

## Übungsblatt 9

### Aufgabe 1) p-i-n-Diode

Ein  $w_i = 10 \mu\text{m}$  langes undotiertes Gebiet befindet sich zwischen einem p- und n-Gebiet von jeweils  $500 \text{ nm}$  Länge, siehe Figur 1. Die Dotierstoffkonzentrationen im p- und n-Gebiet sind  $n_D = n_A = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ . Die Metallkontakte an beiden Seiten sind ohmsche Kontakte und über den Außenkreis leitend miteinander verbunden. Die Eigenleitungsträgerdichte ist  $n_i = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$  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  $T = 300 \text{ K}$ .

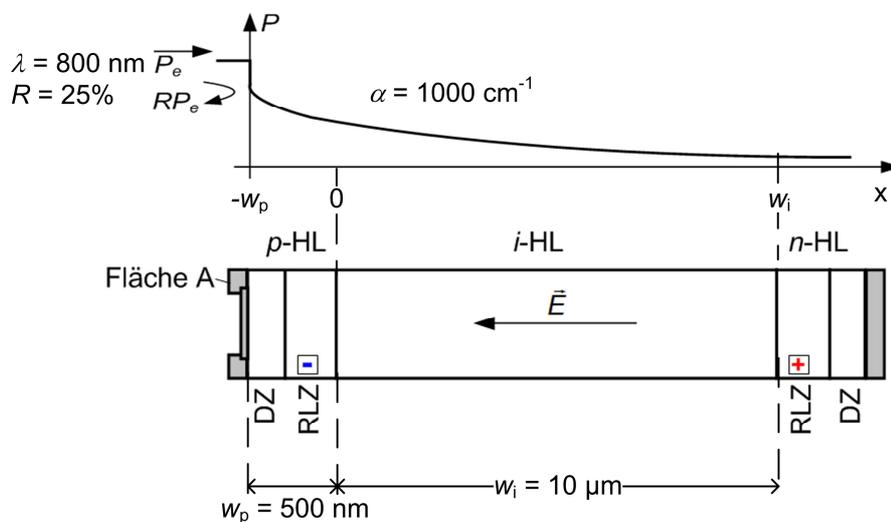


Fig 1: p-i-n-Diode. Oben: Optischer Leistungsabfall über die Tiefe. Unten: Querschnittszeichnung der pin-Diode.

- Wie groß ist die Diffusionsspannung zwischen n- und p- Gebiet?
- Berechnen und skizzieren Sie den Verlauf des elektrischen Feldes über der Ortskoordinate  $x$  ( $x = 0$  sei am p-i-Übergang), in Abhängigkeit von den Weiten der Raumladungszonen.
- Wie weit erstrecken sich die beiden Raumladungszonen in die dotierten Bereiche? Wie groß ist die maximal auftretenden Feldstärke  $E_{\text{max}}$ ?
- Welcher Vorteil ergibt sich für die pin-Diode als Photodiode gegenüber einer pn-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  $\eta$  und die Empfindlichkeit (Responsivity)  $R$  der Photodiode. Welcher Strom stellt sich bei einer einfallenden Leistung von  $100 \mu\text{W}$  ein?

Aufgabe 2) Varaktordiode

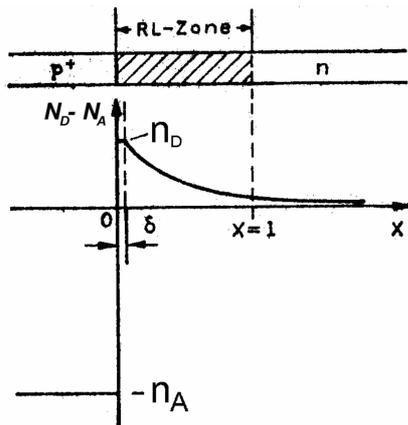


Fig. 2: Dotierprofil der Varaktor Diode

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

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

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

- 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:

$$\varphi(l) = \frac{2eK}{\epsilon_0 \epsilon_r} \sqrt{l} \tag{1.1}$$

- 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  $U_D - U$ .