

Übungsblatt 4 zu Bauelemente der Elektrotechnik

Hinweis:

Verwenden Sie zur Lösung der Aufgabe die Gleichungen, Tabellen und Graphen aus der Formelsammlung. Neue Version der Formelsammlung seit dem 10.12.2021!

Aufgabe 1

Durch Diffusion von Gallium in phosphordotiertes Silizium-Grundmaterial (Dotierungskonzentration 10^{15} cm^{-3}) entsteht ein pn-Übergang. Bei einer Messung wird ermittelt, dass das Raumladungsgebiet auf der n-Seite 100-mal so breit ist wie auf der p-Seite.

- Wie hoch muss demnach die Störstellenkonzentration im Gallium-dotierten Bereich sein?
- Wie groß ist die Diffusionsspannung?
- Eine äußere Spannung von 0,5 V wird entsprechend Abb. 1 angelegt. Um wieviel Prozent ändert sich die Breite der Raumladungszone? Wird sie kleiner oder größer?

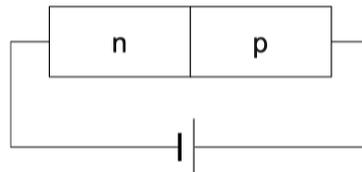


Abb. 1: pn-Übergang mit angelegter Spannung.

Aufgabe 2

Die Diffusionsspannung eines pn-Übergangs betrage 0,65 V. Welche äußere Spannung muss man anlegen, damit das Raumladungsgebiet doppelt beziehungsweise halb so breit ist wie ohne äußere Spannung?

Aufgabe 3

Schätzen Sie die Größe des Sperrstromes für eine unsymmetrische pn^+ -Siliziumdiode von 1 mm^2 Querschnittsfläche ab ($N_D = 10^{19} \text{ cm}^{-3}$, $N_A = 10^{14} \text{ cm}^{-3}$). Für die Lebensdauern τ_n und τ_p sind jeweils 10^{-6} s anzunehmen.

Aufgabe 4

Wie groß sind für die Diode aus der vorangehenden Aufgabe

- der differentielle Leitwert,
- die Breite der Sperrschicht,
- die differentielle Kapazität (als Summe von Sperrschichtkapazität und Diffusionskapazität), wenn eine Spannung von 0,4 V in Durchlassrichtung anliegt?

Aufgabe 5

Welche Spannung muss an einer Halbleiterdiode anliegen, damit der Strom 10 000-mal so groß wie der Sperrstrom ist (Das Vorzeichen des Stroms soll unbeachtet bleiben)?

Aufgabe 6

Wir stellen uns vor, wir dotieren das p- und das n-Gebiet eines pn-Übergangs gleich hoch, so dass ein symmetrischer pn-Übergang vorliegt. In Gedanken erhöhen wir die Dotierung auf beiden Seiten in gleichem Maße. Wird dann das Raumladungsgebiet breiter oder schmaler? Wie breit ist es bei einer Dotierung von $N_A = N_D = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$?

Aufgabe 7

Ein Lichtstrahl mit einer Wellenlänge von 730 nm fällt auf einen GaAs-Empfänger. Die Energieflussdichte des Lichts betrage 5 W/cm^2 . Wie groß ist die (mittlere) Generationsrate für die Erzeugung von Elektronen-Loch-Paaren? Wie groß ist die optisch erzeugte Konzentration der Überschussladungsträger, wenn wir eine Rekombinationslebensdauer von 10^{-8} s annehmen?

Aufgabe 8

Das i-Gebiet einer Silizium-basierten pin-Photodiode sei $20 \mu\text{m}$ lang. Auf diese Photodiode trifft Licht eines GaAs-Lasers, dessen Energie $h \cdot \nu = 1,43 \text{ eV}$ beträgt. Die auftreffende Lichtleistung ist 1 W/cm^2 . Wie groß ist die dadurch in dieser Diode erzeugte Photostromdichte?

Aufgabe 9

Welche Betriebsarten eines Bipolar-Transistors haben Sie kennengelernt? Welche Grundschaltungen für diesen Transistortyp sind Ihnen bekannt?

Aufgabe 10

Seien Sie Designer eines Silizium-npn-Transistors. Das Bauelement soll eine Stromverstärkung in Basisschaltung α von 99,9 % liefern.

Wir nehmen an, dass die Basisbreite $1/10$ der Diffusionslänge der Löcher im Emittergebiet sei. Setzen Sie der Einfachheit halber alle Beweglichkeiten beziehungsweise alle Diffusionskoeffizienten als etwa gleich an. In welchem Verhältnis müssen die Dotierungskonzentrationen von Emitter und Basis gewählt werden?

Aufgabe 11

Vergleichen Sie einen npn-Transistor mit einem pnp-Transistor. Wie groß ist jeweils das Verhältnis der Beweglichkeiten μ_B/μ_E von Emitter- und Basisgebiet? Die Emitterdotierung sei $N_E = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, die Basisdotierung $N_B = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. Basierend auf Ihren Ergebnissen, welchen der beiden Transistoren würden Sie für Hochfrequenzanwendungen auswählen?

Aufgabe 12

- Berechnen Sie wie in Aufgabe 3 den Stromverstärkungsfaktor β eines npn-Transistors, dessen Emitterdotierung $N_E = 10^{19} \text{ cm}^{-3}$, Basisdotierung $N_B = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ und Basisbreite $2 \text{ }\mu\text{m}$ beträgt. Die Diffusionslänge der Löcher unter den Bedingungen des Emittergebiets sei $L_E = 5 \text{ }\mu\text{m}$.
- Bei hohen Dotierungen verringert sich die Energiedifferenz zwischen Leitungs- und Valenzband eines Halbleiters, also die Gap-Energie E_g . Bei einer Donatordotierung von $N_D = 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ beträgt diese Absenkung, die so genannte Gapschrumpfung, zum Beispiel $74,3 \text{ meV}$. Um welchen Faktor ändert sich dadurch die Minoritätsträgerkonzentration der Löcher gegenüber dem üblicherweise berechneten Wert p_0 ?
- Berechnen Sie analog zu a) den Stromverstärkungsfaktor β , diesmal jedoch mit Berücksichtigung der Gapschrumpfung. In der Basis muss bei der angenommenen Konzentration von $N_B = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ noch keine Gapschrumpfung berücksichtigt werden.