



Caratterizzazione di Rivelatori Ultra Fast al Silicio

Candidata: Petrini Giulia

Relatore: Costa Marco

Correlatore: Cartiglia Nicolò

Dissertazione Tesi di Laurea Triennale
19/07/2017

INDICE:

-Obiettivo **UFSD** :
"Ultra-Fast Silicon Detector"

precisa risoluzione spaziale $\sigma_x \sim 10 \text{ um}$

precisa risoluzione temporale $\sigma_t \sim 30 \text{ ps}$

Novità!

*Rivelatori
UFSD*

Percorso

*Apparato
Strumentale*

*Leakage
Current*

*Parametro
Alfa*

*Parametro
k*

Guadagno

Riepilogo

INDICE:

-Obiettivo **UFSD** :
“Ultra-Fast Silicon Detector”

precisa risoluzione spaziale $\sigma_x \sim 10 \mu\text{m}$

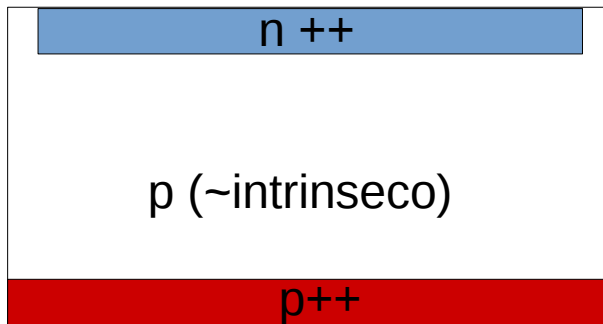
precisa risoluzione temporale $\sigma_t \sim 30 \text{ps}$

Novità!

Rivelatori UFSD

Percorso

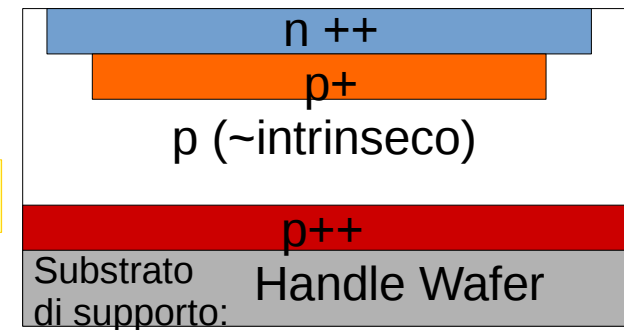
Sensore Tradizionale (PiN)



300μm

Non in scala

Sensore UFSD



50μm

300μm

Apparato Strumentale

Leakage Current

Parametro Alfa

Parametro k

Guadagno

Riepilogo

INDICE:

-Obiettivo **UFSD** :
 “Ultra-Fast Silicon Detector”

precisa risoluzione spaziale $\sigma_x \sim 10 \mu\text{m}$

precisa risoluzione temporale $\sigma_t \sim 30 \text{ ps}$

Novità!

Rivelatori UFSD

Percorso

Apparato Strumentale

Leakage Current

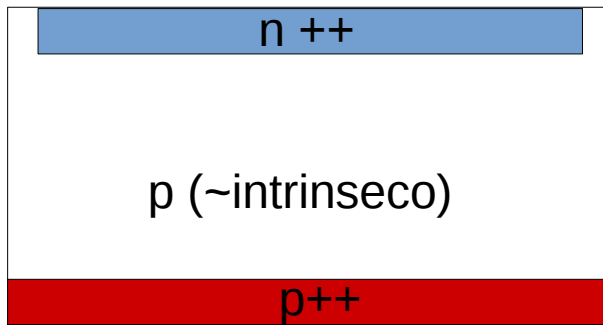
Parametro Alfa

Parametro k

Guadagno

Riepilogo

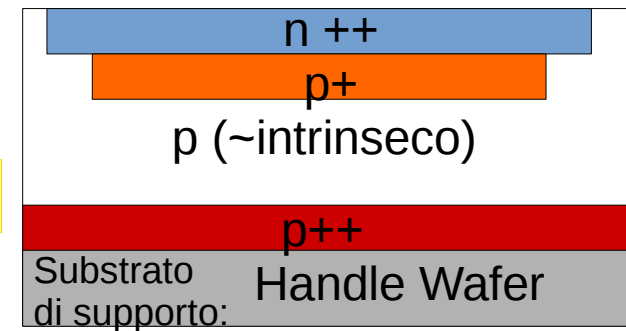
Sensore Tradizionale (PiN)



300 μm

Non in scala

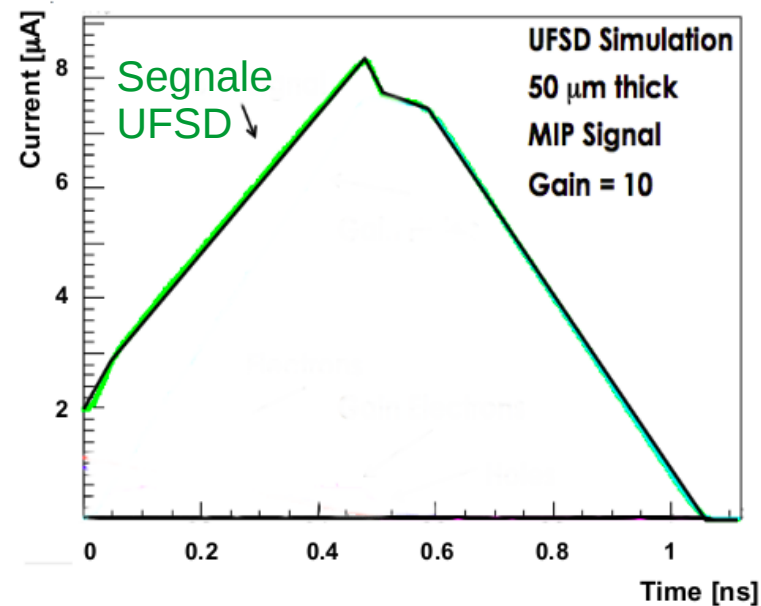
Sensore UFSD



50 μm

300 μm

- sensore con guadagno
- sensore più sottile



INDICE:

Rivelatori UFSD

Percorso

Apparato Strumentale

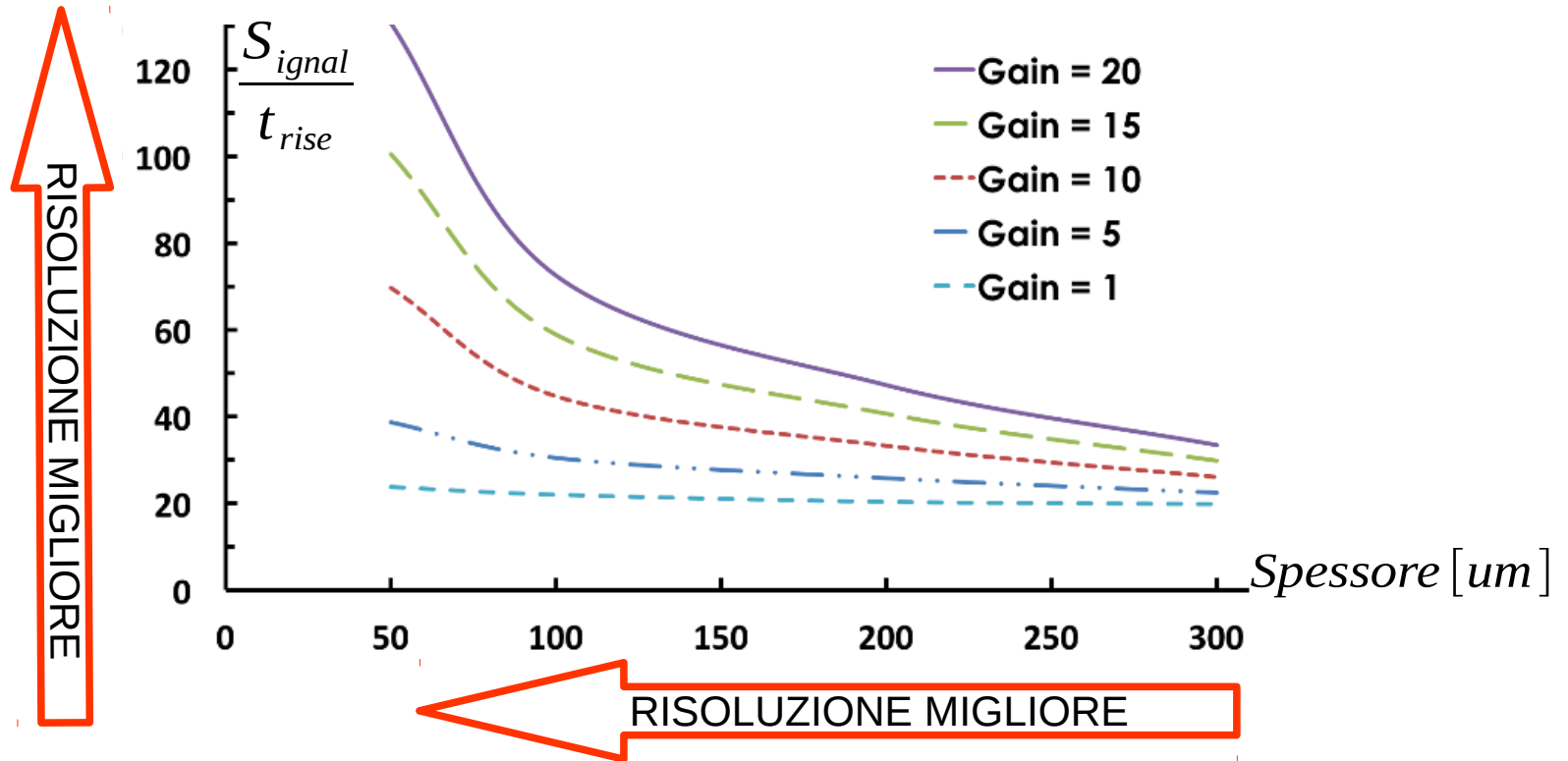
Leakage Current

Parametro Alfa

Parametro k

Guadagno

Riepilogo



$$\sigma_t \sim \frac{N_{oise}}{dV} = \frac{N_{oise}}{\frac{S_{signal}}{t_{rise}}}$$

- Signal / trise grande → guadagno alto
- trise piccolo → sottile
- Noise piccolo → guadagno non elevato

L'ottimizzazione di tali grandezze, risultante la simulazioni/ prove sperimentali, prevede:

- Guadagno $\approx 10/20$ (LGAD="Low Gain Avalanche Diode")
- Spessore $\approx 50um$

INDICE:

Rivelatori UFSD

Percorso

Apparato Strumentale

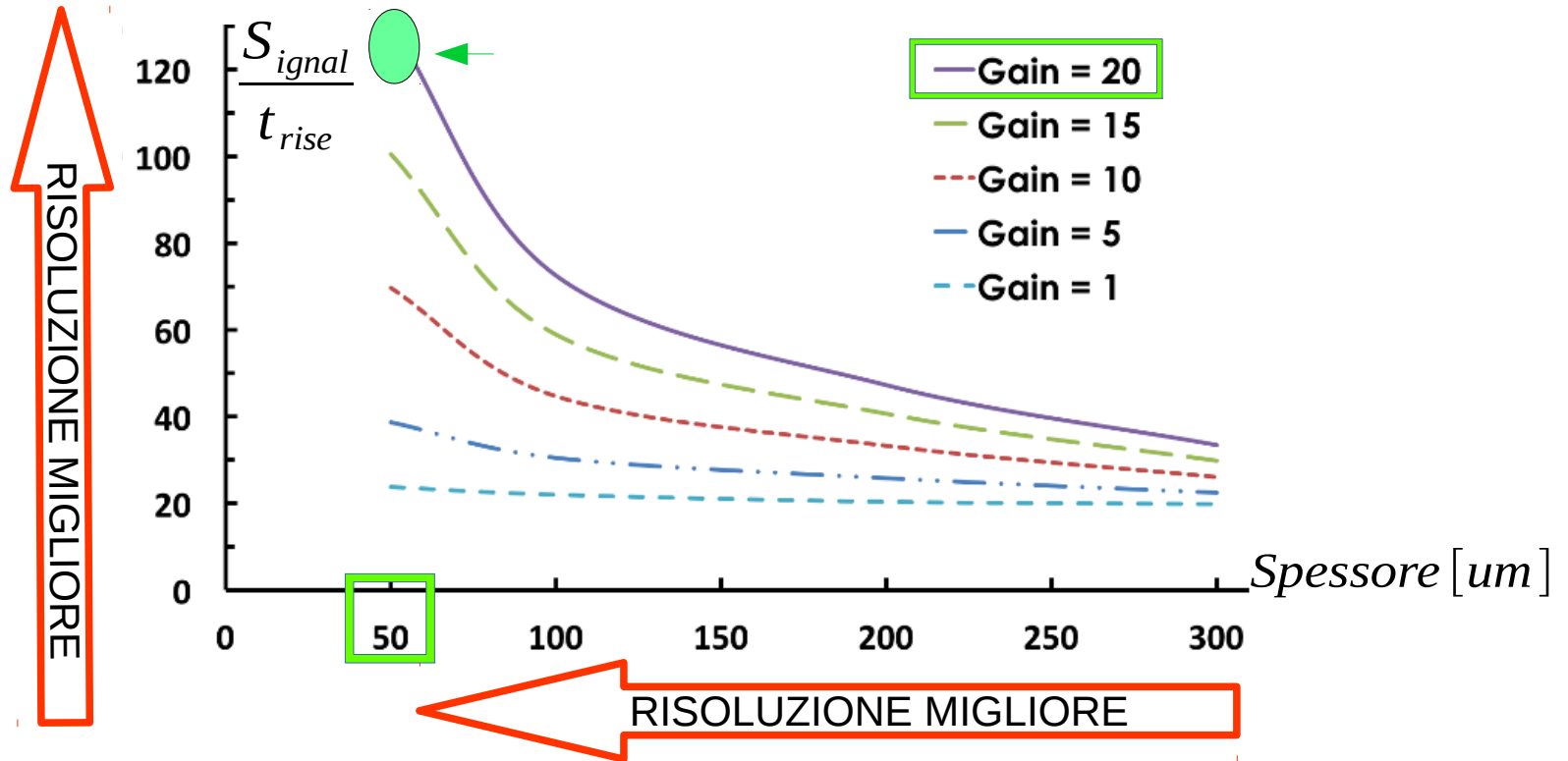
Leakage Current

Parametro Alfa

Parametro k

Guadagno

Riepilogo



$$\sigma_t \sim \frac{N_{oise}}{dV} = \frac{N_{oise}}{\frac{S_{signal}}{t_{rise}}}$$

- Signal / trise grande → guadagno alto
- trise piccolo → sottile
- Noise piccolo → guadagno non elevato

L'ottimizzazione di tali grandezze, risultante la simulazioni/ prove sperimentali, prevede:

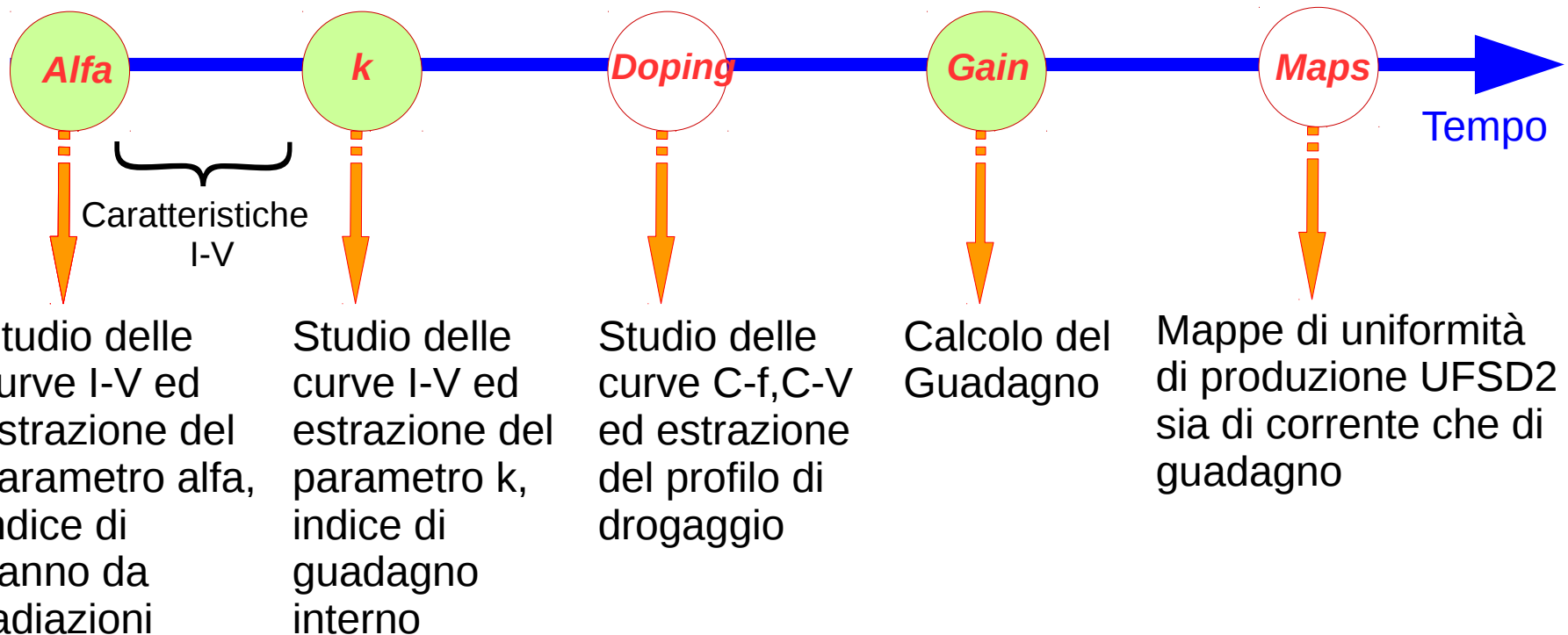
- Guadagno $\approx 10/20$ (LGAD="Low Gain Avalanche Diode")
- Spessore $\approx 50\mu m$

INDICE:

Stage + Tesi presso l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN)

- *misure* di laboratorio su sensori UFSD
- *incontri* settimanali in collegamento con Trento (FBK)
- *presentazioni* settimanali dei risultati trovati al gruppo UFSD
- **i risultati sono stati presentati al meeting della Collaborazione RD50**

https://indico.cern.ch/event/637212/contributions/2608654/attachments/1470987/2276190/vs_UFSDres_RD50Krakow.pdf



Rivelatori UFSD

Percorso

Apparato Strumentale

Leakage Current

Parametro Alfa

Parametro k

Guadagno

Riepilogo

INDICE:

Rivelatori
UFSD

Percorso

Apparato
Strumentale

Leakage
Current

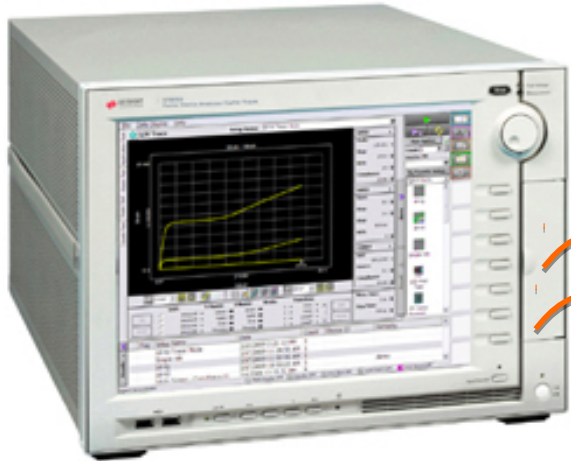
Parametro
Alfa

Parametro
k

Guadagno

Riepilogo

Power Device Analyzer / Curve Tracer

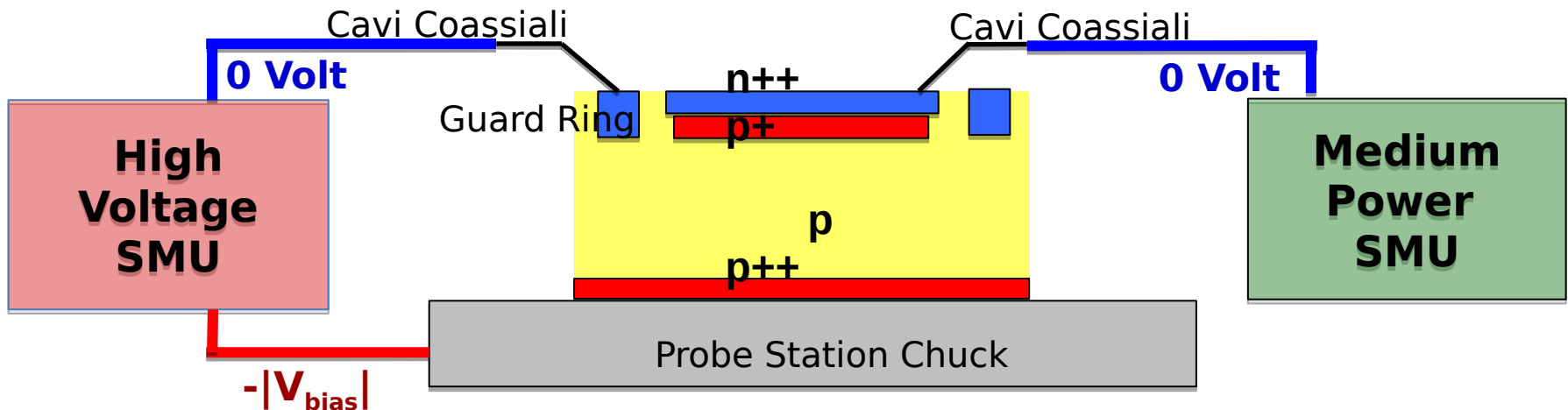
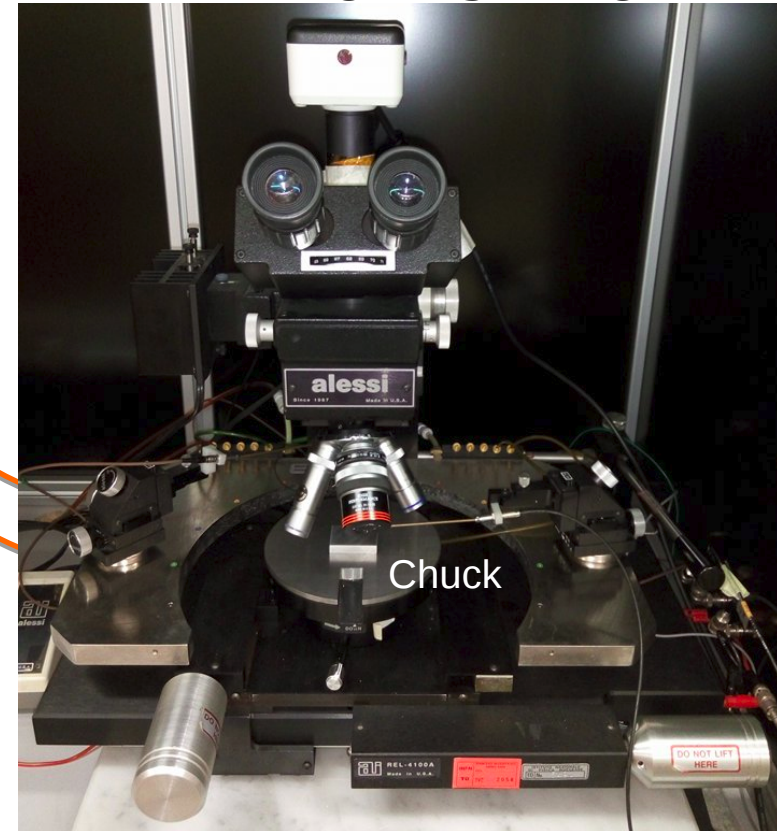


Moduli:

- High Voltage
- Medium Power

Presso il Laboratorio:
"RIVELATORI INNOVATIVI
AL SILICIO"

PROBE STATION



Leakage Current I-V

INDICE:

Rivelatori UFSD

Percorso

Apparato Strumentale

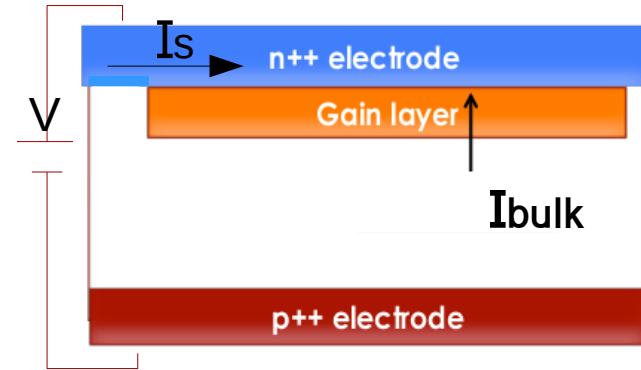
$$Leakage\ Current: I(V) = I_s + I_{bulk} \cdot e^{k \cdot V}$$

I dipende da:

- Distribuzione di Fermi-Dirac
- Difetti reticolari di costruzione
- Luce ambientale non oscurata

I costituita da:

- I_s derivante dallo strato superiore
- I_{bulk} derivante dalla profondità del sensore può venire moltiplicata quando passa nel Layer di Guadagno



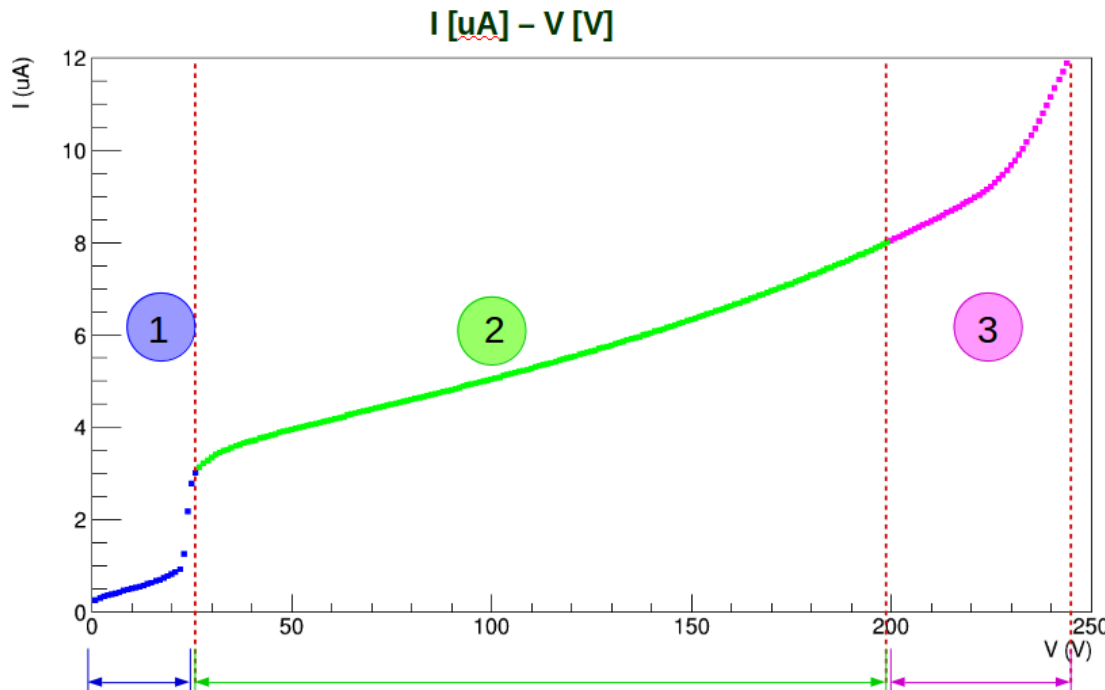
Leakage Current

Parametro Alfa

Parametro k

Guadagno

Riepilogo



- Il Layer di Guadagno p+ NON è ancora svuotato;
- All'aumentare di V si raccoglie sempre più corrente I_s e I_{bulk} ma NON viene moltiplicata;
- Termina con una regione di transizione dove la corrente sale veloce perché il sensore si svuota e inizia a moltiplicare

Leakage Current I-V

INDICE:

Rivelatori UFSD

Percorso

Apparato Strumentale

Leakage Current

Parametro Alfa

Parametro k

Guadagno

Riepilogo

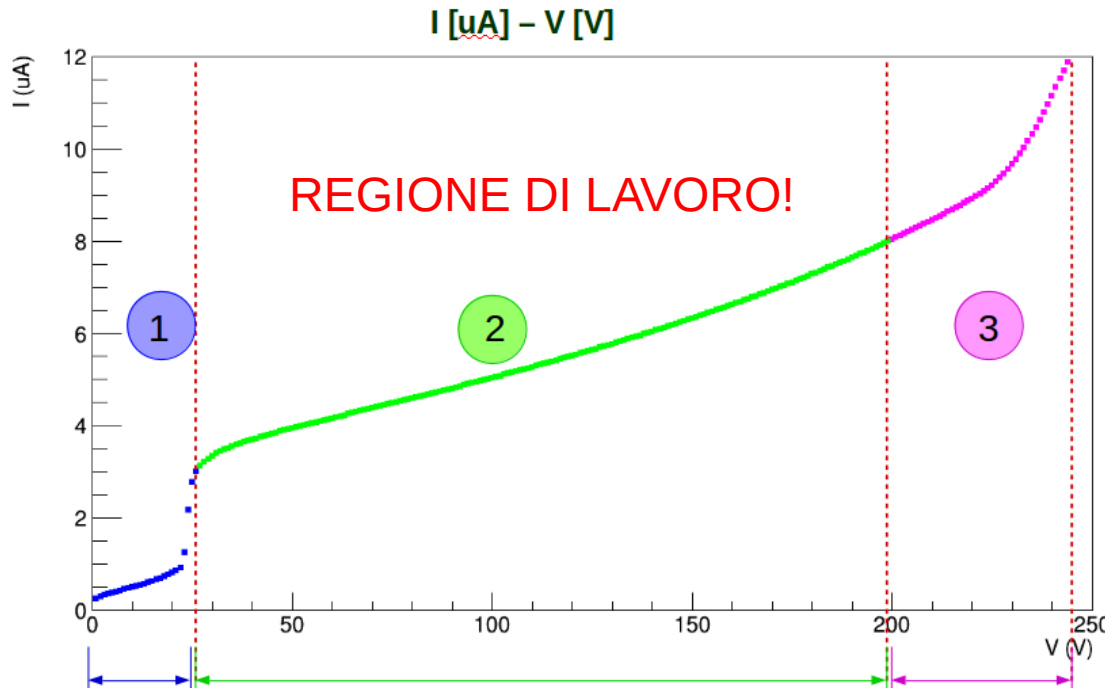
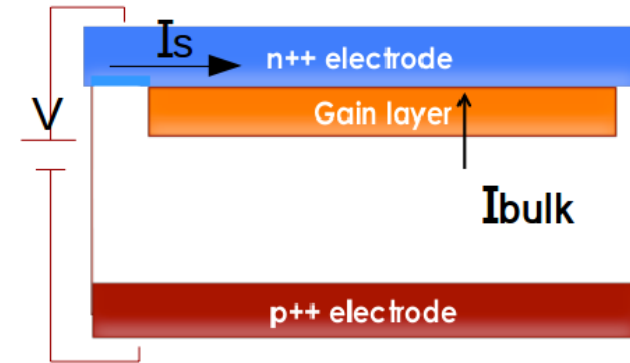
$$\text{Leakage Current: } I(V) = I_s + I_{bulk} \cdot e^{k \cdot V}$$

I dipende da:

- Distribuzione di Fermi-Dirac
- Difetti reticolari di costruzione
- Luce ambientale non oscurata

I costituita da:

- I_s derivante dallo strato superiore
- I_{bulk} derivante dalla profondità del sensore può venire moltiplicata quando passa nel Layer di Guadagno



- il Sensore ora è svuotato;
- La Leakage Current viene moltiplicata per un guadagno dipendente dal voltaggio $G(V)$;
- Andamento esponenziale rappresentato dal parametro $k = \text{cost}$ e piccolo \rightarrow Andamento \sim lineare

Leakage Current I-V

INDICE:

Rivelatori UFSD

Percorso

Apparato Strumentale

Leakage Current

Parametro Alfa

Parametro k

Guadagno

Riepilogo

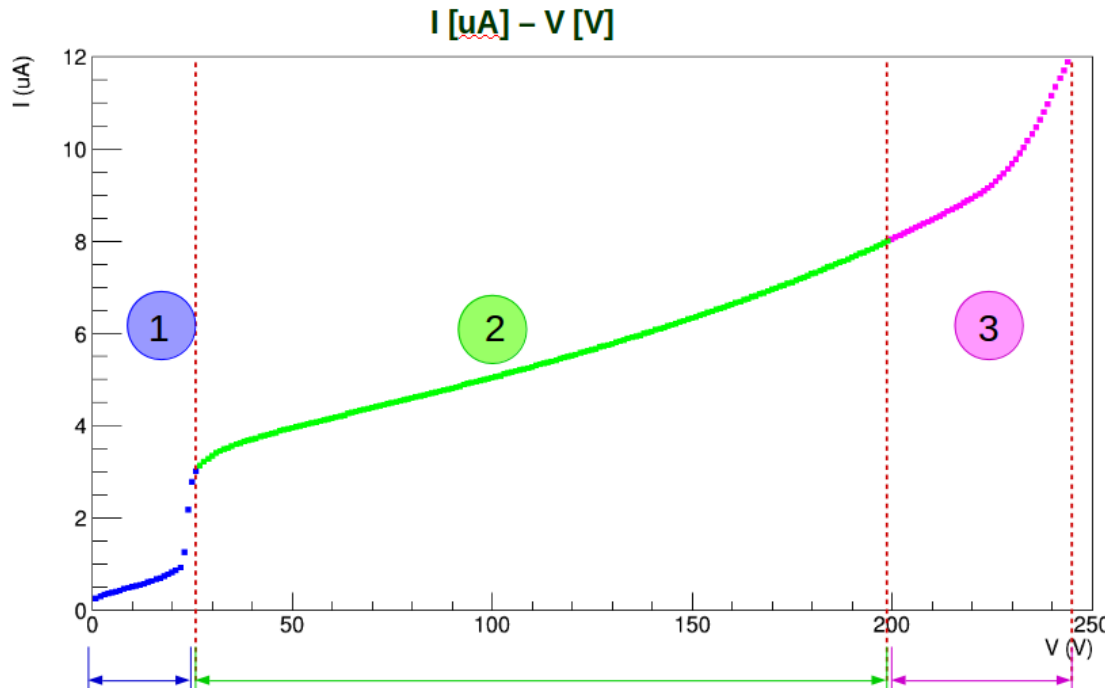
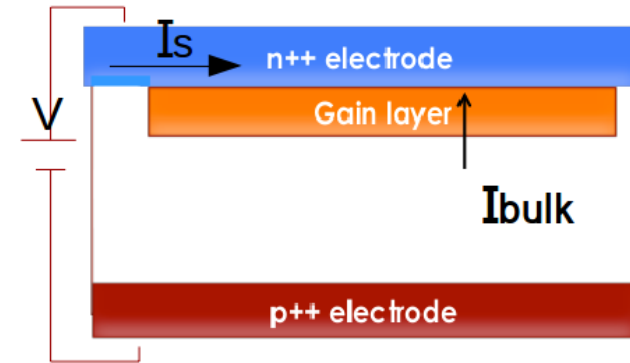
$$Leakage\ Current: I(V) = I_s + I_{bulk} \cdot e^{k \cdot V}$$

I dipende da:

- Distribuzione di Fermi-Dirac
- Difetti reticolari di costruzione
- Luce ambientale non oscurata

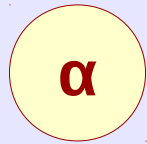
I costituita da:

- I_s derivante dallo strato superiore
- I_{bulk} derivante dalla profondità del sensore può venire moltiplicata quando passa nel Layer di Guadagno



- k dipende dal voltaggio $k=k(V)$;
- La crescita della corrente è sovra-esponenziale;
- Processo di “moltiplicazione a valanga incontrollato”

INDICE:



“current-related damage rate”

È indice del danno reticolare dovuto dall'irradiazione

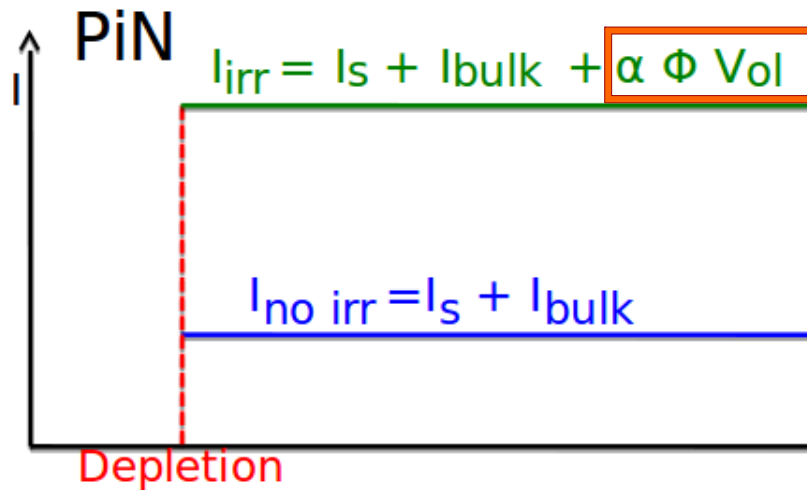
Si manifesta con un aumento di Leakage Current

È utile studiarlo per prevedere quale sarà l'evoluzione della corrente del sensore venendo esso usato per rivelare particelle/fotoni, quindi esposto costantemente a radiazione

Rivelatori UFSD

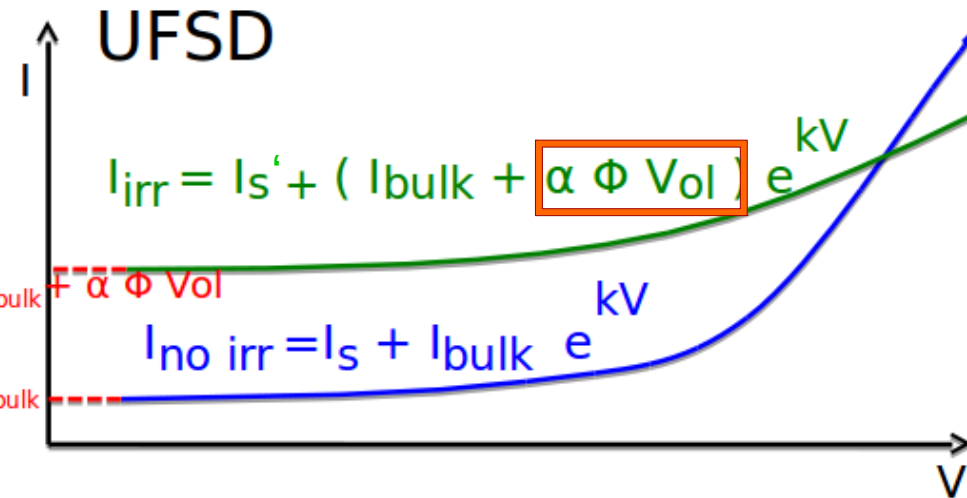
Percorso

Apparato Strumentale



Leakage Current

Parametro Alfa



Parametro k

α dipende dal materiale del sensore

Guadagno

Per i *sensori tradizionali al Silicio* tipicamente $\rightarrow \alpha = (1 \div 9) \cdot 10^{-17} \text{ A/cm}$

Riepilogo

Per i *sensori UFSD al Silicio* mai stato misurato \rightarrow ci aspettiamo un risultato simile se l' Handle Wafer (unico materiale diverso) non incide

PARAMETRO ALFA: indice del Danno di Radiazione

9

INDICE:

$\Phi = 3 \times 10^{14} \text{ n/cm}^2$	$\Phi = 5 \times 10^{14} \text{ n/cm}^2$
W11-CT03	W11-CT01
W12-CT01	W11-CT02
W12-CT04	W12-CT02
	W12-CT03

Rivelatori
UFSD

Percorso

Apparato
Strumentale

Leakage
Current

Parametro
Alfa

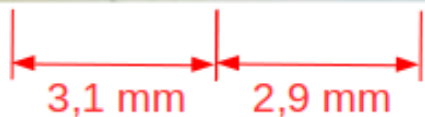
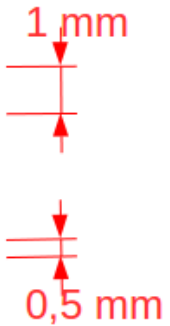
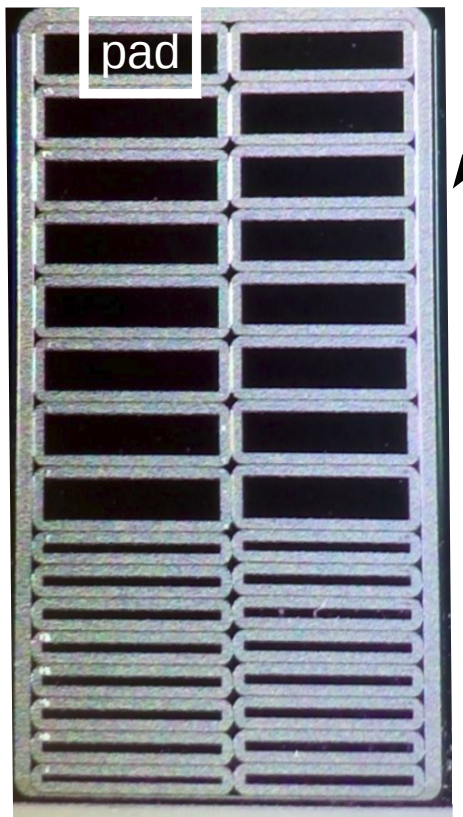
Parametro
k

Guadagno

Riepilogo

Ho analizzato sensori CT-PPS:

- Aveni pad di 4 **volumi** diversi:
 $V = 0,5 \cdot 2,9 \cdot 0,05 \text{ mm}^3$ $V = 0,5 \cdot 3,1 \cdot 0,05 \text{ mm}^3$
 $V = 1 \cdot 2,9 \cdot 0,05 \text{ mm}^3$ $V = 1 \cdot 3,1 \cdot 0,05 \text{ mm}^3$
- Fatti irraggiare con uno fra i due **flussi**
(che simulano il danno realmente ottenuto durante 'esperimento)



PARAMETRO ALFA: indice del Danno di Radiazione

INDICE:

$\Phi = 3 \times 10^{14} \text{ n/cm}^2$	$\Phi = 5 \times 10^{14} \text{ n/cm}^2$
W11-CT03	W11-CT01
W12-CT01	W11-CT02
W12-CT04	W12-CT02
	W12-CT03

Rivelatori UFSD

Percorso

Apparato Strumentale

Leakage Current

Parametro Alfa

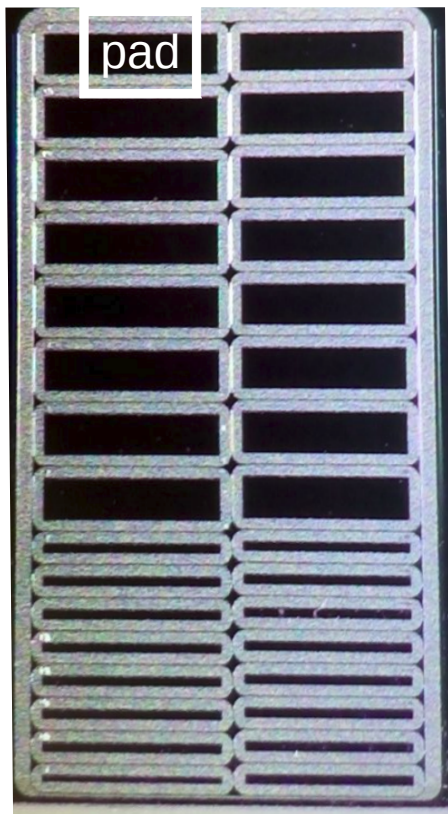
Parametro k

Guadagno

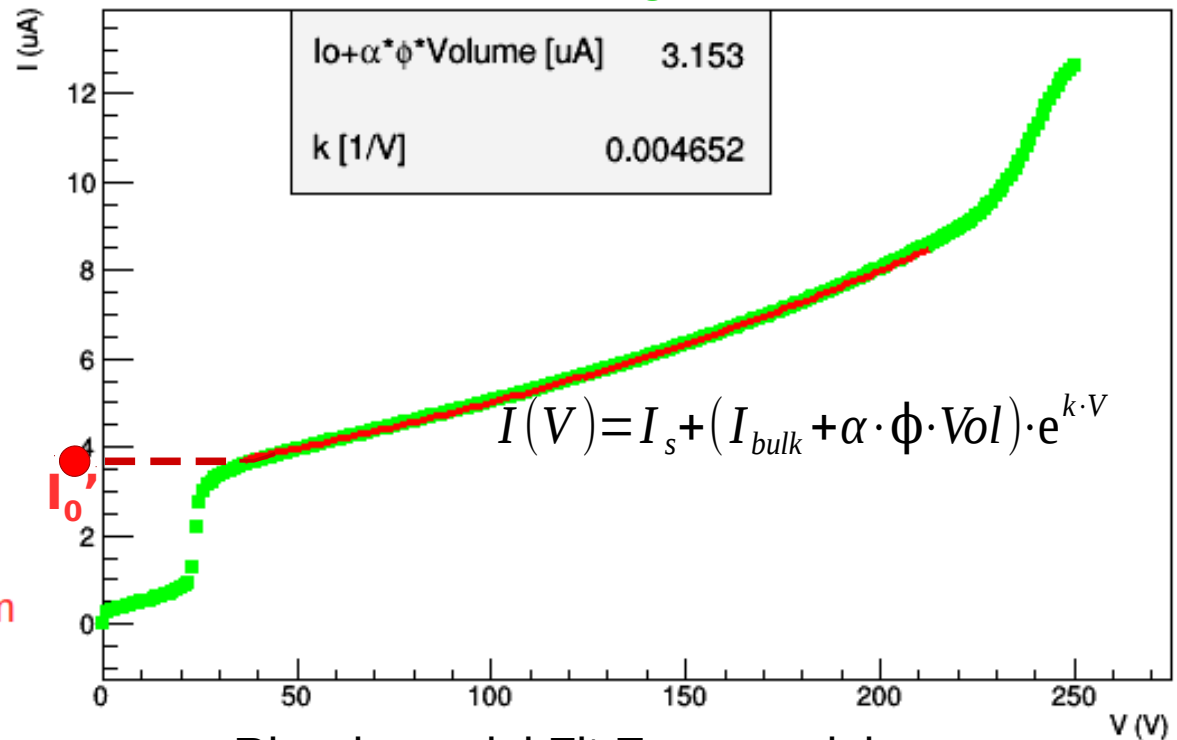
Riepilogo

Ho analizzato sensori CT-PPS:

- Aveni pad di 4 volumi diversi:
 $V = 0,5 \cdot 2,9 \cdot 0,05 \text{ mm}^3$ $V = 0,5 \cdot 3,1 \cdot 0,05 \text{ mm}^3$
 $V = 1 \cdot 2,9 \cdot 0,05 \text{ mm}^3$ $V = 1 \cdot 3,1 \cdot 0,05 \text{ mm}^3$
- Fatti irraggiare con uno fra i due flussi (che simulano il danno realmente ottenuto durante 'esperimento)



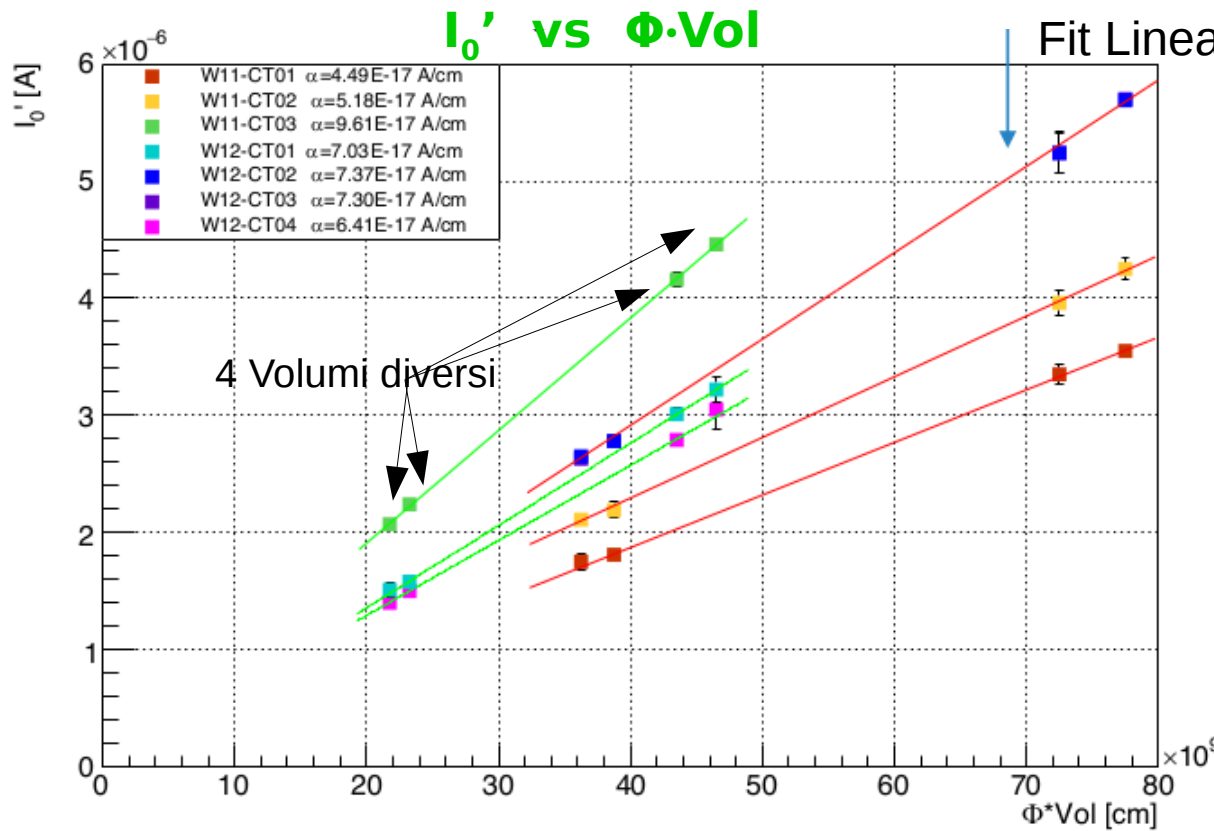
I-V di ogni PAD



Ricaviamo dal Fit Esponenziale:

$$\text{Intercetta} = I_s + I_{\text{bulk}} + \alpha \cdot \Phi \cdot \text{Vol} = I_0'$$

- INDICE:
- Rivelatori UFSD
- Percorso
- Apparato Strumentale
- Leakage Current
- Parametro Alfa
- Parametro k
- Guadagno
- Riepilogo



Fit Lineare: $I_o' = A + B \cdot \chi$ per ogni sensore

$I_s + I_{bulk}$ $\phi * Vol$

α la ricavo dalla pendenza delle rette

$$I(V) = I_s + (I_{bulk} + \alpha \cdot \phi \cdot Vol) \cdot e^{k \cdot V}$$

I_o'

INDICE:

Rivelatori UFSD

Percorso

Apparato Strumentale

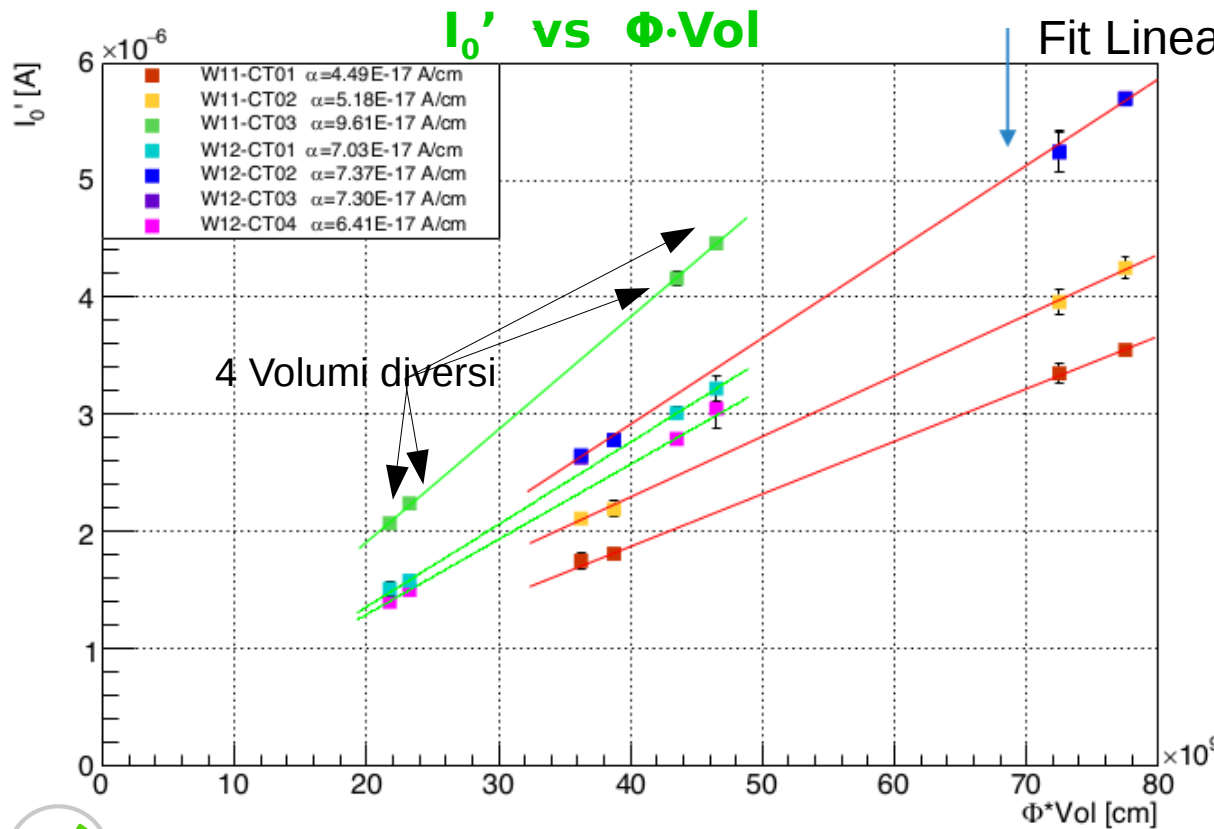
Leakage Current

Parametro Alfa

Parametro k

Guadagno

Riepilogo



Fit Lineare: $I_0' = A + B \cdot x$ per ogni sensore

$I_s + I_{bulk}$ $\phi * Vol$

α la ricavo dalla pendenza delle rette

$$I(V) = I_s + (I_{bulk} + \alpha \cdot \phi \cdot Vol) \cdot e^{k \cdot V}$$

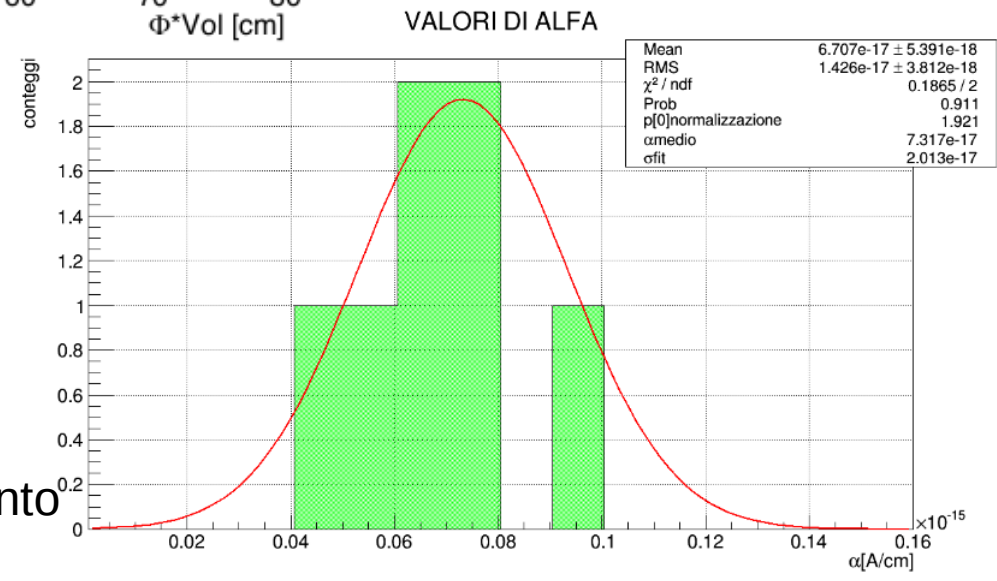
\downarrow
 I_0'

- ✓ Indipendente dal flusso
- ✓ Indipendente dal volume del PAD

Risultato Ricavato come media:

$\alpha = (7.3 \pm 2.0) 10^{-17} \text{ A/cm}$

- ✓ UFSD rispondono ad un irraggiamento come i Sensori Tradizionali!



PARAMETRO k: indice del Guadagno

11

INDICE:

k

È indice del guadagno interno comparando nell'esponenziale

Si manifesta costante nell'intervallo considerato

È utile studiarlo per prevedere l'evoluzione del guadagno del sensore
Si vorrebbe che non variasse al fine di garantire le caratteristiche di risoluzione temporale.

Rivelatori
UFSD

Percorso

Apparato
Strumentale

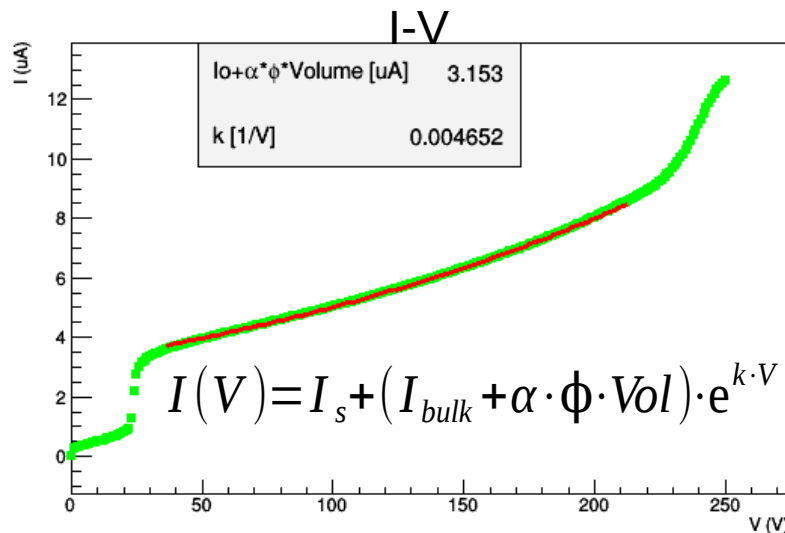
Leakage
Current

Parametro
Alfa

Parametro
k

Guadagno

Riepilogo



Medio k ricavato dal Fit su ogni PAD del sensore

Analisi di sensori delle seguenti dosi:
DOSE 2,0 Non Irraggiati e Irraggiati

PARAMETRO k: indice del Guadagno

INDICE:

k

È indice del guadagno interno comparando nell'esponenziale

Si manifesta costante nell'intervallo considerato

È utile studiarlo per prevedere l'evoluzione del guadagno del sensore
Si vorrebbe che non variasse al fine di garantire le caratteristiche di risoluzione temporale.

