

5. Übung (Abgabe Di. 29. November 2011 zu Beginn der Vorlesung oder spätestens bis 16:00 im Briefkasten im Sekretariat bei Frau Badow)

17. Zusammenhang zwischen Stromdichte und Elektronenkonzentration

Leiten Sie für den pn -Übergang die Diffusionsgleichung $\frac{dn_p}{dt} = -\frac{1}{e} \frac{dj_{n_p}(x)}{dx}$ her.

Hinweis: Um die Diffusionsgleichung zu erhalten, müssen Sie einen Zusammenhang zwischen differentieller Elektronenkonzentration dn und Stromdichte dj herstellen. Betrachten Sie dazu die bekannte Gleichung $j = -n \cdot e \cdot v$. Die Diffusionsgleichung erhalten Sie durch Einsetzen der differentiellen Größen und geschickter Umformung dieser Gleichung.

(2 Punkte)

18. Leuchtdioden (LED = Light-Emitting Diodes)

Der pn -Übergang eines Halbleiters mit direkter Bandlücke kann als Leuchtdiode genutzt werden.

- Zeichnen Sie das Bandschema für einen pn -Übergang aus dem Material CdS, der mit einer Spannung von 2 V in Durchlassrichtung vorgespannt ist.
- Welcher Prozess ist wohl für die Emission von Photonen maßgeblich? Bei welcher Wellenlänge müsste folglich eine CdS-Diode leuchten?
- Warum ist es besser, einen Halbleiter mit direkter Bandlücke für die LED zu verwenden?

(4 Punkte)

19. nN -Übergang

Neben der in der Vorlesung behandelten pn -Diode werden auch Verbindungen zwischen zwei n -dotierten Halbleitern verwendet, die jedoch aus zwei unterschiedlichen Materialien mit verschieden großer Bandlücke bestehen. Als N -Halbleiter wird derjenige mit der größeren Bandlücke bezeichnet.

- Zeichnen Sie das Bandschema für einen nN -Übergang unter der Annahme, dass an der Grenzfläche die Austrittsarbeit stetig bleiben muss. Die Austrittsarbeit χ ist die Energie, die aufgewendet werden muss, um eine Elektron vom chemischen Potential μ ins Vakuum (E_{vac}) zu bringen: $\chi = E_{vac} - \mu$. Der N -Halbleiter habe die kleinere Austrittsarbeit als der n -Halbleiter.
- Diskutieren Sie, was an der Grenzfläche geschieht. Gibt es eine Raumladungszone? Gibt es zusätzliche bewegliche Ladungsträger? Wenn ja, welche besonderen Eigenschaften haben sie?

(4 Punkte)

Diskussion Halbleiter (zur Klausurvorbereitung) (0 Punkte)

- Diskutieren Sie allgemeine Eigenschaften von Energiebändern in Zusammenhang mit Gruppengeschwindigkeit, effektiver Masse, Verhalten am Brillouin-Zonenrand, