

21. Ladungsträgerdichte dotierter Halbleiter

Betrachten Sie einen Halbleiter mit einer Donatorenkonzentration von 10^{19} m^{-3} . Die Ionisationsenergie der Donatoren soll $E_d = 1 \text{ meV}$ und die effektive Masse der Elektronen im Leitungsband $m^* = 0.01 m_e$ betragen. Schätzen Sie die Konzentration der Leitungselektronen bei 4 K und bei 300 K ab. Welchen Wert hat der Hall-Koeffizient? Nehmen Sie bei der Rechnung an, dass keine Akzeptoratome vorhanden sind und dass die Bandlücke $E_g \gg k_b T$ ist.

22. pn-Übergang

Die Ausdehnung der Raumladungszone kann im Rahmen des Schottky-Modells abgeschätzt werden. Dabei wird angenommen, dass die Konzentration der freien Ladungsträger in der Raumladungszone vernachlässigbar gering ist und die Ladungsträgerdichte im n-leitenden Halbleiter durch die Konzentration der (vollständig ionisierten) Akzeptoratome N_A und im p-leitenden Halbleiter durch die der Donoratome N_D gegeben ist. Die Gesamtladungsdichte ist dann (für p-HL bei $x < 0$, n-HL bei $x \geq 0$) durch zwei Rechteckfunktionen gegeben:

$$\rho(x) = \begin{cases} -eN_A & \text{für } -d_p \leq x < 0 \\ eN_D & \text{für } 0 \leq x \leq d_n \\ 0 & \text{für } x < -d_n ; x > d_n \end{cases}$$

- Berechnen Sie mit Hilfe der Poissongleichung den Verlauf des elektrostatischen Potentials $V(x)$ in allen drei Bereichen. Berücksichtigen Sie dabei, dass das Potential tief im Innern der beiden Halbleiter die Werte $V_n(\infty)$ und $V_p(\infty)$ annimmt. Skizzieren Sie den Verlauf von $V(x)$ über den pn-Übergang.
- Zeigen Sie unter Berücksichtigung der Tatsachen, dass die Raumladungszone insgesamt neutral und $V(x)$ überall stetig ist, dass die Ausdehnung der Raumladungszone:

$$d_n + d_p = \sqrt{\frac{2\epsilon_0\epsilon_r V_D}{e(N_A + N_D)}} \cdot \left(\sqrt{\frac{N_A}{N_D}} + \sqrt{\frac{N_D}{N_A}} \right)$$

Dabei ist V_D die über die Raumladungszone anliegende Spannung („Diffusionspotential“).

- Wie groß ist für Silizium ($E_g = 1,12 \text{ eV}$) mit einer Dotierung von 10^{22} m^{-3} aus P und B Atomen ($E_d = 45 \text{ meV}$, $E_a = 45 \text{ meV}$) für den Fall, dass keine externe Spannung U angelegt ist, die Ausdehnung der Raumladungszone und das darin herrschende elektrische Feld?