Rivelatori
UFSD

Percorso

Apparato
Strumentale

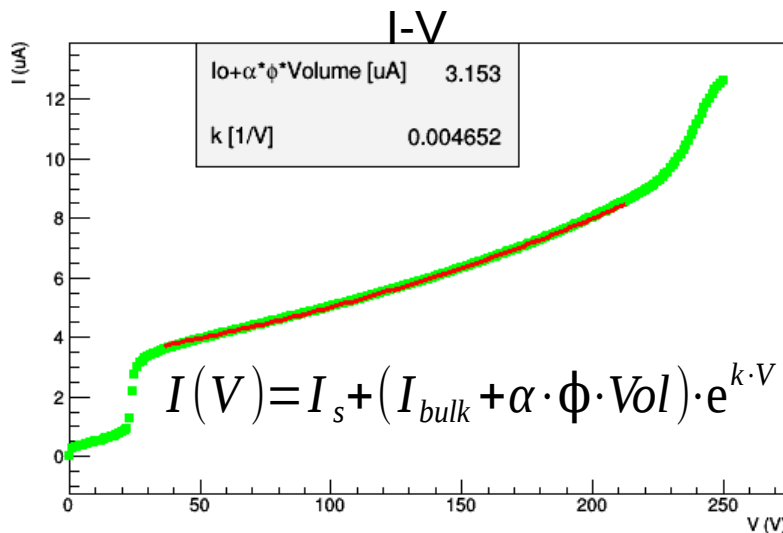
Leakage
Current

Parametro
Alfa

Parametro
k

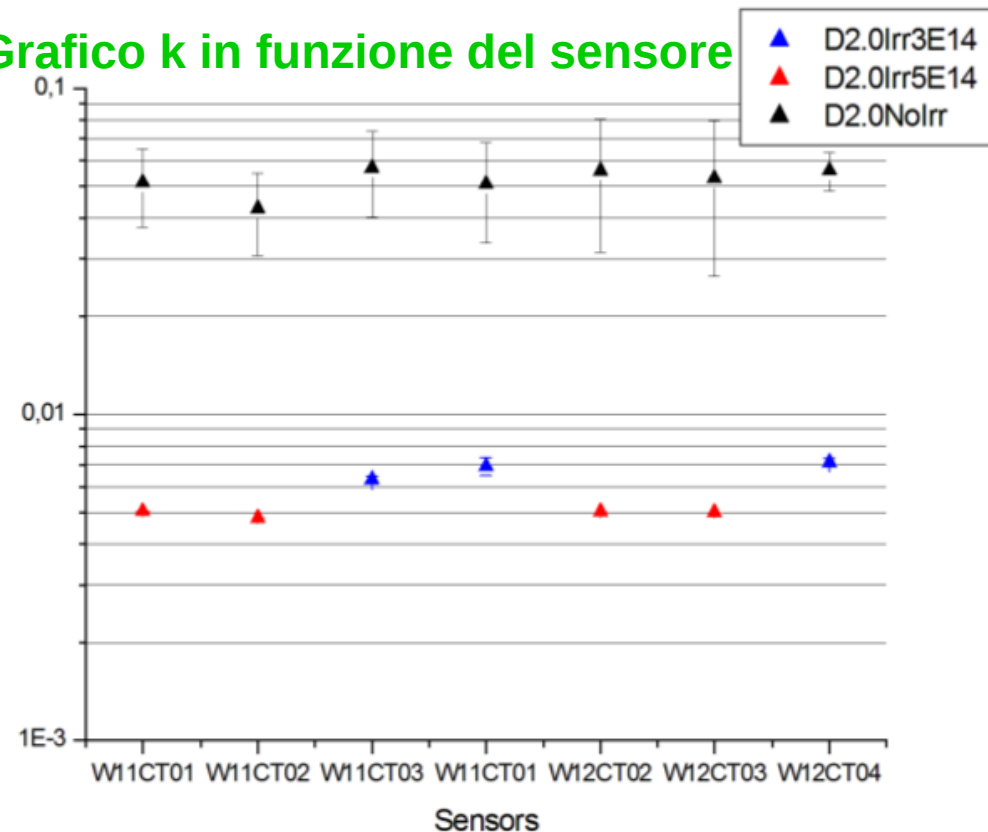
Guadagno

Riepilogo



Medio k ricavato dal Fit su ogni PAD del sensore

Grafico k in funzione del sensore



PARAMETRO k: indice del Guadagno

INDICE:

k

È indice del guadagno interno comparando nell'esponenziale

Si manifesta costante nell'intervallo considerato

È utile studiarlo per prevedere l'evoluzione del guadagno del sensore
Si vorrebbe che non variasse al fine di garantire le caratteristiche di risoluzione temporale.

Rivelatori
UFSD

Percorso

Apparato
Strumentale

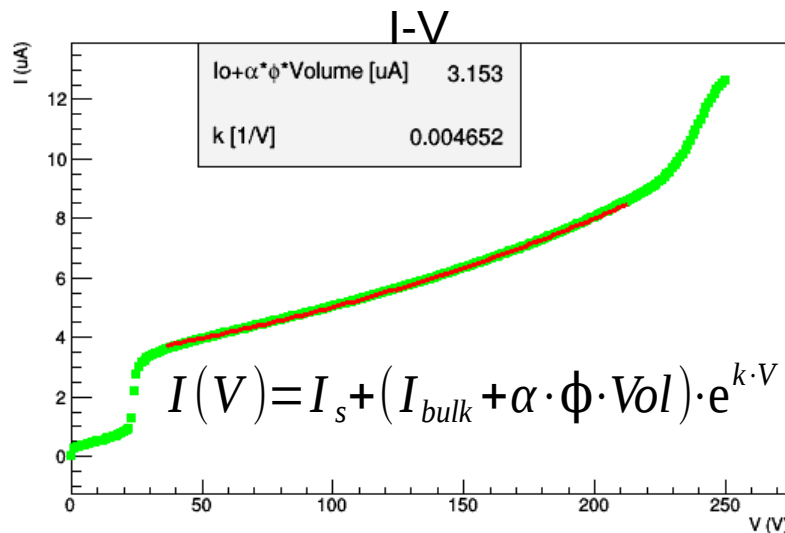
Leakage
Current

Parametro
Alfa

Parametro
k

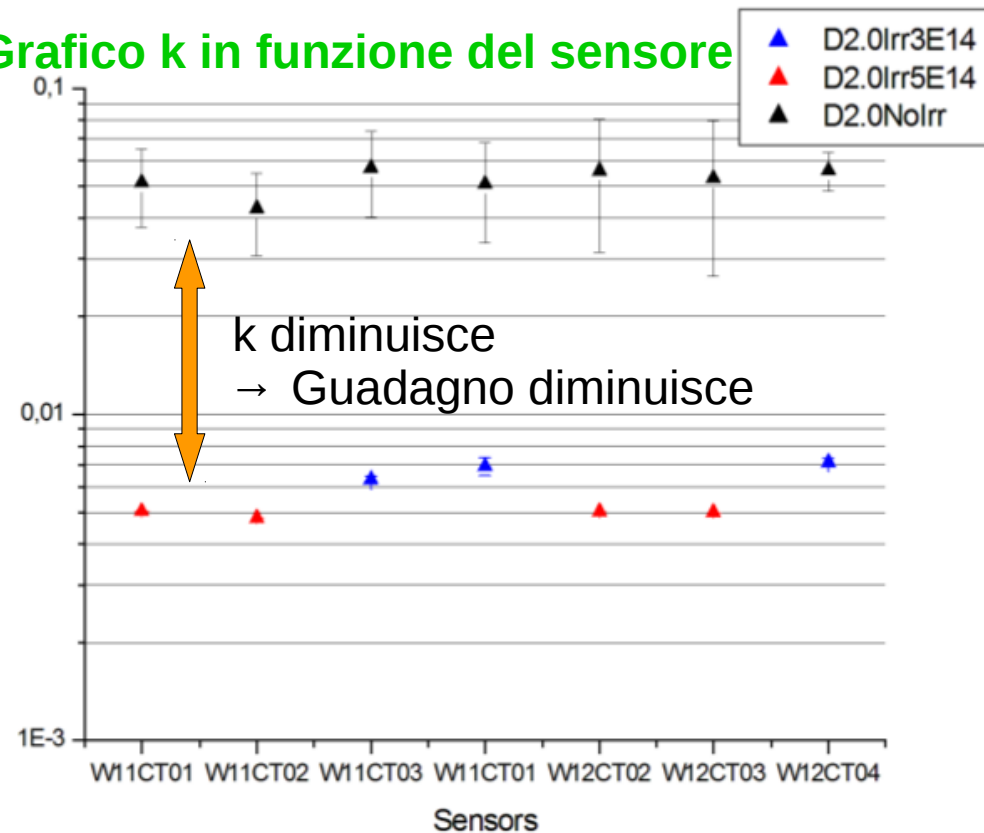
Guadagno

Riepilogo



Medio k ricavato dal Fit su ogni PAD del sensore

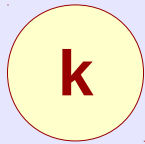
Grafico k in funzione del sensore



Analisi di sensori delle seguenti dosi:
DOSE 2,0 Non Irraggiati e Irraggiati

PARAMETRO k: indice del Guadagno

INDICE:



È indice del guadagno interno comparando nell'esponenziale

Si manifesta costante nell'intervallo considerato

È utile studiarlo per prevedere l'evoluzione del guadagno del sensore
Si vorrebbe che non variasse al fine di garantire le caratteristiche di risoluzione temporale.

Rivelatori UFSD

Percorso

Apparato Strumentale

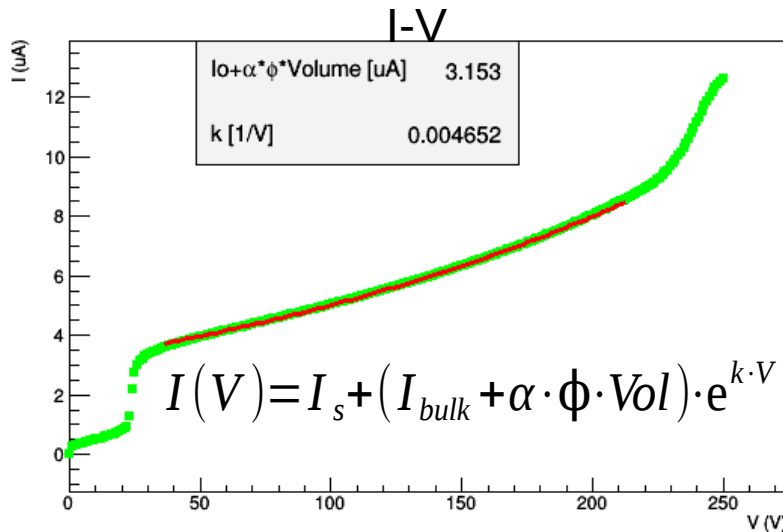
Leakage Current

Parametro Alfa

Parametro k

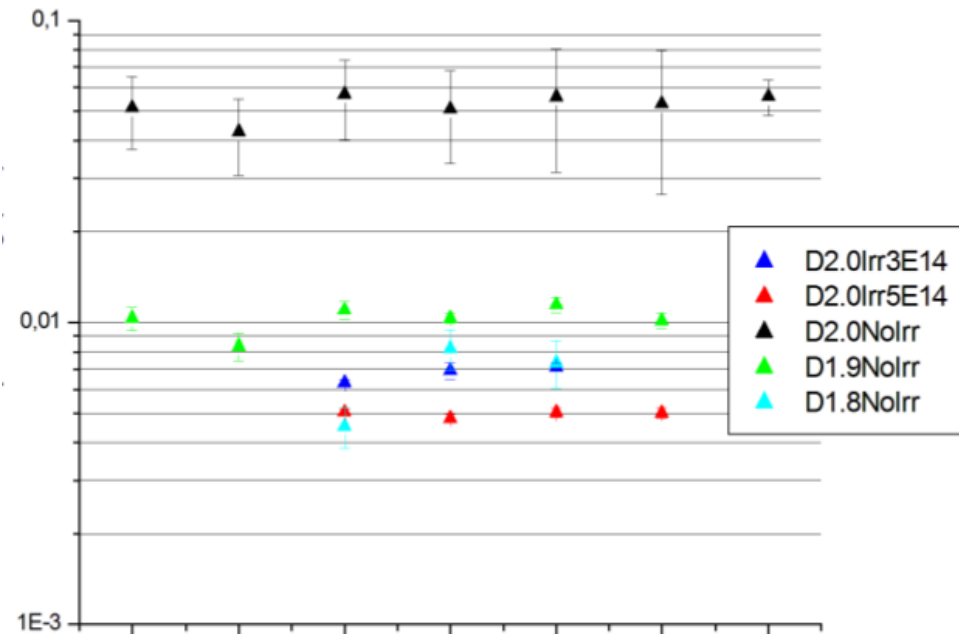
Guadagno

Riepilogo



Medio k ricavato dal Fit su ogni PAD del sensore

Grafico k in funzione del sensore



Analisi di sensori delle seguenti dosi:
DOSE 2,0 Non Irraggiati e Irraggiati
DOSE 1,9 Non Irraggiati
DOSE 1,8 Non Irraggiati

Si sovrappongono

L' Irraggiamento fa diminuire il Guadagno

INDICE:

OBIETTIVO: ricavare un metodo che permetta di estrapolare la curva di Guadagno direttamente da una misura I-V, SENZA necessitare di Pin di confronto

Rivelatori
UFSD

$$\text{UFSD: } \begin{cases} I_{UFSD}(V) = I_s + I_{bulk} \cdot e^{k \cdot V} \\ \text{PIN: } I_{PiN} = I_s + I_{bulk} \end{cases}$$

Gain="G"

Percorso

- quando ho sia UFSD che PiN (devono essere costruiti vicini)

$$G(V) = \frac{I_{UFSD}(V) - I_s}{I_{PiN} - I_s}$$

Formula che userò come confronto!

Apparato
Strumentale

Leakage
Current

Parametro
Alfa

Parametro
k

Guadagno

Riepilogo

INDICE:

OBIETTIVO: ricavare un metodo che permetta di estrapolare la curva di Guadagno direttamente da una misura I-V, SENZA necessitare di Pin di confronto

Rivelatori UFSD

$$\text{UFSD: } \begin{cases} I_{UFSD}(V) = I_s + I_{bulk} \cdot e^{k \cdot V} \\ \text{PIN: } I_{PiN} = I_s + I_{bulk} \end{cases}$$

Gain="G"

Percorso

- quando ho sia UFSD che PiN (devono essere costruiti vicini)

$$G(V) = \frac{I_{UFSD}(V) - I_s}{I_{PiN} - I_s}$$

Formula che userò come confronto!

Apparato Strumentale

- quando ho solo sensori UFSD

$$G(V) = \frac{I_{UFSD}(V) - I_s}{I_{bulk}}$$

Problema: I_{bulk} è il valore di corrente a che Voltaggio?

Leakage Current

Parametro Alfa

Parametro k

Guadagno

Riepilogo

INDICE:

OBIETTIVO: ricavare un metodo che permetta di estrapolare la curva di Guadagno direttamente da una misura I-V, **SENZA** necessitare di Pin di confronto

Rivelatori UFSD

$$\text{UFSD: } \begin{cases} I_{UFSD}(V) = I_s + I_{bulk} \cdot e^{k \cdot V} \\ \text{PIN: } I_{PiN} = I_s + I_{bulk} \end{cases}$$

Gain="G"

Percorso

- quando ho sia UFSD che PiN (devono essere costruiti vicini)

$$G(V) = \frac{I_{UFSD}(V) - I_s}{I_{PiN} - I_s}$$

Formula che userò come confronto!

