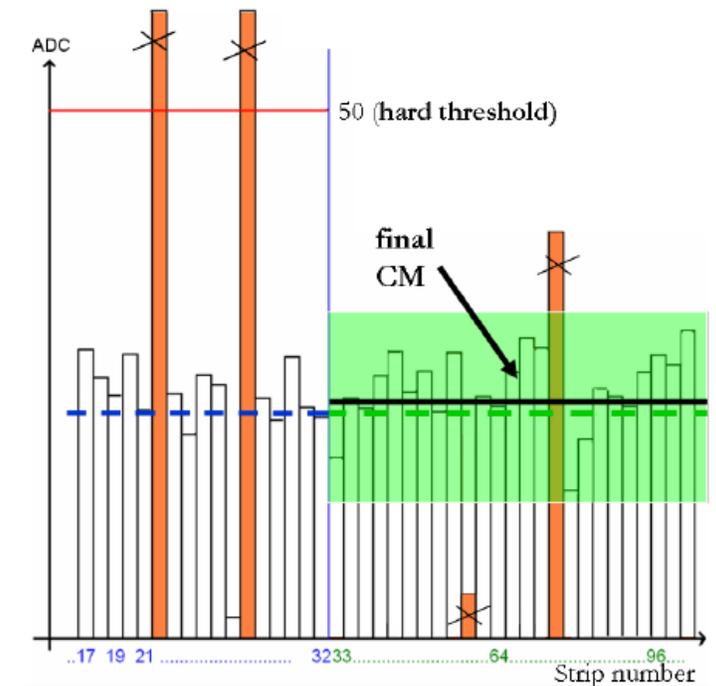
- **Media ricorsiva:** calcola media su tutti i dati, applica un filtro intorno alla media, ricalcola media sui dati inclusi dal filtro
- Elimina fluttuazioni e segnali fisici
- Tratta ogni dato due volte (aumento risorse di esecuzione)



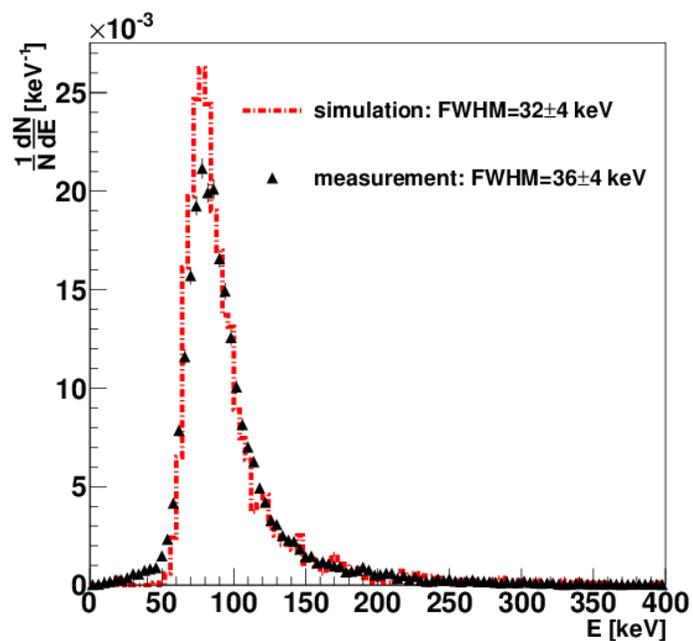
- **Soglia fissa:** elimina grandi fluttuazioni positive e segnali fisici
- Tratta il dato di ogni canale una sola volta
- Non elimina piccoli segnali fisici e fluttuazioni negative



