

4. Übung (Abgabe Di. 22. November 2011 zu Beginn der Vorlesung oder spätestens bis 16:00 im Briefkasten im Sekretariat bei Frau Badow)**13. Ionisation von Donatoren**

Ein Halbleiter sei n -dotiert mit einer Donator-Konzentration von $n_D = 10^{13} \text{ cm}^{-3}$. Das Donator-Niveau befinde sich 1 meV unterhalb des Leitungsbandminimums E_c und die effektive Masse der Elektronen sei $m_e^* = 0.01 m_e$.

- Zeigen Sie, dass der Halbleiter bei $T = 4 \text{ K}$ im Bereich der Störstellenreserve liegt.
 - Berechnen Sie die Leitungselektronen-Konzentration $n(T)$ bei $T = 4 \text{ K}$.
 - Bestimmen Sie die Temperatur, bei welcher der Halbleiter in den Bereich der Störstellenerschöpfung kommt (*Hinweis: Aufgabe (c) kann nur numerisch oder grafisch gelöst werden.*)
- (3 Punkte)

14. Eigenleitung und Leitfähigkeit im p -dotierten Halbleiter

Ein p -dotierter Halbleiter habe eine Bandlücke von $E_g = 1 \text{ eV}$. Elektronen und Löcher sollen eine effektive Masse gleich der freien Elektronenmasse m_e haben. Die Akzeptor-Konzentration sei $n_A = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ und das Akzeptor-Niveau liege 0.2 eV über dem Valenzbandmaximum.

- Man zeige, dass die Eigenleitung durch die intrinsischen Ladungsträger bei 300 K gegenüber der Akzeptor-Konzentration vernachlässigbar ist.
- Man berechne die Leitfähigkeit σ bei 300 K unter der Annahme einer Löcherbeweglichkeit von $\mu_p = 100 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$.

Hinweis: Vernachlässigen Sie die Elektronenleitfähigkeit. Um die Löcherkonzentration zu bestimmen, muss die Konzentration der angeregten Akzeptoren bekannt sein. Gehen Sie dabei analog vor wie in der Vorlesung bei der Herleitung der Elektronenkonzentration im n -dotierten Halbleiter.

(4 Punkte)

15. Chemisches Potential im n -Halbleiter

Berechnen Sie explizit die Temperaturabhängigkeit des chemischen Potentials $\mu(T)$ im n -Halbleiter ($n_A = 0$). Diskutieren Sie das Resultat für den Fall der Störstellenreserve und der Störstellenerschöpfung.

Hinweis: Gehen Sie gleich vor, wie in der Vorlesung gezeigt, und drücken Sie das chemische Potential μ als Funktion der Elektronenkonzentration $n(T)$ aus. Einsetzen der expliziten Formel für $n(T)$ liefert dann die Temperaturabhängigkeit von $\mu(T)$.

(4 Punkte)

16. Raumladungskapazität

Legt man eine äußere Spannung U an den p - n -Übergang an, so ändert sich gemäß Schottky-Modell die räumliche Ausdehnung der Raumladungszone (d_n , d_p). Zeigen Sie, dass dies gleichbedeutend ist mit einer Änderung der Kapazität der Raumladungszone [Raumladungskapazität $C_{RZ}(U)$]. Beachten Sie hierbei, dass eine spannungsabhängige Kapazität definiert ist über $C(U) = dQ(U)/dU$.

Hinweis: Betrachten Sie die Raumladungszone als Kondensator, dessen Platten die beiden geladenen Bereiche an der Grenzfläche darstellen. Die Änderung der Raumladungszone führt zu einer Änderung der darin gespeicherten Ladung Q_{RZ} .

(4 Punkte)