Apparato Strumentale

- quando ho solo sensori UFSD

$$G(V) = \frac{I_{UFSD}(V) - I_s}{I_{bulk}}$$

Problema: I_{bulk} è il valore di corrente a che Voltaggio?

Leakage Current

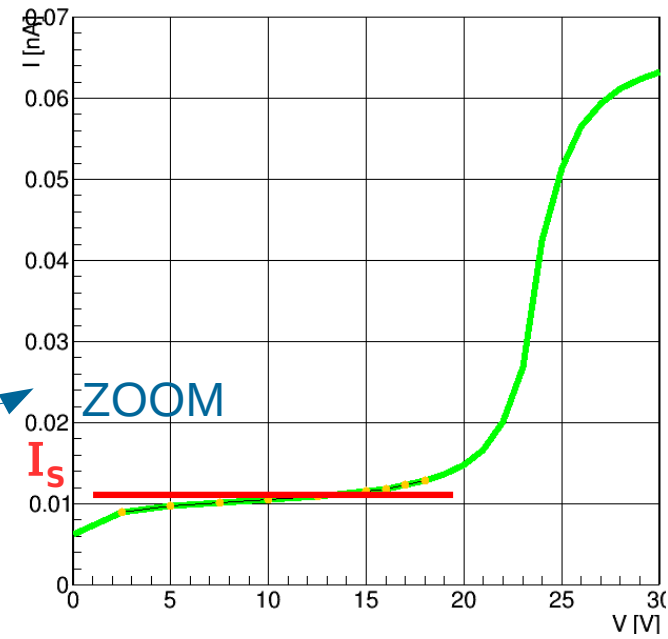
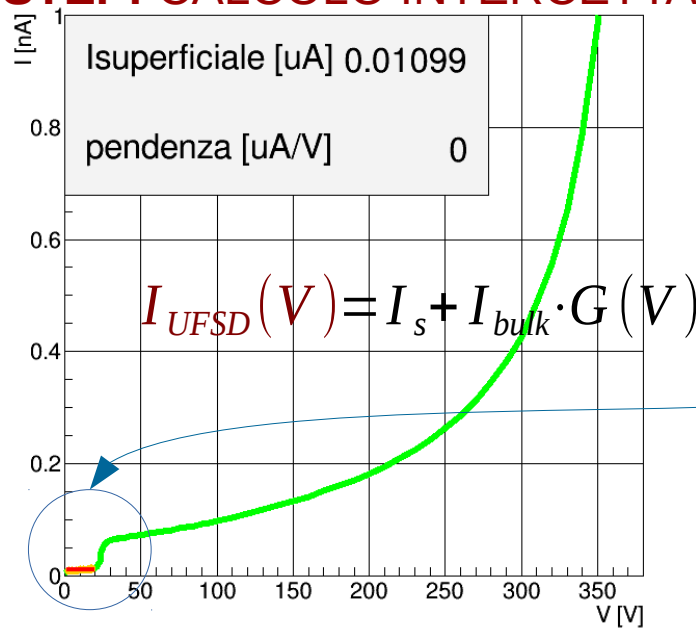
1° STEP: CALCOLO INTERCETTA

Parametro Alfa

Parametro k

Guadagno

Riepilogo



INDICE:

OBIETTIVO: ricavare un metodo che permetta di estrapolare la curva di Guadagno direttamente da una misura I-V, **SENZA** necessitare di Pin di confronto

Rivelatori UFSD

$$\text{UFSD: } \begin{cases} I_{UFSD}(V) = I_s + I_{bulk} \cdot e^{k \cdot V} \\ \text{PIN: } I_{PiN} = I_s + I_{bulk} \end{cases}$$

Gain="G"

Percorso

- quando ho sia UFSD che PiN (devono essere costruiti vicini)

$$G(V) = \frac{I_{UFSD}(V) - I_s}{I_{PiN} - I_s}$$

Formula che userò come confronto!

Apparato Strumentale

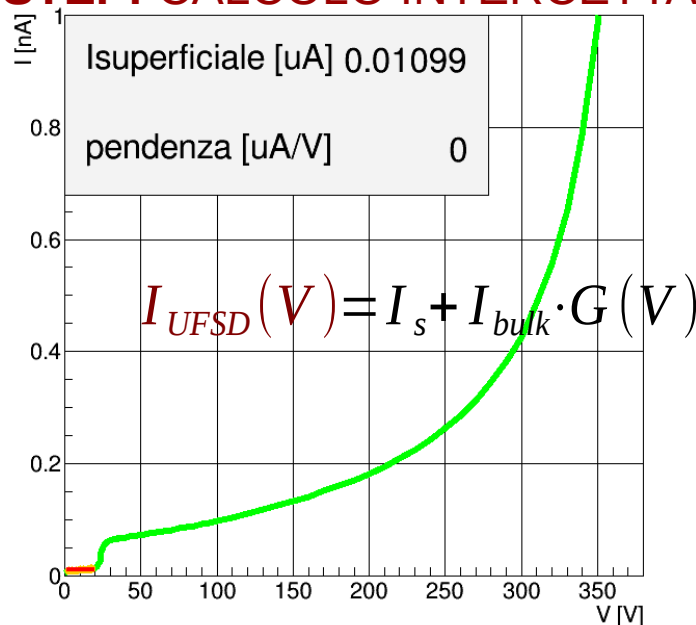
- quando ho solo sensori UFSD

$$G(V) = \frac{I_{UFSD}(V) - I_s}{I_{bulk}}$$

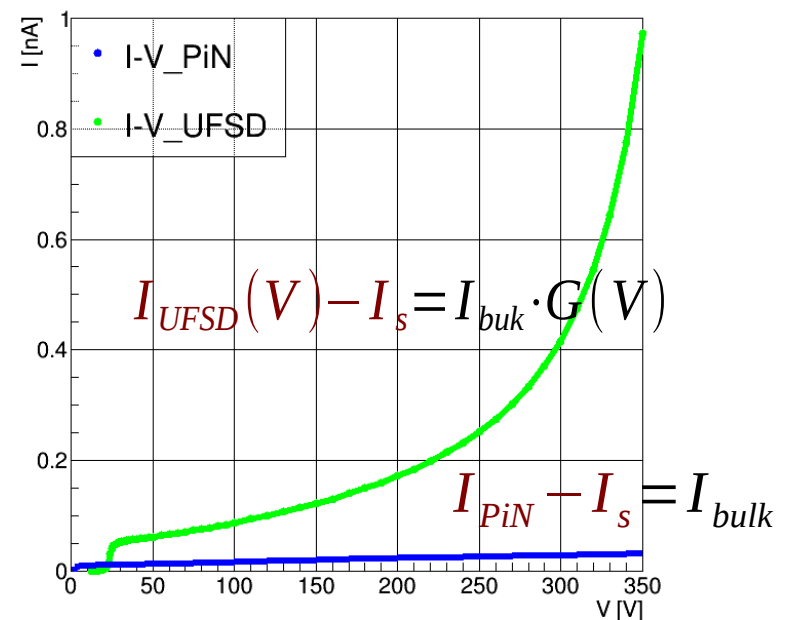
Problema: I_{bulk} è il valore di corrente a che Voltaggio?

Leakage Current

1° STEP: CALCOLO INTERCETTA



2° STEP: GRAFICO RISCALATO



Parametro Alfa

Parametro k

Guadagno

Riepilogo

INDICE:

Rivelatori
UFSD

Percorso

Apparato
Strumentale

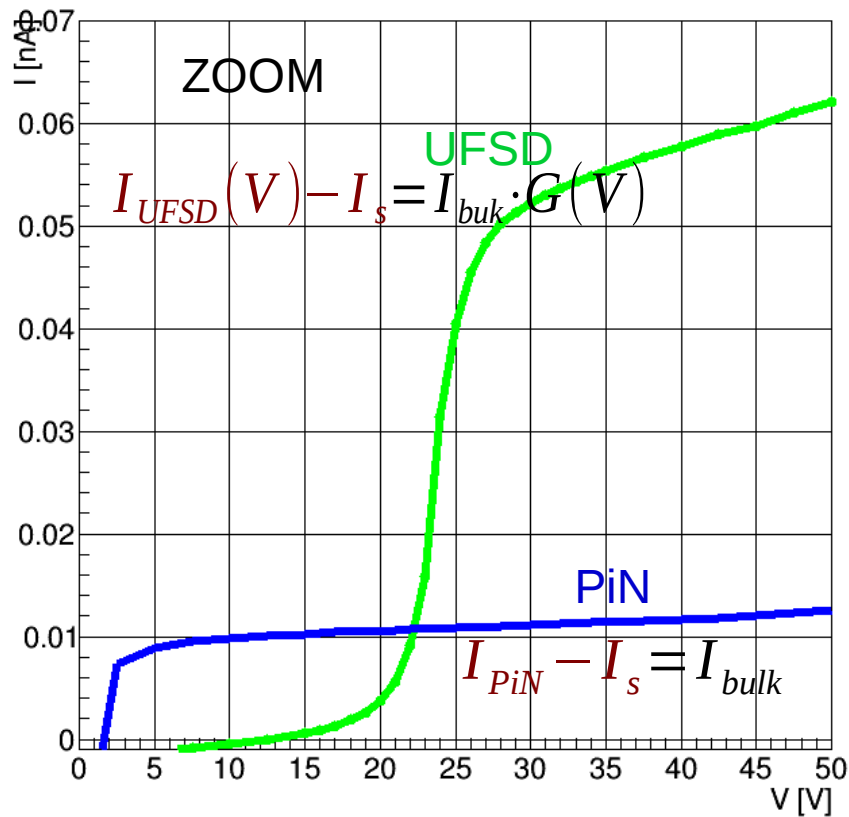
Leakage
Current

Parametro
Alfa

Parametro
k

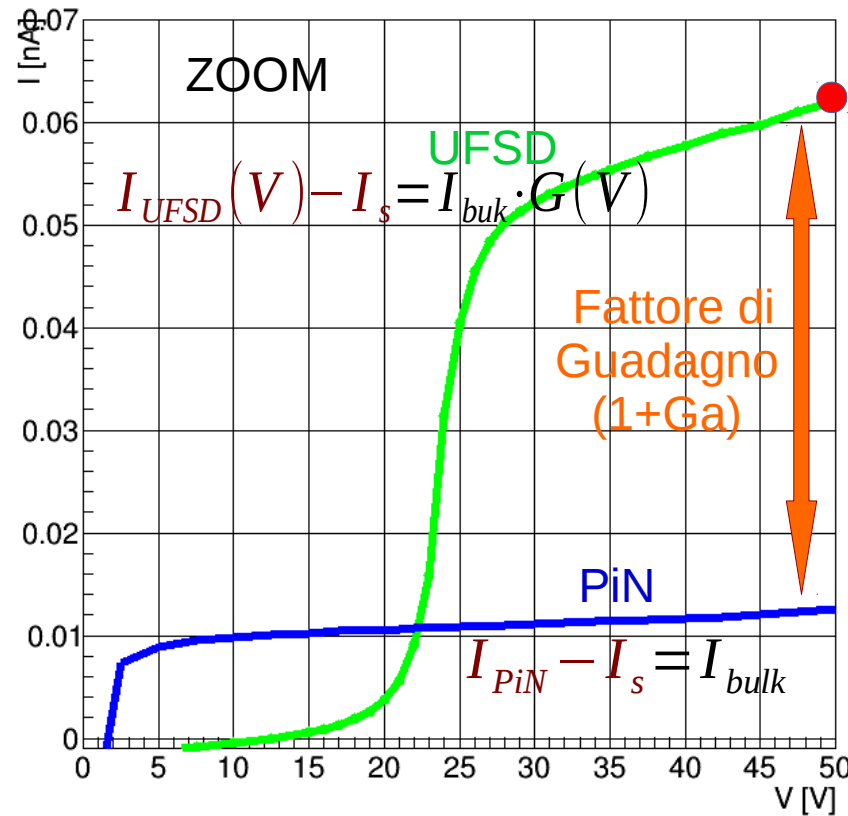
Guadagno

Riepilogo



SOVRAPPOSIZIONE DI 2 FENOMENI:

- 1 I_{bulk} inizialmente non viene raccolta tutta.
- 2 V aumenta \rightarrow Regione di Svuotamento cresce
 - \rightarrow si instaura il campo elettrico nel Layer p++
 - $\rightarrow I_{bulk}$ inizia ad essere moltiplicata.



Il Layer di Guadagno è svuotato
 $I_{bulk} \cdot G(50V) = I_{bulk} \cdot (1+GA)$

SOVRAPPOSIZIONE DI 2 FENOMENI:

- 1 I_{bulk} inizialmente non viene raccolta tutta.
- 2 V aumenta \rightarrow Regione di Svuotamento cresce
 - \rightarrow si instaura il campo elettrico nel Layer p++
 - $\rightarrow I_{bulk}$ inizia ad essere moltiplicata.

INDICE:

Rivelatori UFSD

Percorso

Apparato Strumentale

Leakage Current

Parametro Alfa

Parametro k

Guadagno

Riepilogo

INDICE:

Rivelatori UFSD

Percorso

Apparato Strumentale

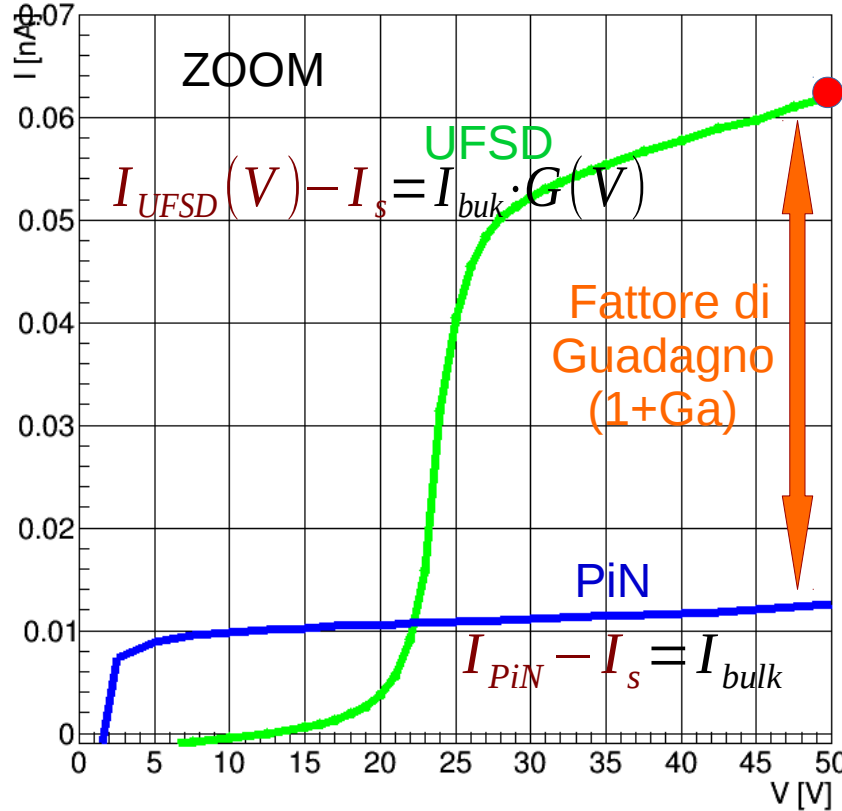
Leakage Current

Parametro Alfa

Parametro k

Guadagno

Riepilogo



Il Layer di Guadagno è svuotato
 $I_{bulk} \cdot G(50V) = I_{bulk} \cdot (1+GA)$

SOVRAPPOSIZIONE DI 2 FENOMENI:

