

Misura della caratteristica I-V di diodi a giunzione p-n al germanio e al silicio

Enrico Barbuio
0001117553

Giacomo Cicala
0001122965

24 novembre 2025

Abstract

L'esperimento ha avuto come obiettivo la realizzazione di un circuito per la misura delle curve caratteristica I-V di due diodi a giunzione p-n, uno al silicio e uno al germanio. I valori della corrente di saturazione inversa e del prodotto del fattore di idealità con la tensione termica per il diodo al silicio sono risultati essere

$$(I_0)_{Si} = (\dots \pm \dots) \text{ mA} \quad (\eta V_T)_{Si} = (\dots \pm \dots) \text{ mV}$$

mentre per il diodo al germanio sono risultati essere

$$(I_0)_{Ge} = (\dots \pm \dots) \text{ mA} \quad (\eta V_T)_{Ge} = (\dots \pm \dots) \text{ mV}$$

Introduzione

Nell'esperimento svolto in laboratorio abbiamo realizzato un circuito (fig. 1) per la misura della caratteristica I-V di due diodi a giunzione p-n a polarizzazione diretta, uno al silicio e uno al germanio. La caratteristica I-V di un diodo non ideale è descritta dall'equazione di Shockley:

$$I = I_0 \left(e^{\frac{V}{\eta V_T}} - 1 \right) \quad (1)$$

dove I è la corrente che attraversa il diodo, V è la tensione ai suoi capi, I_0 è la corrente di saturazione inversa e V_T è la tensione termica. Il termine η è il fattore di idealità: questo tiene conto delle deviazioni del diodo reale rispetto al modello teorico ideale di Shockley, dovute principalmente a fenomeni di generazione termica e ricombinazione all'interno della depletion region.

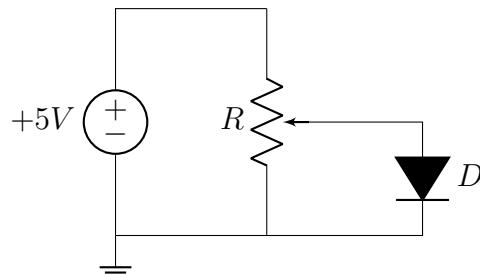


Figura 1: Schema elettrico del circuito utilizzato per la misura della caratteristica I-V di un diodo a giunzione p-n.

Apparato sperimentale e svolgimento

Il circuito (fig. 1) è stato realizzato su una piastra forata (foto?) utilizzando un alimentatore a bassa tensione *TTi EB2025T* impostato a +5V (fig. 2a), un potenziometro da $1\text{ k}\Omega$ e due diodi a giunzione p-n, uno al silicio (codice diodo?) e uno al germanio (uguale). La tensione ai capi del diodo e la corrente che lo attraversa sono state misurate rispettivamente con un oscilloscopio da banco *GW Insteek GOS-652G* (fig. 2b) e da un multmetro *Fluke 175 True RMS Multimeter* (fig. 2c) in modalità amperometro. Prima di verificare l'equazione di Shockley, per testare la calibrazione tra multmetro e oscilloscopio, si è rimosso il diodo (cortocircuitando il ramo) e si sono fatte misure di tensione tra i punti A e B (aggiungere) del circuito (fig. 1) con entrambi gli strumenti, variando il valore del potenziometro. Successivamente, per ricavare le caratteristiche I-V, la resistenza del potenziometro è stata variata in modo da ottenere diverse coppie di valori di tensione e corrente.



Figura 2: Strumentazione usata nell'apparato sperimentale: (a) Alimentatore *TTi EB2025T*; (b) Oscilloscopio *GW Insteek GOS-652G*; (c) Multimetro *Fluke 175 True RMS Multimeter*.

Risultati e discussione

Si riportano in (tab. 1) i valori di tensione misurati con oscilloscopio e multmetro per effettuare la calibrazione degli strumenti.

