

Halbleiterbauelemente

Übungsserie 4: *PN-Diode I*

Abgabe: 18. April 2011 in der Übung

30. März 2011

1. Drift- und Diffusionsstrom im Grundzustand

Welcher berühmte und allgemeine Zusammenhang folgt aus der gegenseitigen Aufhebung von Drift- und Diffusionsstrom im thermodynamischen Gleichgewicht? Leiten Sie die Beziehung mathematisch her (Verwenden Sie Boltzmann-Statistik für die Elektronenkonzentration).

2. Raumladungszonen:

Gegeben sei ein quaderförmiges Stück Silizium, bestehend aus den Teilgebieten 1 und 2. Diese seien jeweils homogen dotiert, so dass eine abrupte *pn*-Diode entsteht. In dem System befinden sich bewegliche Elektronen mit einer ortsabhängigen Teilchendichte $n(x)$ und bewegliche Löcher mit einer ortsabhängigen Teilchendichte $p(x)$. In der Umgebung der Grenzfläche zwischen den Teilgebieten 1 und 2 bildet sich eine Raumladungszone aus, und es entsteht ein elektrisches Feld $\vec{E}(x)$ (Abb. 1).

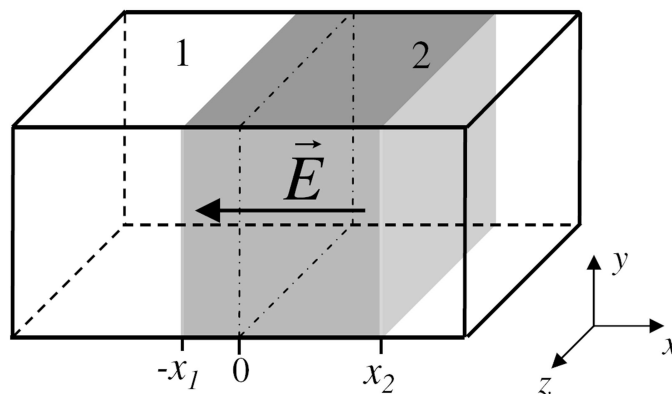


Abb. 1

- Welches Teilgebiet ist *p*-dotiert und welches *n*-dotiert? Es seien N_a und N_d die jeweiligen Dotierkonzentrationen von *p*- und *n*-Gebiet. Wenn die Beziehung $x_2 = 4x_1$ gilt, welche Beziehung gilt dann zwischen N_a und N_d ?
- Skizzieren Sie den Verlauf der Ladungsdichte und des elektrischen Feldes in der Raumladungszone.

3. Abrupte Diode:

Eine abrupte pn -Diode soll so ausgelegt werden, dass sich in Sperrrichtung 90 Prozent der Raumladungszone ins n -Gebiet ausdehnt.

- Wenn der Zielwert des eingebauten Potentials bei Raumtemperatur ($T=300\text{K}$) 0.6V beträgt, wie hoch müssen die jeweiligen Dotierungsniveaus von p - und n -Gebiet (N_a und N_d) sein? Rechnen Sie mit $n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$.
- Das Bauelement soll für eine maximale Rückwärtsspannung von 18V entworfen werden. Wie gross ist die minimale notwendige Länge vom niedrig dotierten n -Gebiet? Wie gross ist das maximale E-Feld bei einer angelegten Sperrspannung von 18V ?
- Ein zu langes niedrig-dotiertes Gebiet ist unerwünscht, da sich dies negativ auf die Flusspolungseigenschaften der Diode auswirkt. Können Sie einen Vorschlag machen, wie man dieselbe maximale Rückwärtsspannung mit kürzerem niedrig-dotierten n -Gebiet realisieren kann? (Hinweis: Versuchen Sie, statt eines dreiecksförmigen Verlaufs des E-Feldes einen trapezförmigen Verlauf zu erzeugen.)

4. Schaltkreissimulation:

Die Sperrschichtkapazität einer pn -Diode ist gegeben durch

$$C_J = \sqrt{\frac{e \cdot \epsilon_S}{2} \cdot \frac{N_a \cdot N_d}{N_a + N_d} \cdot \frac{1}{V_{bi} + V_r}},$$

wobei e die Elementarladung, ϵ_S die Dielektrizitätskonstante von Silizium, V_{bi} und V_r das eingebaute Potential bzw. die angelegte Rückwärtsspannung sowie N_a und N_d die Dotierungsniveaus von p - bzw. n -Gebiet sind.

Für Schaltkreissimulationen wird oft die in Abb. 2 dargestellte Spannungsabhängigkeit verwendet, wobei C_0 eine konstante Kapazität und $E(V_{AB})$ eine spannungsgesteuerte ideale Spannungsquelle sind, deren Spannung eine Funktion des Potentialunterschiedes zwischen den Knoten A und B ist. Leiten Sie den Ausdruck für $E(V_{AB})$ her, indem Sie die Definition der Kapazität anwenden. Beachten Sie, dass die Ladung nur in C_0 gespeichert wird.

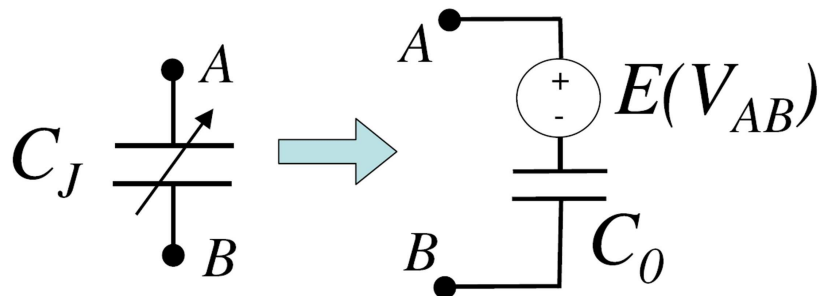


Abb. 2