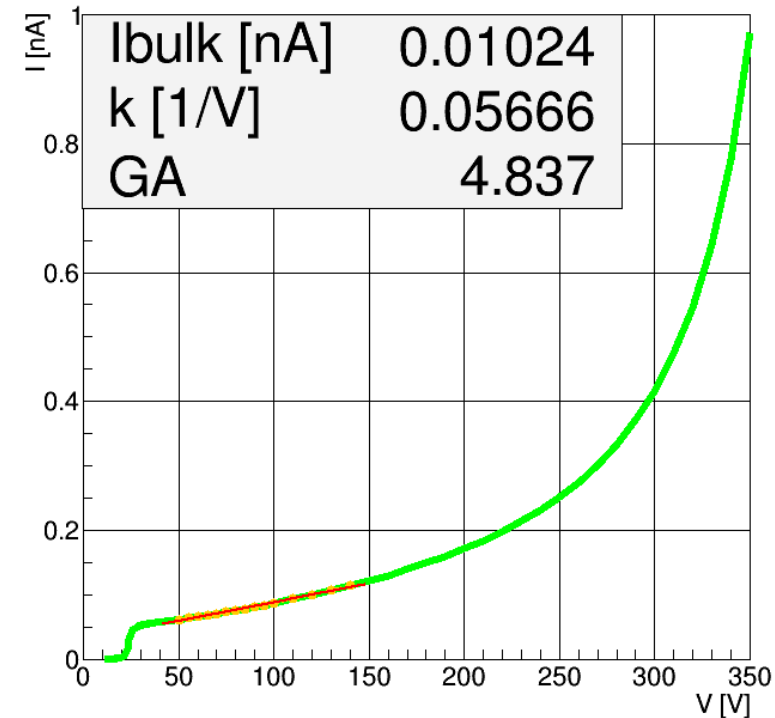
- 1 I_{bulk} inizialmente non viene raccolta tutta.
- 2 V aumenta \rightarrow Regione di Svuotamento cresce
 \rightarrow si instaura il campo elettrico nel Layer p++
 $\rightarrow I_{bulk}$ inizia ad essere moltiplicata.

3° STEP: FIT LINEARE

$$I_{UFSD}(V) - I_s = I_{bulk} \cdot e^{k \cdot V} \approx I_{bulk} \cdot \{ [1 + k(V - 50)] + GA \}$$

-Approssimo l'esponenziale \approx lineare

-Impostando che in corrispondenza di $V=50V$ si abbia: $y(50V) = I_b \cdot (1+GA)$



INDICE:

Confronto

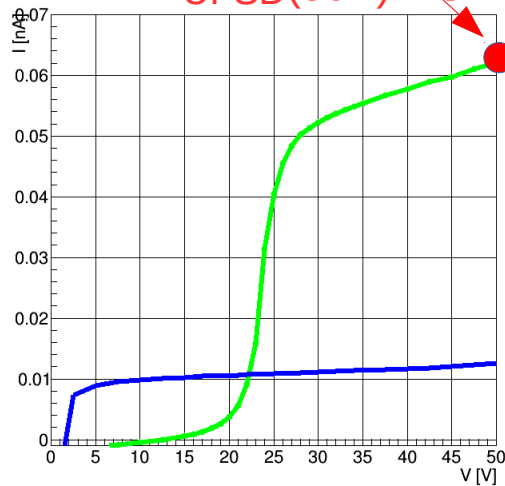
LINEA:
$$G(V) = \frac{I_{UFSD}(V) - I_s}{I_{bulk}} = \frac{I_{UFSD}(V) - I_s}{I_{UFSD}(V=50V) - I_s} \cdot (1+GA)$$

metodo proposto da me utilizzando solo I-V di UFSD

Rivelatori UFSD

Percorso

$I_{UFSD}(50V) - I_s = I_{bulk} \cdot (1+GA) \rightarrow I_{bulk} = \frac{I_{UFSD}(50V) - I_s}{(1+GA)}$



Apparato Strumentale

Leakage Current

Parametro Alfa

Parametro k

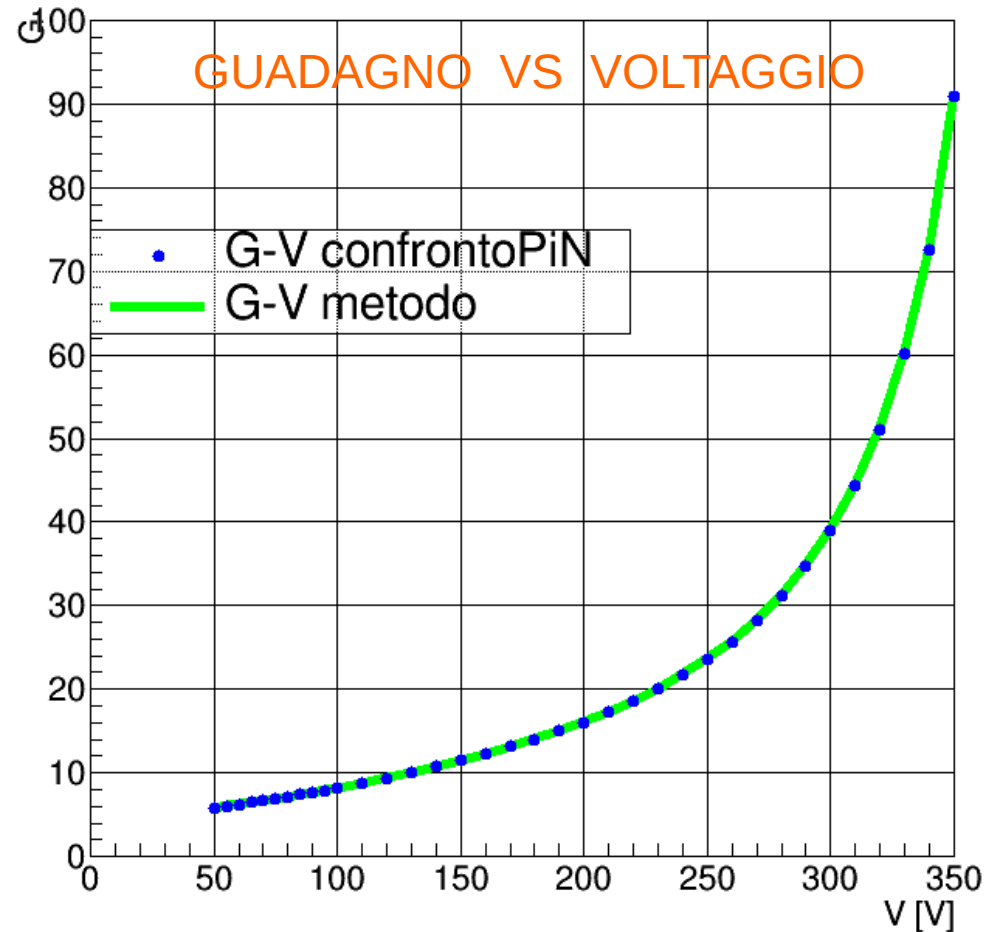
PUNTO:
$$G(V) = \frac{I_{UFSD}(V) - I_s}{I_{Pin}(V) - I_s}$$

metodo tradizionale usando PiN di confronto

➔ **PERFETTO ACCORDO**

Guadagno

Riepilogo



INDICE:

Confronto

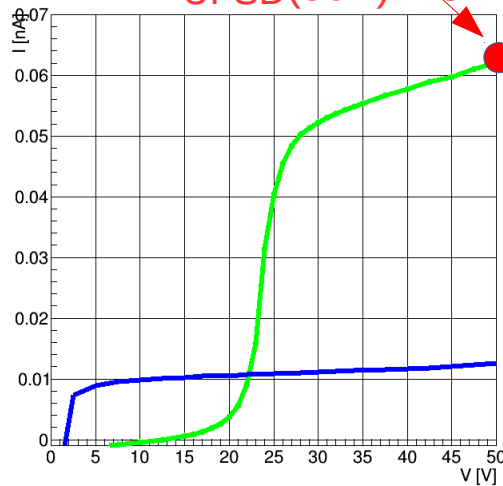
LINEA:
$$G(V) = \frac{I_{UFSD}(V) - I_s}{I_{bulk}} = \frac{I_{UFSD}(V) - I_s}{I_{UFSD}(V=50V) - I_s} \cdot (1+GA)$$

metodo proposto da me utilizzando solo I-V di UFSD

Rivelatori UFSD

Percorso

$$I_{UFSD}(50V) - I_s = I_{bulk} \cdot (1+GA) \rightarrow I_{bulk} = \frac{I_{UFSD}(50V) - I_s}{(1+GA)}$$



Apparato Strumentale

Leakage Current

Parametro Alfa

Parametro k

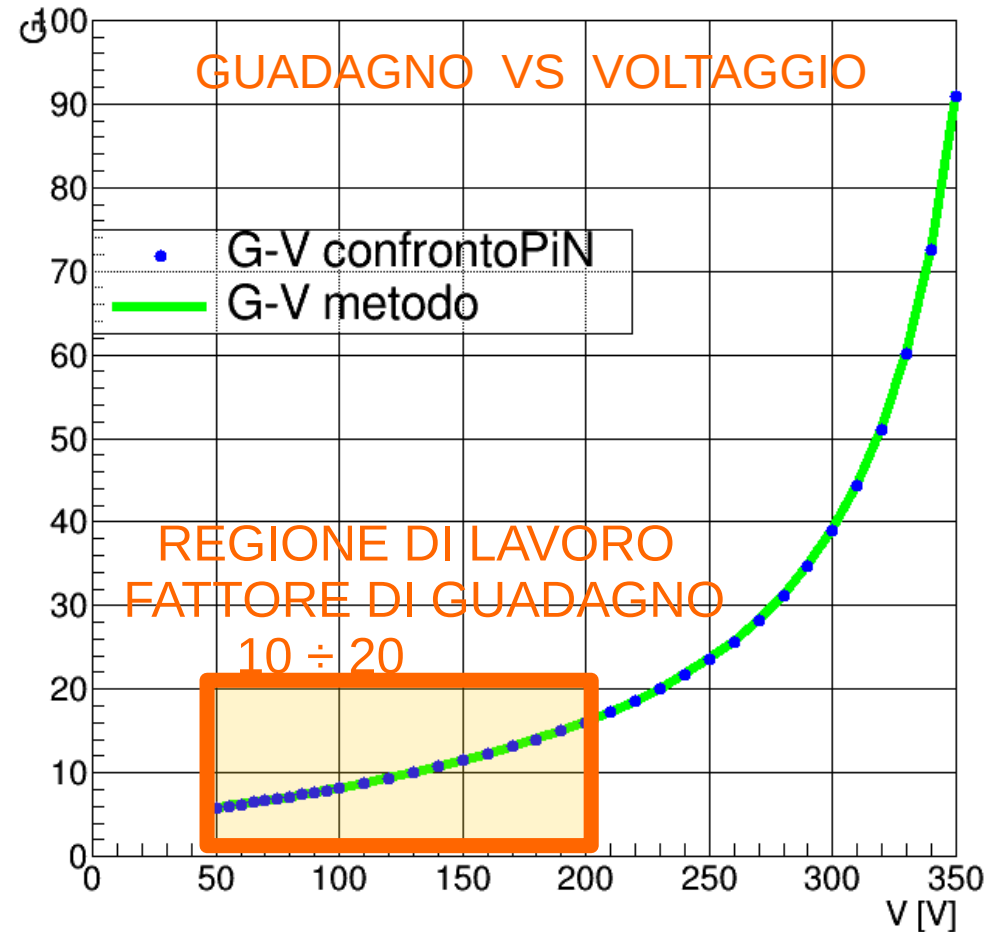
PUNTO:
$$G(V) = \frac{I_{UFSD}(V) - I_s}{I_{Pin}(V) - I_s}$$