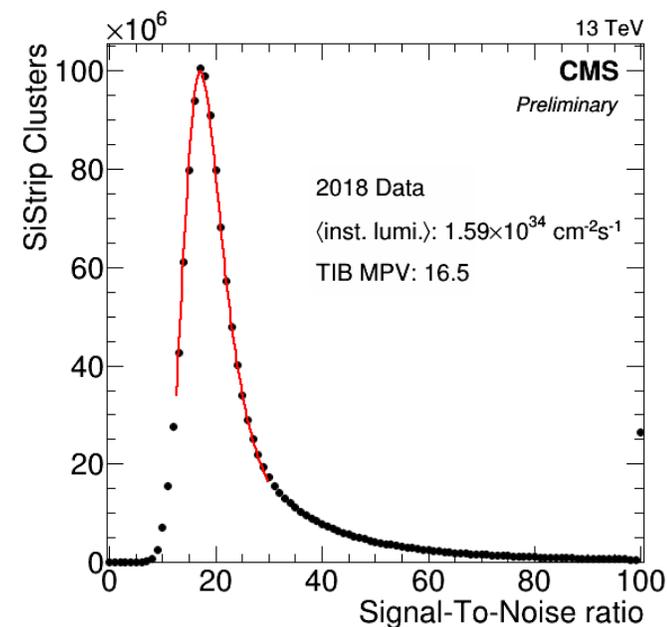
- **Auto-aggiustamento:**
 - Soglia fissa sul primo gruppo di canali per calcolare una media grossolana
 - Finestra con soglie strette sul secondo gruppo di canali per raffinare la media
 - Elimina fluttuazioni e segnali fisici
 - Tratta il dato di ogni canale una sola volta



Esempi di distribuzione di Perdita di energia

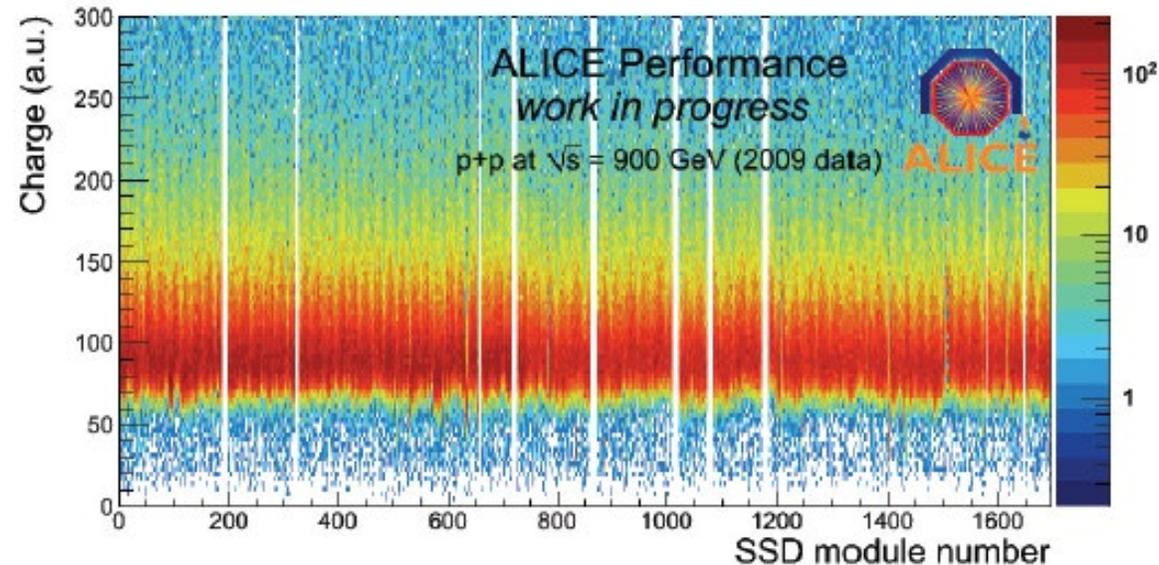
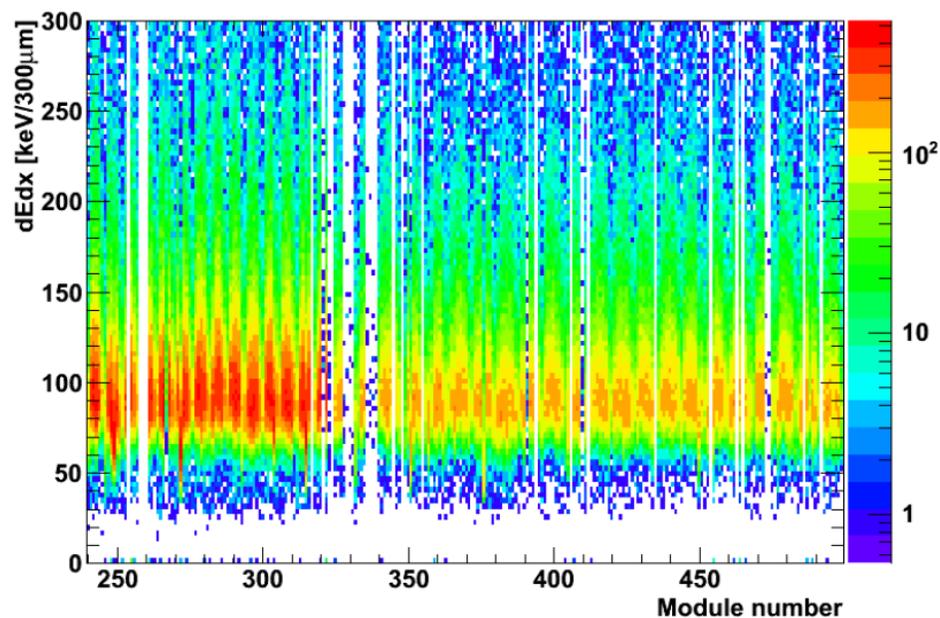


