

Anmerkung: Die nächste Übung findet im Raum -1.22 statt!

Aufgabe 1) Boltzmann Randbedingung.

Zeigen Sie, wie man von den Minoritätsträger-Randkonzentrationen im thermodynamischen Gleichgewicht auf die Boltzmann Randbedingung kommt.

Aufgabe 2) Quasi-Ferminiveau.

Bei einer integrierten *Si*-Diode mit vernachlässigbarer Generation in der RLZ wird bei Sperrpolung ein Strom von 10 fA gemessen. Wie groß ist der Strom durch die Diode, wenn sich gegenüber dem thermodynamischen Gleichgewicht durch Anlegen einer äußeren Spannung die Energiedifferenz zwischen den waagerechten Verläufen von W_C im p- und n-Gebiet um 0,7 eV verringert.

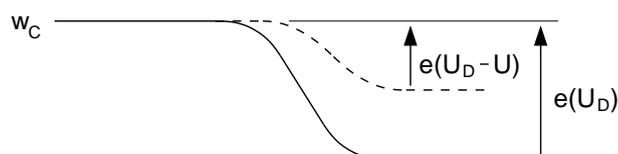


Abbildung 1: Verlauf der Energiedifferenzen.

Aufgabe 3) Bahngebiete, Betriebsbereich, Ladungsträgerdichten.

Gegeben ist ein npn-Si-Bipolar-Transistor bei 300 K mit den folgenden Werten:

- Effektiver homogener vom Strom durchflossener Querschnitt:
 $A = 20 \mu\text{m}^2$
- $L_n = L_p = 50 \mu\text{m}$
- Rechteckprofil-Dotierung mit

$$\begin{array}{ll} N_E = 10^{20} \text{ cm}^{-3} & 0 \leq x < x_{je} \\ N_B = 10^{17} \text{ cm}^{-3} & x_{je} \leq x \leq x_{jc} \\ N_C = 10^{15} \text{ cm}^{-3} & x_{jc} < x < x_k \end{array}$$

mit

$$x_{je} = 2 \mu\text{m}$$

$$x_{jc} = 4 \mu\text{m}$$

$$x_k = 8 \mu\text{m}$$

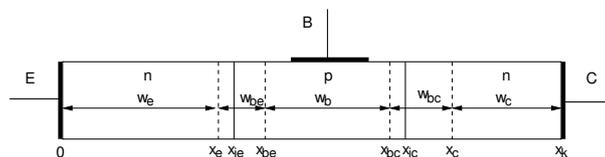


Abbildung 2: npn-Bipolar-Transistor.

Fehlende Werte können aus der Literatur oder aus dem Skript entnommen werden. z.B. μ_n, μ_p aus Tab. 2.5.

- Wie groß sind die Bahngebiete w_e, w_b, w_c , sowie die RLZ-Weiten w_{be}, w_{bc} des Transistors im thermodynamischen Gleichgewicht?
- Der Transistor befindet sich im Arbeitspunkt $U_{BE} = 800 \text{ mV}$ und $U_{BC} = -1 \text{ V}$. In welchem Betriebsbereich befindet sich der Transistor?
- Welche Form besitzen die Minoritätsträgerverläufe in den Bahngebieten bei logarithmischer Darstellung ($\log n_p(x), \log p_n(x)$) und bei linearer Darstellung? Ist in allen Bahngebieten die Berechnung mit Hilfe der Näherungen für die kurze Diode möglich?
- Berechnen Sie die Sättigungsströme I_{es}, I_{bs}, I_{cs} des Transistors sowie seine Stromverstärkungen B_F und B_R .
- Welchen Wert besitzen die Ströme I_{CE}, I_{EC} des Transferstrom-Modells im Arbeitspunkt unter b)? Wie groß sind I_B, I_E und I_C an den Klemmen des Transistors? Wie groß ist demnach die Stromverstärkung $B = \frac{I_C}{I_B}$?
- Bestimmen und zeichnen Sie die Kennlinien $I_C(U_{CE}), I_C(I_B), I_B(U_{BE})$ mit $U_{BE} = 0 \dots 850 \text{ mV}$. Wählen Sie in der Darstellung für U_{BE} eine geeignete Schrittweite. Nehmen Sie zur Vereinfachung der Berechnung $\alpha_T = 1$ an und vernachlässigen Sie die Nettorekombination in den Raumladungszonen. Für die Early-Spannung soll näherungsweise $U_A \rightarrow \infty$ gelten. Machen Sie geeignete Annahmen, falls Ihnen Angaben fehlen.