

Aufgabenblatt 12
Donnerstag 15¹⁵ – 16⁴⁵

Sascha Reinhardt

30. Januar 2000

1 p-n-Übergang ohne äußere Spannung

Es ist gegeben:

$$\begin{aligned}\varepsilon_r &= 12 \\ n_A &= 10^{23} m^{-3} \\ n_D &= 10^{22} m^{-3} \\ n_i &= 1,6 \cdot 10^{16} m^{-3}, \text{ bei } T = 300K\end{aligned}$$

Aus der Vorlesung sind folgende Beziehungen bekannt:

$$eV_D = E_g - k_B T \ln \left(\frac{N_L N_V}{n_D n_A} \right) \quad (1)$$

$$N_L N_V = np \exp \left(\frac{E_g}{k_B T} \right), \text{ wobei } n = p = n_i \quad (2)$$

Nun wird 2 in 1 eingesetzt, wodurch dann das E_g rausfliegt und man folgenden Ausdruck erhält:

$$eV_D = k_B T \ln \left(\frac{n_A n_D}{np} \right) \quad (3)$$

$$V_D = k_B T \ln \left(\frac{n_A n_D}{np} \right) \frac{1}{e} \quad (4)$$

Nach einsetzen aller Werte in 4 erhält man als Diffusionsspannung:

$$V_D = 0,75V$$

Die Dicken der Raumladungszonen sind gegeben durch:

$$d_n = \sqrt{\frac{2\varepsilon_r \varepsilon_0}{e} V_D \frac{\frac{n_A}{n_D}}{n_A + n_D}} \quad (5)$$

$$d_p = \sqrt{\frac{2\varepsilon_r \varepsilon_0}{e} V_D \frac{\frac{n_D}{n_A}}{n_A + n_D}} \quad (6)$$

Nach einsetzen der Werte:

$$\begin{aligned}d_n &= 0,30\mu m \\ d_p &= 0,03\mu m\end{aligned}$$

2 p-n-Übergang unter äußere Spannung

Es ist gegeben:

$$\begin{aligned}j_s &= 5 \cdot 10^{-11} A, \text{ bei } T = 22^\circ C = 295,15 K \\U &= 0,5 V\end{aligned}$$

In der Vorlesung wurde folgende Formel hergeleitet:

$$j(U) = j_s \left(\exp \left(\frac{eU}{k_B T} \right) - 1 \right) \quad (7)$$

Nach einsetzen der Werte:

$$j(0,5V) = 17,3 mA$$

3 Beleuchteter p-n-Übergang (Siliziumsolarzelle)

Die dicke der Raumladungszone ist typischer Weise

$$d = 0,5\mu\text{m}.$$

Die Anzahl N der Siliziumatome im aktiven Volumen:

$$N = N_0 A d \quad (8)$$

$$N_0 = 5 \cdot 10^{22} \text{cm}^{-3}, \text{ aus Kittel} \quad (9)$$

$$A = \text{aktive Fläche} = 1 \text{cm}^2 \quad (10)$$

$$\Rightarrow N = 2,5 \cdot 10^{18}$$

Es wird also ein Strom I_L erzeugt.

$$I_L = \eta N \quad (11)$$

$$\eta = 0,1 \frac{\text{C}}{\text{s}} \quad (12)$$

$$\Rightarrow I_L = 0,04 \text{A}$$

Der Gesamtstrom ist gegeben durch

$$I = I_s \left(\exp\left(\frac{eU}{k_B T}\right) - 1 \right) - I_L \quad (13)$$

Kurzschlußstrom I_k Hier ist $U = 0 \text{V}$ und damit ist I_k dem Betrage nach

$$I_k = I_L = 0,04 \text{A}$$

Leerlaufspannung U_L Hier ist $I = 0 \text{A}$ und man kann 13 nach U auflösen. Man erhält:

$$U = \frac{k_B T}{e} \ln\left(\frac{I_L}{I_s}\right) \quad (14)$$
$$\Rightarrow U_L = U = 0,52 \text{V}$$

Die Leistung ist gegeben durch:

$$P(U) = UI \quad (15)$$

$$= U \left(I_s \left(\exp\left(\frac{eU}{k_B T}\right) - 1 \right) - I_L \right) \quad (16)$$

Bei $U \approx 0,45 \text{V}$ hat $P(U)$ ein Extremum, in diesem Bereich ist also die optimale Arbeitsspannung.