ALICE raggi cosmici

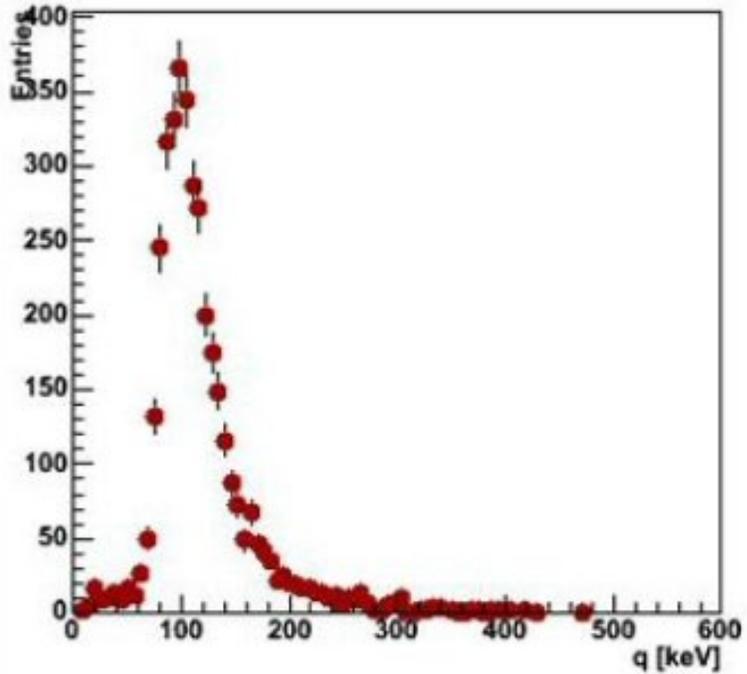


CMS particelle da collisione

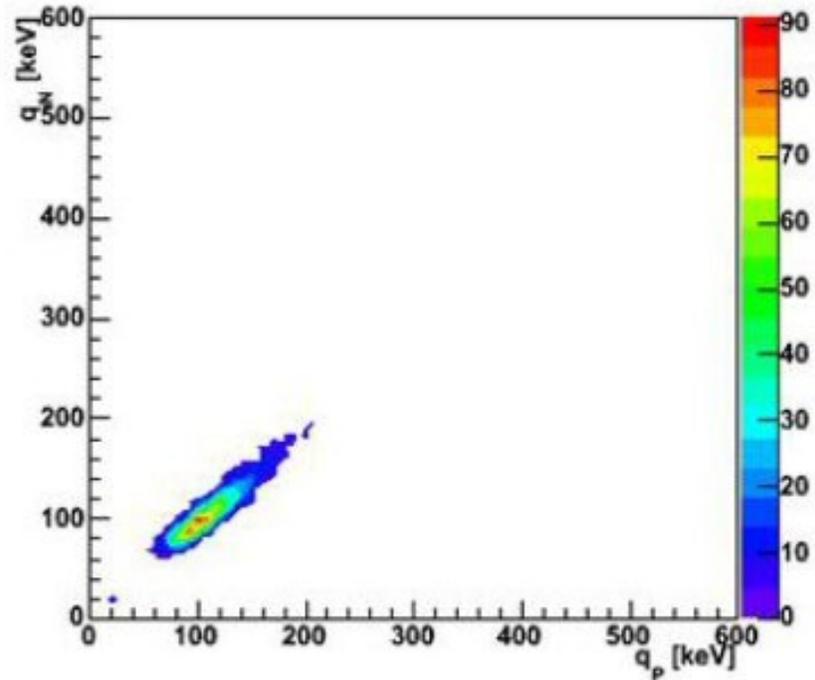
Distribuzione Perdita di energia per canale



