

Halbleiterbauelemente

Übungsserie 7: *Bipolartransistor*

Abgabe: 16. Mai 2011 in der Übung

4. Mai 2011

Aufgabe 1: Bipolartransistor im *forward-active mode*

Gegeben sei ein NPN-Transistor gemäss Tabelle 1. Die Betriebstemperatur betrage 300 K.

1. Skizzieren sie die Polarität der angelegten Spannungen, damit sich der Transistor im *forward-active mode* befindet. Skizzieren Sie dann die Richtungen der verschiedenen elektrischen Felder in den Raumladungszonen.
2. Berechnen Sie die Diffusionslängen der Minoritäts-Ladungsträger in den verschiedenen Bahngebieten und argumentieren Sie, wo die Rekombination von Ladungsträgern vernachlässigt werden kann.
3. Eine Spannung von 2V wird zwischen Kollektor und Emitter angelegt, und eine Spannung von 0.8V zwischen Basis und Emitter. Berechnen Sie die Verstärkung β . (Sie finden die Formeln und deren Herleitungen im Buch im Kapitel 10.3. Die Common-Emitter Verstärkung $\beta = \frac{j_C}{j_B}$ kann entweder berechnet werden, indem man sowohl den Kollektorstrom j_C als auch den Basisstrom j_B einzeln berechnet und dann den Quotienten bildet, oder aber man bedient sich der vereinfachten Formel auf Seite 393 im Buch, wo das β in der Näherung für kurze Bahngebiete gegeben ist.)

Geometrie: $W_E = 6 \mu m$, $W_B = 0.8 \mu m$, $W_C = 8.4 \mu m$ Dotierungen: $N_D = 10^{19} cm^{-3}$, $N_A = 10^{17} cm^{-3}$, $N'_D = 10^{14} cm^{-3}$ Mobilitäten: $\mu_E = 60 cm^2/Vs$, $\mu_B = 360 cm^2/Vs$, $\mu_C = 440 cm^2/Vs$ Lebensdauern: $\tau_{E0} = 1.4 \cdot 10^{-9} s$, $\tau_{B0} = 1.9 \cdot 10^{-7} s$, $\tau_{C0} = 2.8 \cdot 10^{-6} s$ Intrinsische Dichte: $n_i = 10^{10} cm^{-3}$

Tabelle 1: Parameter des Bipolartransistors

Aufgabe 2: Parameteranpassung für einen integrierten NPN-Bipolartransistor Sie haben die Aufgabe, einen integrierten NPN-Bipolartransistor auf Siliziumbasis zu optimieren, der die folgenden Spezifikationen erfüllen muss: Der Basis-Transportfaktor sollte mindestens 0.997 betragen, die Durchbruchspannung (Punch-Through) muss bei mindestens 65 V liegen. Arbeitstemperatur: 300 K, $n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$. Ihr Mitarbeiter schlägt Ihnen folgende Dotierungen vor: $N_{Base} = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, $N_{Coll} = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$. Für diese Basis-Dotierungen entnehmen Sie Datentabellen folgende Diffusionskonstanten und Lebensdauern der Elektronen bzw. Löcher:

$$D_n = 12 \text{ cm}^2/\text{s} \quad \tau_{n0} = 10^{-7} \text{ s} \quad D_p = 5 \text{ cm}^2/\text{s} \quad \tau_{p0} = 10^{-6} \text{ s}$$

1. Wie gross muss folglich die Basisbreite gewählt werden, damit der gewünschte Basis-Transportfaktor erreicht wird?
2. Wie gross wird mit der von Ihnen unter Punkt 1 berechneten Basisbreite die Durchbruchspannung dieses BJTs?
3. Welche Kollektor-Dotierung müssen Sie näherungsweise wählen, damit der BJT die verlangte Durchbruchspannung aufweist?