

Übungsblatt 9

Aufgabe 1) p-i-n-Diode

Eine p-i-n-Fotodiode besteht aus einem $w_i = 10\ \mu\text{m}$ langen undotierten Gebiet, das sich zwischen einem p- und n-Gebiet von jeweils $500\ \text{nm}$ Länge befindet, siehe Figur 1. Die Dotierstoffkonzentrationen im p- und n-Gebiet sind $n_D = n_A = 5 \times 10^{16}\ \text{cm}^{-3}$. Die Metallkontakte an beiden Seiten sind ohmsche Kontakte und über den Außenkreis leitend miteinander verbunden. Die Eigenleitungsträgerdichte ist $n_i = 1,5 \times 10^{10}\ \text{cm}^{-3}$ und es gilt Störstellenerschöpfung.

Der Einfluss der Metallkontakte ist vernachlässigbar. Für die RLZ in den dotierten Bereichen kann die Schottky-Näherung angenommen werden. Die Dielektrizitätskonstante des Halbleiters ist $\epsilon_r = 12$, und der Betrieb sei bei Raumtemperatur $T = 300\ \text{K}$.

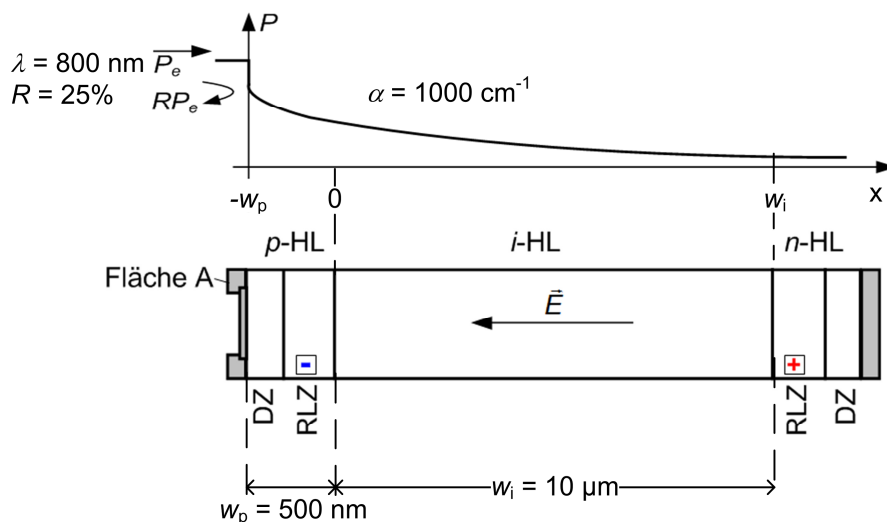


Fig 1: p-i-n-Diode. Oben: Optischer Leistungsabfall über die Tiefe. Unten: Querschnittszeichnung der p-i-n-Diode.

- Wie groß ist die Diffusionsspannung zwischen n- und p- Gebiet?
- Leiten Sie einen formalen Ausdruck für den Verlauf des elektrischen Feldes über der Ortskoordinate x ($x = 0$ sei am p-i-Übergang) her. Verwenden Sie dabei die zunächst noch unbekannten Parameter l_n und l_p für die Ausdehnungen der Raumladungszone im n- und p-Bereich. Skizzieren Sie den Verlauf des elektrischen Feldes als Funktion des Ortes x .
- Berechnen Sie die Ausdehnungen l_n und l_p der beiden Raumladungszonen in die dotierten Bereiche? Wie groß ist die maximal auftretenden Feldstärke $E_{\max}$?
- Welcher Vorteil ergibt sich für die p-i-n-Diode als Fotodiode gegenüber einer p-n-Diode ohne i-Schicht?

In der undotierten Zone werden durch Lichteinstrahlung ($P = 100\ \mu\text{W}$, $\lambda = 800\ \text{nm}$) Ladungsträgerpaare erzeugt, so dass sich ein stationärer Strom einstellt. Der Absorptionskoeffizient der Materials beträgt $\alpha = 1000\ \text{cm}^{-1}$.

- Berechnen Sie den Quantenwirkungsgrad η und die Empfindlichkeit (Responsivity) $\mathcal{R}$ der Fotodiode. Welcher Strom stellt sich bei einer einfallenden Leistung von $100\ \mu\text{W}$ ein?

Aufgabe 2) Varaktordiode

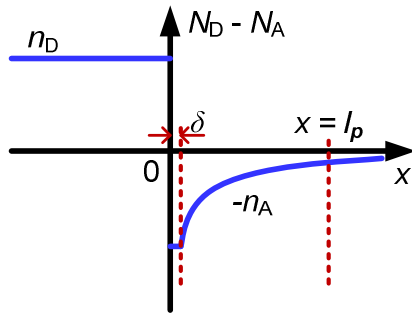


Fig. 2: Dotierprofil der Varaktor Diode

$$N_D - N_A = \begin{cases} n_D & x < 0 \\ -K \cdot \delta^{-3/2} & 0 \leq x \leq \delta \\ -K \cdot x^{-3/2} & \delta < x \end{cases}$$

Eine in Sperrrichtung gepolte n^+p -Siliziumdiode wird als variable Kapazität in einer HF-Schaltung eingesetzt. Die Raumladungszone im p-dotierten Gebiet erstreckt sich bis zu $x = l_p$, wobei $l = l_n + l_p$ die Länge der gesamten Raumladungszone bezeichnet. Die Länge l_n RLZ im n^+ -Gebiet sei wegen $n_A \gg n_D$

vernachlässigbar klein und es gilt $l \approx l_p \gg \delta$.

- Bestimmen Sie die ortsabhängige Feldstärke $E(x)$ im Bereich $\delta < x \leq l$. Nutzen Sie dabei die Tatsache, dass das E-Feld außerhalb der Raumladungszone verschwindet, d.h. $E(x) = 0$ für $x > l$.
- Bestimmen Sie das ortsabhängige elektrische Potential $\varphi(x)$ im Bereich $\delta < x \leq l$. Es soll $\lim_{\delta \rightarrow 0} \varphi(\delta) = 0$ gelten. Zeigen Sie, dass für das Potential $\varphi(l)$ am rechten Rand folgende Beziehung gilt:

$$\varphi(l) = -\frac{2eK}{\epsilon_0 \epsilon_r} \sqrt{l}$$

- Das Potential am rechten Rand der Raumladungszone entspricht der Differenz zwischen der angelegten Spannung U und der Diffusionsspannung U_D , $-\varphi(l) = U_D - U$. Berechnen Sie daraus die Sperrschichtkapazität $C_s = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{l}$ in Abhängigkeit von $U_D - U$.
- Berechnen Sie die Resonanzfrequenz eines Reihenschwingkreis bestehend aus einer Induktivität L und einer in Sperrrichtung vorgespannten Varaktordiode mit der Sperrschichtkapazität C_s in Abhängigkeit von $U_D - U$.



Ein fröhliches Weihnachtsfest wünscht das HLB-Team!

Die nächsten Termine:

- 9. Januar 2015: Erste Vorlesung im neuen Jahr
- 13. Januar 2015: Erstes Tutorium im neuen Jahr
- 16. Januar 2015: Erste Übung im neuen Jahr