Correlazione di carica lato P – lato N



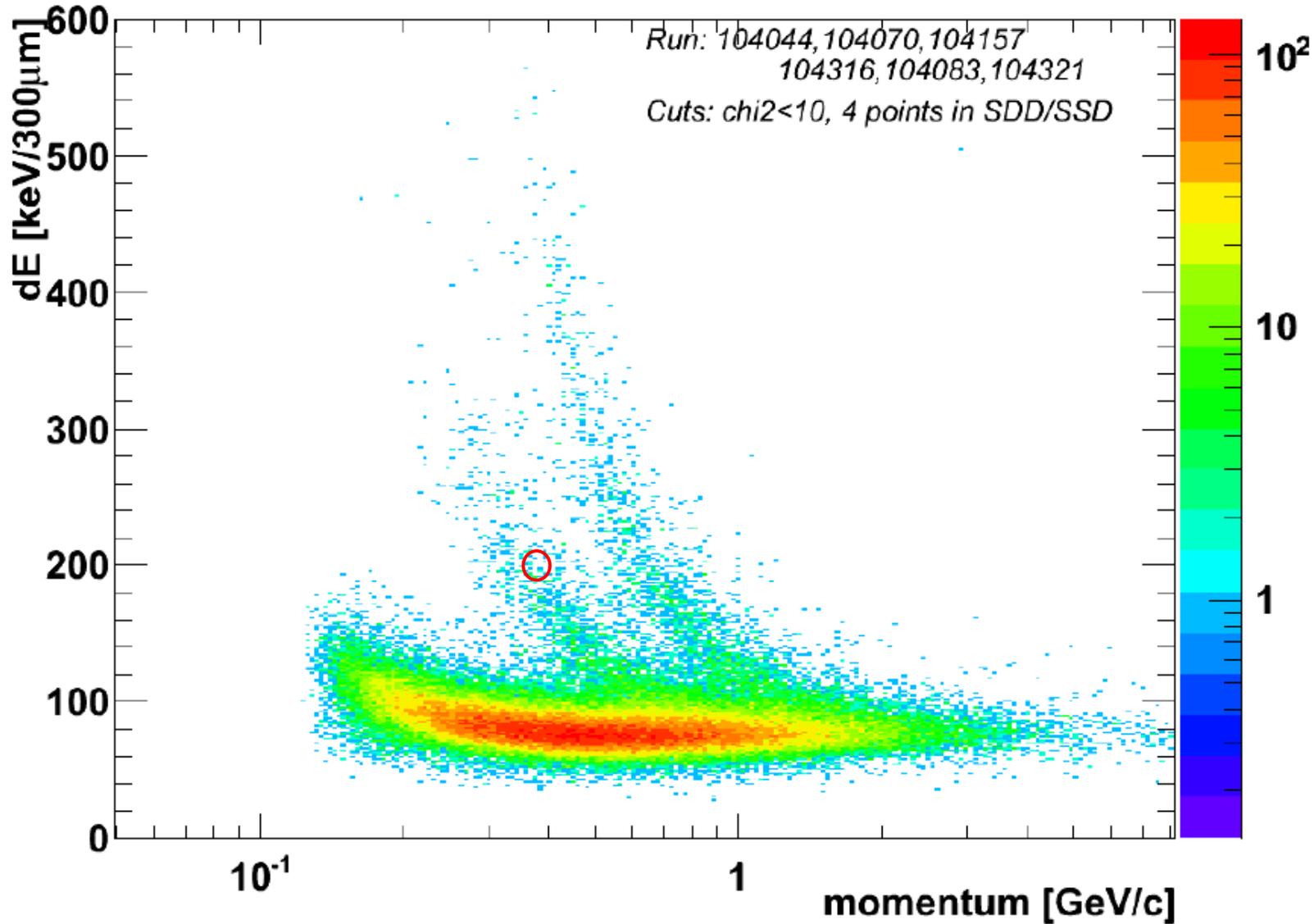
Carica misurata



Correlazione di carica tra lati

dEdX distribution (ITS signal, truncated mean)

