

Esercitazione n° 9:

Matteo Farronato

Corso di Optoelettronica A.A. 2022/2023

26 Maggio 2023

Esercizio 1

Si consideri un fotodiode n^+p in silicio con le seguenti caratteristiche:

- Drogaggio dello strato superficiale n^+ : $N_D = 10^{20} \text{ cm}^{-3}$;
 - Drogaggio della regione di substrato $N_A = 2 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$;
1. A partire dall'andamento spettrale del coefficiente di assorbimento del silicio mostrato in Fig.1, determinare la tensione inversa necessaria affinché il fotodiode possa rivelare la radiazione visibile.
 2. Illustrare i principali limiti di un rivelatore pn.

Si consideri ora un fotodiode pin in silicio caratterizzato da un layer intrinseco debolmente drogato n ($N_\nu = 5 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-3}$) di spessore $W = 20 \text{ }\mu\text{m}$. Sia $d = 0.4 \text{ mm}$ il diametro della superficie fotosensibile.

Sulla superficie del rivelatore, priva di trattamento antiriflesso, incide una radiazione di lunghezza d'onda $\lambda_0 = 800 \text{ nm}$ la cui potenza ottica $P_0 = 140 \text{ nW}$ determina una corrente fotogenerata $I_{ph} = 50 \text{ nA}$.

3. Determinare la polarizzazione inversa richiesta ai capi del fotodiode per rendere minimo il tempo di transito dei portatori fotogenerati nella zona svuotata.
4. Calcolare il tempo di risposta del rivelatore sapendo che quest'ultimo è connesso ad un carico di resistenza $R_L = 50 \text{ }\Omega$.
5. Determinare lo spessore della regione intrinseca per cui il tempo di risposta risulta minimo.
6. Calcolare lo spessore x_p della zona quasi-neutra superficiale.

DATI AGGIUNTIVI

Concentrazione intrinseca: $n_i = 1.45 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$

Campo elettrico di saturazione: $F_{sat} = 20 \frac{\text{kV}}{\text{cm}}$

Velocità di saturazione dei portatori: $v_{sat} = 10^7 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$

Campo elettrico di breakdown: $F_{BD} = 200 \frac{\text{kV}}{\text{cm}}$

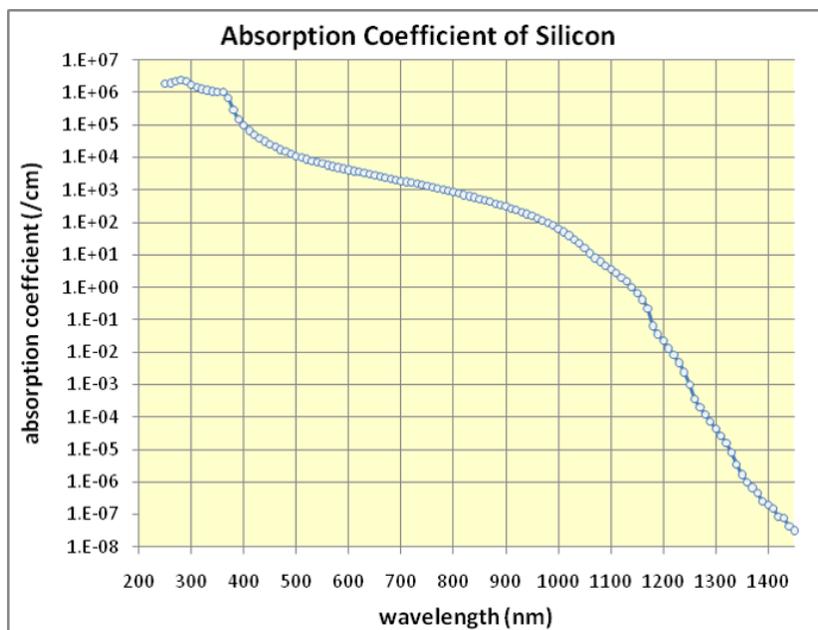


Figura 1 Curva del coefficiente di assorbimento del Silicio in funzione della lunghezza d'onda.

Esercizio 2

Si consideri un rivelatore APD in silicio la cui struttura, riportata in Figura 2, prevede una regione p avente spessore $W_p = 1.5 \mu\text{m}$ e drogaggio $N_{A,p} = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ed una regione intrinseca di spessore $W_\pi = 20 \mu\text{m}$ e drogaggio $N_{A,\pi} = 10^{14} \text{ cm}^{-3}$.

1. Determinare la tensione inversa richiesta ai capi del rivelatore affinché il campo elettrico massimo nella zona p sia uguale a $325 \frac{\text{kV}}{\text{cm}}$.
2. Calcolare il rapporto $k = \frac{\alpha_h}{\alpha_e}$, dove α_e e α_h sono i coefficienti di ionizzazione rispettivamente degli elettroni e delle lacune.
3. Calcolare il guadagno di moltiplicazione M_e assumendo $k = 0$.
4. Calcolare il guadagno di moltiplicazione M considerando l'impatto delle lacune sul processo di moltiplicazione a valanga.
5. Stimare il tempo di risposta del rivelatore APD e si confronti il valore ottenuto con il tempo di risposta di un fotodiode *pin*.

DATI AGGIUNTIVI

Costanti per calcolare α_e : $A_e \simeq 0.740 \cdot 10^6 \text{ cm}^{-1}$, $B_e \simeq 1.16 \cdot 10^6 \text{ V cm}^{-1}$

Costanti per calcolare α_h : $A_h \simeq 0.725 \cdot 10^6 \text{ cm}^{-1}$, $B_h \simeq 2.2 \cdot 10^6 \text{ V cm}^{-1}$

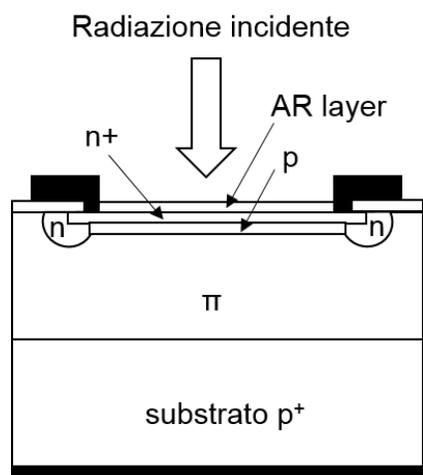


Figura 2 Struttura schematica di un rivelatore APD