

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

Enrico Barbuio
0001117553

Giacomo Cicala
0001122965

25 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.

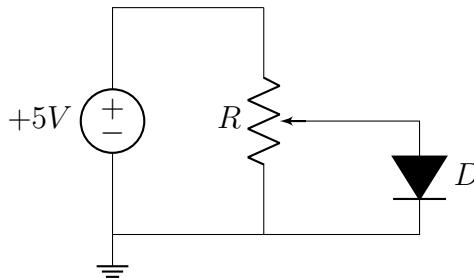


Figura 1: Schema elettrico del circuito utilizzato per la misura della caratteristica I-V di un diodo a giunzione p-n.

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 k Ω 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 Instek GOS-652G* (fig. 2b) e da un multimetro *Fluke 175 True RMS Multimeter* (fig. 2c) in modalità amperometro. Prima di verificare l'equazione di Shockley, per testare la calibrazione tra multimetro 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 dei diodi, 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 Instek GOS-652G*; (c) Multimetro *Fluke 175 True RMS Multimeter*.

Risultati e discussione

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

Le incertezze del multimetro 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

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

dove l'errore del costruttore è

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

V_{mult} (V)	V_{osc} (V)	$F.S._{osc}$ (V/div)	σ_l (V)	σ_{osc} (V)
0.0568	0.052	0.02	0.002	0.003
0.1453	0.140	0.05	0.005	0.007
0.2288	0.220	0.05	0.005	0.008
0.2980	0.300	0.10	0.010	0.013
0.3773	0.380	0.10	0.010	0.015
0.4537	0.460	0.10	0.010	0.017
0.5316	0.540	0.10	0.010	0.019
0.6350	0.64	0.20	0.020	0.03
0.7090	0.72	0.20	0.020	0.03
0.8150	0.80	0.20	0.020	0.03

Tabella 1: Coppie di punti di tensione misurate con multimetro e oscilloscopio. La prima colonna riporta la tensione misurata con il multimetro, la seconda quella misurata con l'oscilloscopio, la terza il fondo scala dell'oscilloscopio, la quarta la risoluzione dell'oscilloscopio e l'ultima l'errore totale associato alla misura con l'oscilloscopio.

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 di 5mV/Div.

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

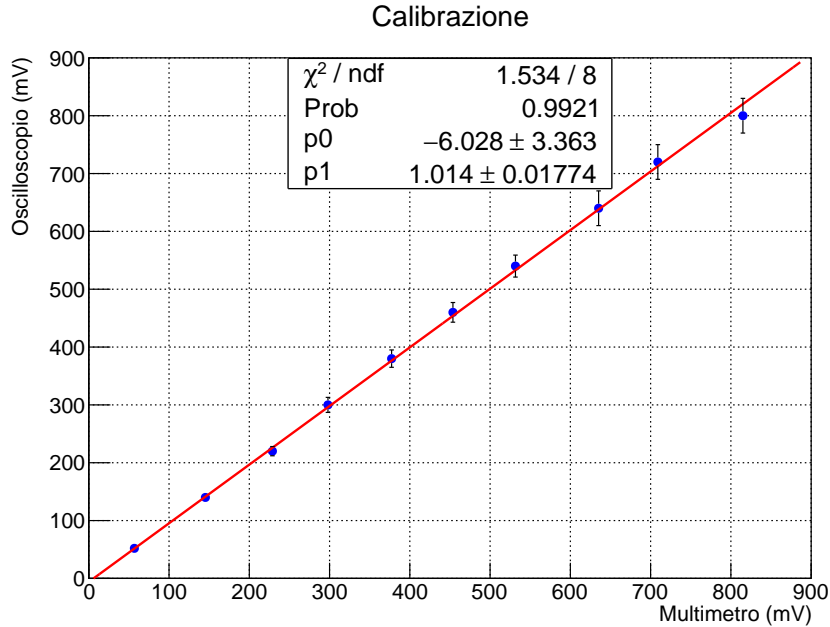


Figura 3: Fit lineare dei dati di calibrazione tra multimetro e oscilloscopio. Sulle ascisse sono riportati i valori di tensione misurati con il multimetro, sulle ordinate quelli misurati con l'oscilloscopio.

I parametri del fit

$$a = -6 \pm 3 \text{ mV} \qquad b = 1.014 \pm 0.017$$

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