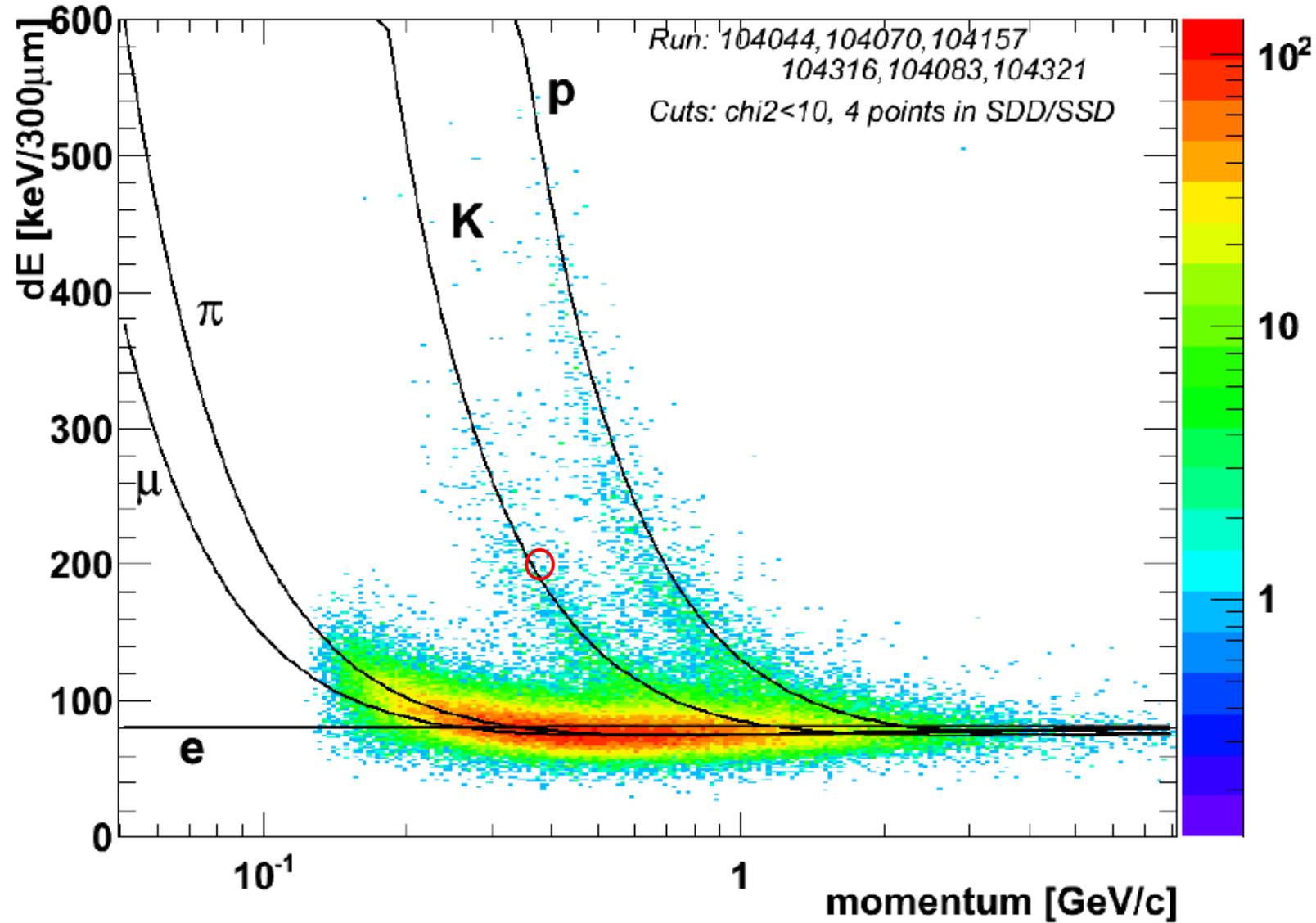
Entries 116536



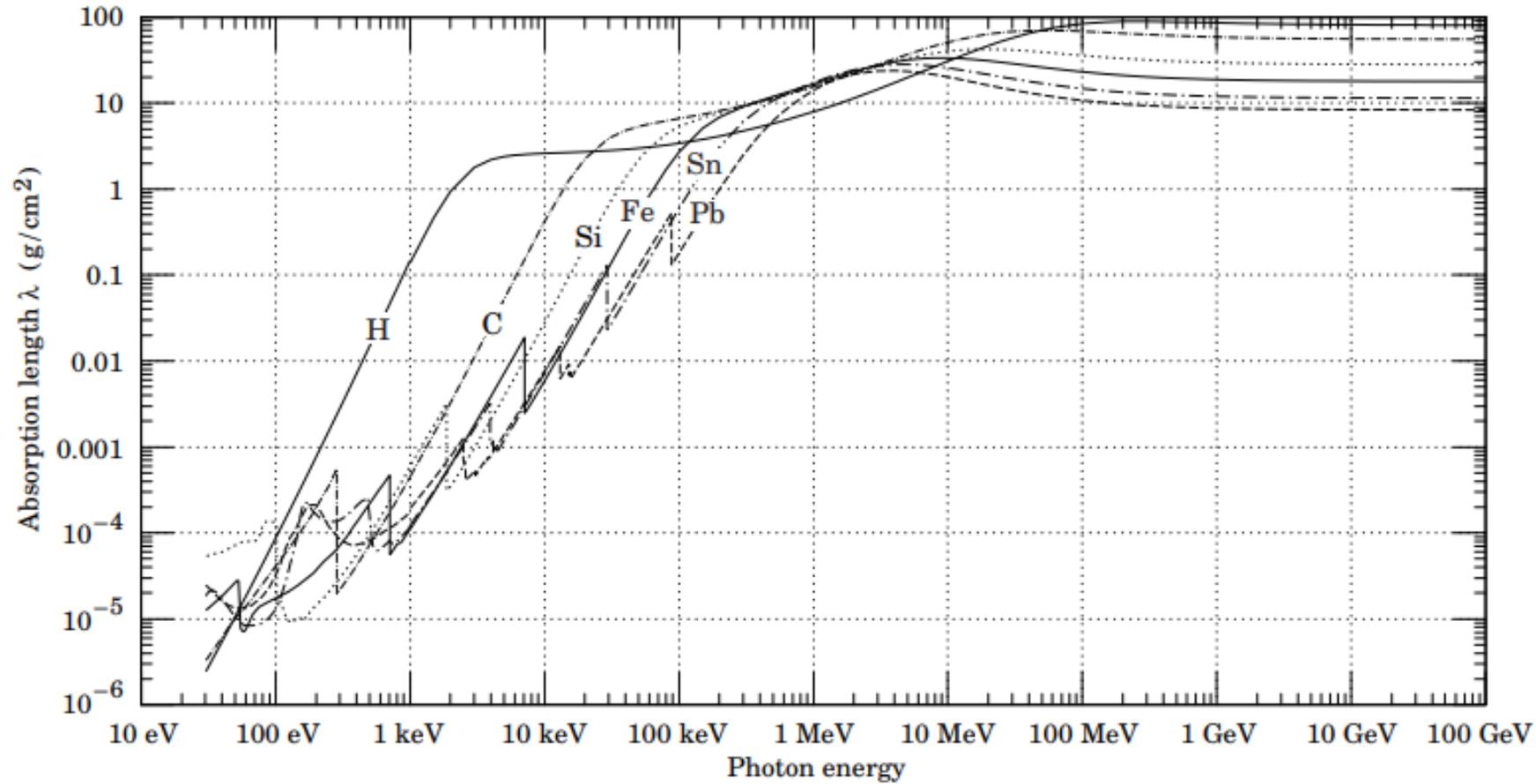
- Istogramma a dispersione carica ricostruita da 4 misure
- Esempio: 200 keV @ quantita' di moto $p=400$ MeV/c
- Che tipo di particella e'?

dEdX distribution (ITS signal, truncated mean)

Entries 116536



Si possono usare per misurare l'energia dei fotoni?