Le incertezze del multmetro sono state omesse in quanto trascurabili rispetto a quelle dell'oscilloscopio. La risoluzione dell'oscilloscopio (e quindi l'errore sulla lettura) σ_l è stata calcolata come

$$\sigma_l = \frac{F.S}{5} * (\# \text{tacchette apprezzabili}) \quad (2)$$

dove in questo caso, in tutte le misure dell'esperimento, il numero di tacchette apprezzabili è stato 0.5. Infine, l'errore totale associato ad ogni misura di tensione con l'oscilloscopio è stato calcolato come

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_l)^2 + (\sigma_c)^2} \quad (3)$$

dove l'errore del costruttore è

$$\frac{\sigma_c}{V_{mis}} = 3\% \quad (4)$$

Tensioni multimetero (mV)	Tensioni oscilloscopio (mV)	F.S oscilloscopio (mV/Div)	Risoluzione oscilloscopio (mV)	Errori oscilloscopio (mV)
56.80	52.0	20	2	2.585 265 94
145.30	140.0	50	5	6.549 045 73
228.80	220.0	50	5	8.295 179 32
298.00	300.0	100	10	13.462 912
377.30	380.0	100	10	15.172 672 8
453.70	460.0	100	10	17.049 633 4
531.60	540.0	100	10	19.044 421 8
635.2	640.0	200	20	27.728 865 8
709.0	720.0	200	20	29.441 637 2
815.0	800.0	200	20	31.244 999 6

Tabella 1: Tabella (numeri a caso, ricontrolla, mettere simboli titoli?, cifre decimali?).

con V_{mis} tensione misurata; l'errore sullo zero dell'oscilloscopio è stato trascurato in quanto si è verificato che fosse molto più piccolo rispetto agli altri errori, grazie ad un opportuno fondo scala.

Eseguendo un fit lineare dei dati di calibrazione (fig. 3)

$$V_{osc} = a + b \cdot V_{mult} \quad (5)$$

si è ottenuta la seguente relazione tra le due misure di tensione

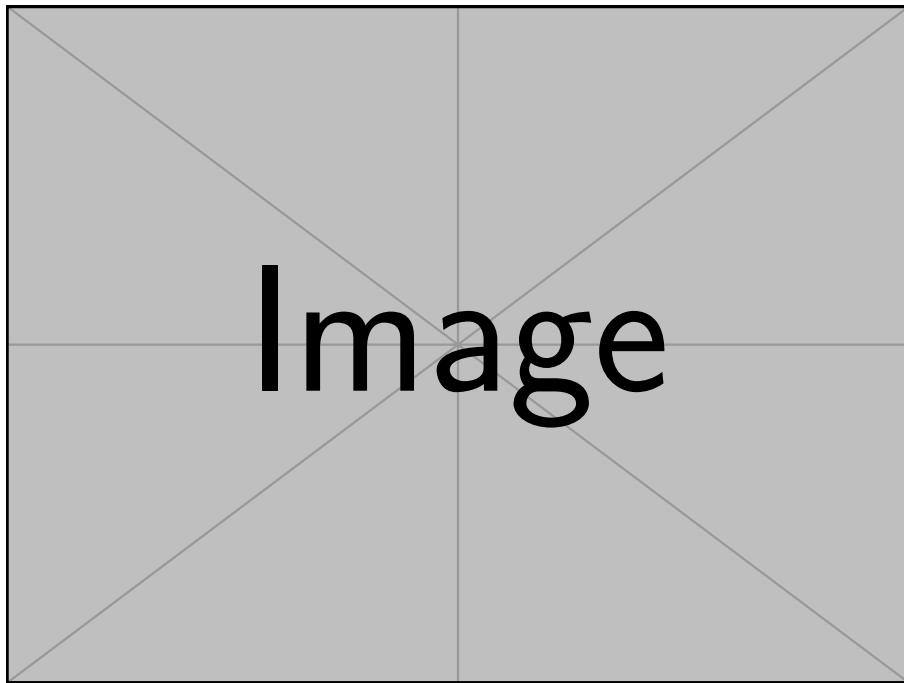


Figura 3: Fit lineare dei dati di calibrazione tra multimetero e oscilloscopio.completare

I parametri del fit

$$a = \dots \pm \dots \text{ mV} \qquad b = \dots \pm \dots$$

indicano che il coefficiente angolare è compatibile con l'unità, mentre l'intercetta non è compatibile con lo zero, indicando un offset che sarà poi corretto nelle misure successive di tensione con l'oscilloscopio.

Conclusioni

A Appendici