metodo tradizionale usando PiN di confronto

Guadagno

Riepilogo

➔ **PERFETTO ACCORDO**

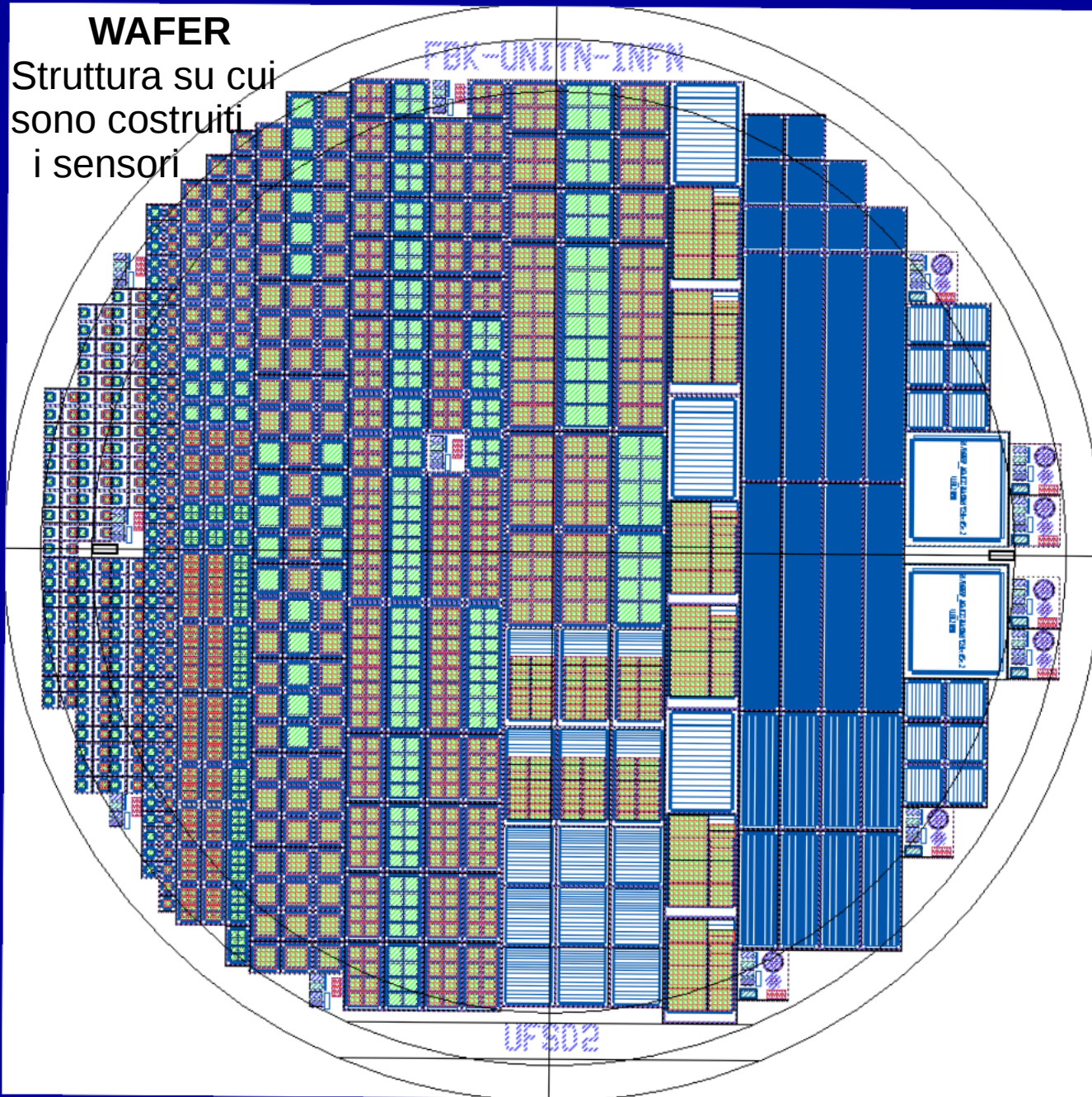


<p>INDICE:</p> <p>Rivelatori UFSD</p> <p>Percorso</p>	<p>α <i>current-related damage rate</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Rappresenta il danno reticolare dovuto dall'irradiazione Si manifesta con un aumento di Leakage Current È utile studiarlo per prevedere quale sarà l'evoluzione della corrente del sensore venendo esso usato per rivelare particelle/fotoni, quindi esposto costantemente a radiazione 	<p>$\alpha = (7.3 \pm 2.0) 10^{-17} \text{ A/cm}$</p>
<p>Apparato Strumentale</p> <p>Leakage Current</p>	<p>k</p> <ul style="list-style-type: none"> Rappresenta il guadagno interno comparando nell'esponenziale Si manifesta costante nell'intervallo considerato È utile studiarlo per prevedere l'evoluzione del guadagno del sensore. Si vorrebbe che non variasse al fine di garantire le caratteristiche di risoluzione temporale. 	<p>È un buon indicatore del Guadagno</p>
<p>Parametro Alfa</p>	<p>G <i>ricavare un metodo che permetta di estrapolare la curva di Guadagno direttamente da una misura I-V SENZA necessitare di Pin di confronto</i></p>	<p>È possibile estrarre G(V) usando le sole I-V</p>
<p>Parametro k</p> <p>Guadagno</p>	<p>Doping</p> <p>Ho estratto il profilo di drogaggio, ovvero la quantità di dopanti nei sensori in funzione dello spessore. Sono state utilizzate curve di capacità.</p>	<p>Confrontati con i profili TEORICI forniti dalle fonderie</p>
<p>Riepilogo</p>	<p>Maps</p> <p>Ho studiato l'uniformità geometrica in corrente e guadagno della nuova produzione Ultra-Fast</p>	<p>Mostrati alla fonderia di Trento</p>

RINGRAZIAMENTI

WAFER

Struttura su cui
sono costruiti
i sensori



GRAZIE

AL GRUPPO UFSD DI TORINO
che ha seguito il mio percorso
e insegnato molto

GRAZIE
A TUTTI
DELL'ATTENZIONE

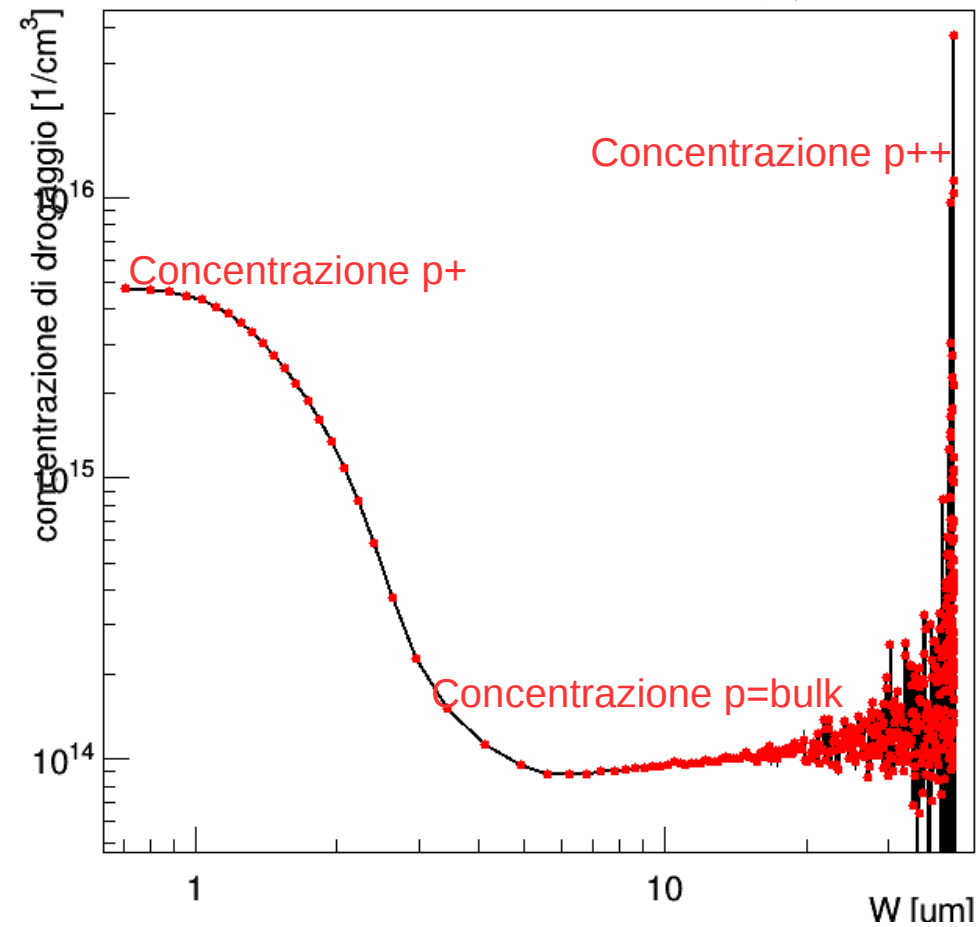
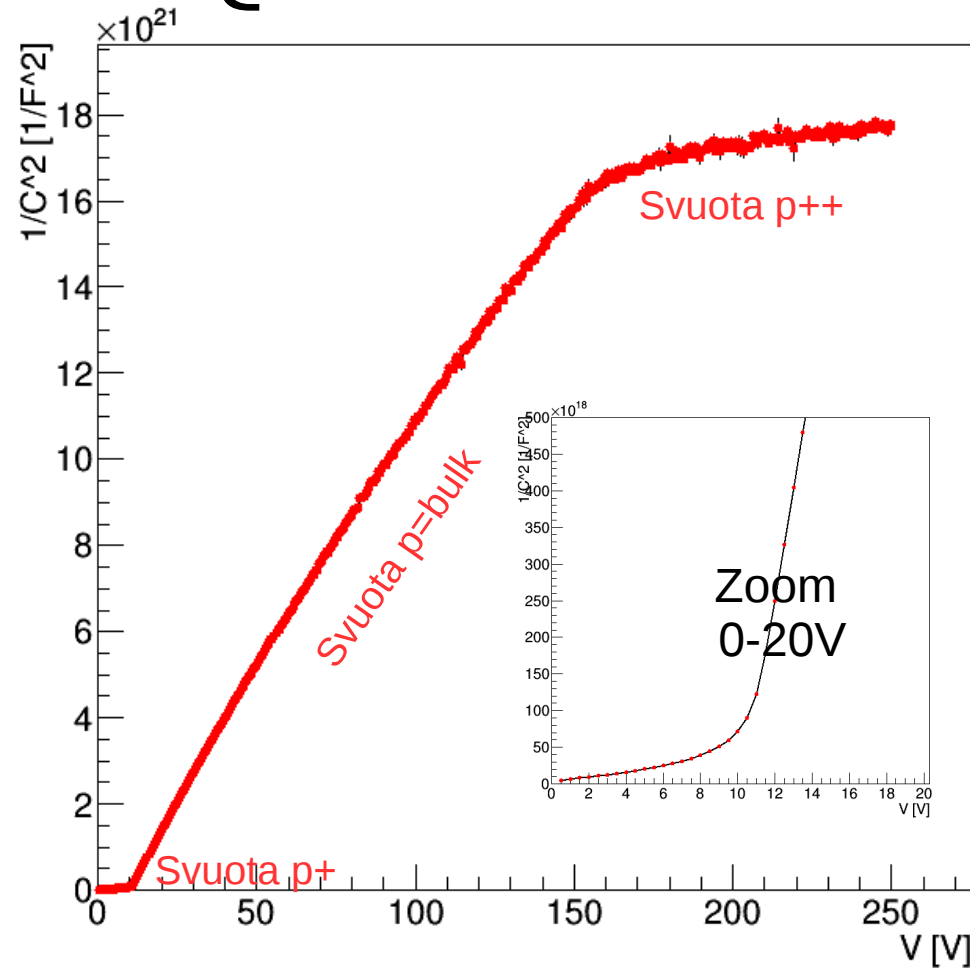
BACKUP: profilo di drogaggio

SENSORE EPITASSIALE 50um

$$\frac{1}{C^2} = \begin{cases} \frac{2 \cdot V}{q \cdot N_A \cdot \epsilon_o \cdot \epsilon_s \cdot A^2} & V < V_{depl} \\ \text{cost} & V > V_{depl} \end{cases}$$

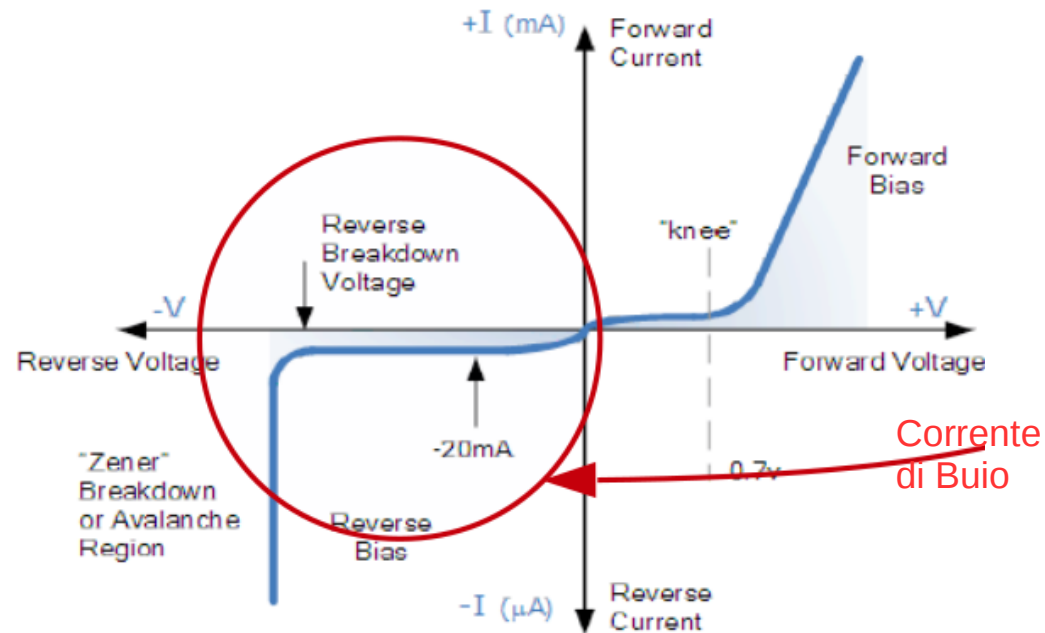
Concentrazione di portatori di carica N in funzione dello Svuotamento W

$$N(W) = \frac{2}{q \cdot \epsilon_o \cdot \epsilon_s \cdot A^2} \cdot \frac{1}{\frac{d(1/C^2)}{dV}}$$



BACKUP: passaggio di una particella

- Rivelatori al silicio tradizionali sono una giunzione p-n utilizzati in polarizzazione inversa



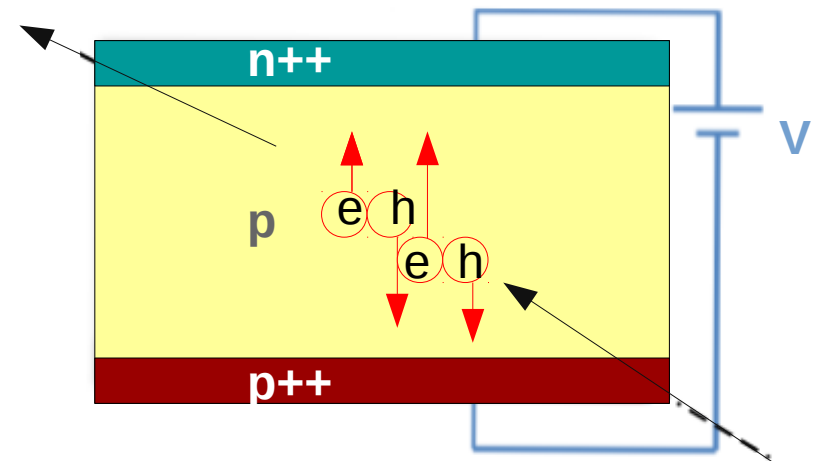
-Utilizzo: Rivelatori di Particelle e Fotoni

Arrivo di una Particella / Fotone

↓
Ionizzazione del Silicio / Creazione di Coppie

↓
coppie elettroni-lacune derivano seguendo le linee di campo

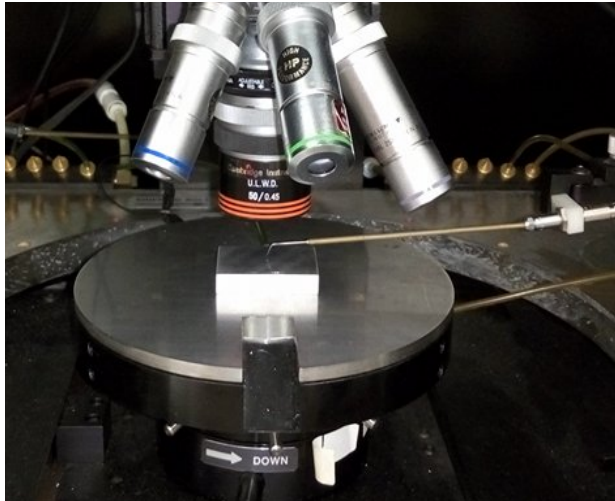
↓
Formazione del segnale



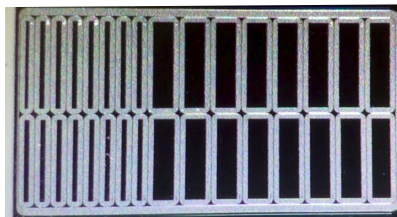
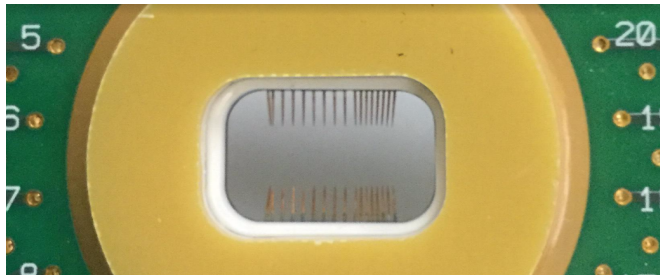
APPARATO SPERIMENTALE

ZOOM

Opzione AGHI



Opzione Probe Card



PROBE STATION