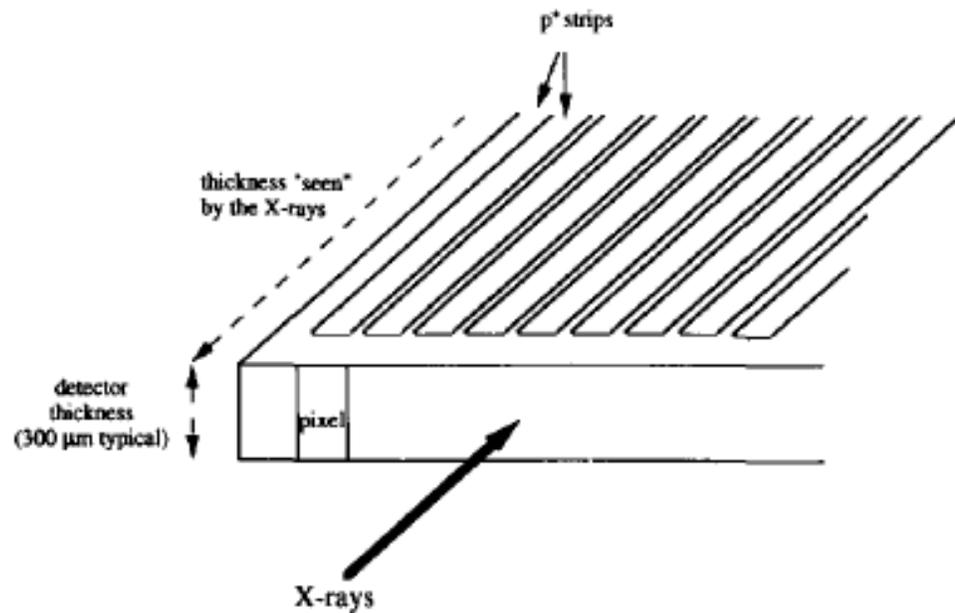
Silicio: $\rho=2.33 \text{ g}/\text{cm}^3$

Raggi X da 50 keV

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

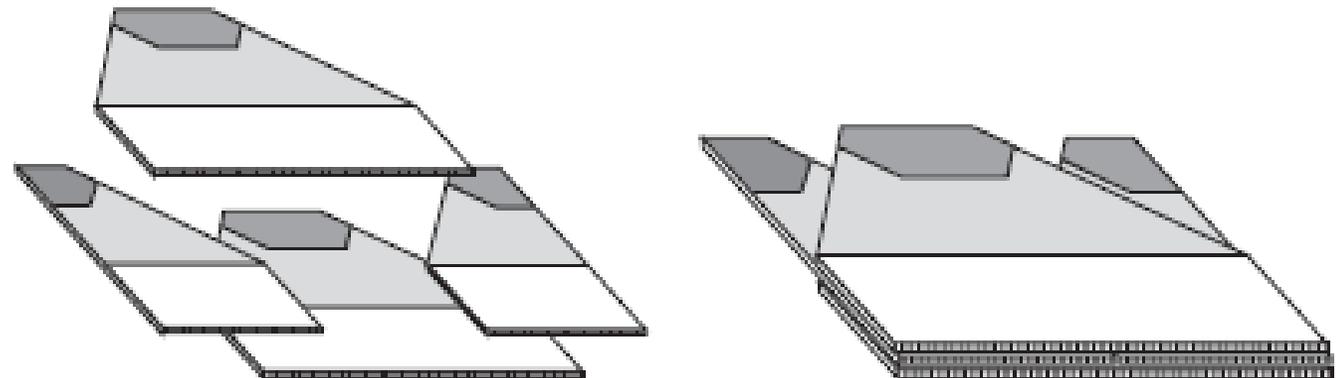
Pochi fotoni sarebbero assorbiti in 300 μm , bisogna aumentare il materiale

Applicazione medica tipo SYRMEP: mammografia digitale



- Sorgente: luce di sincrotrone
- Rivelatore: SSD a una faccia (poi evoluto)
 - Orientazione edge-on
 - Accoppiato AC in lettura
 - Bias Foxfet (punch-through con gate)
 - Passo strip: 50 – 100 - 200 μm
 - Spessore sensore: 300 μm (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 μm

- 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

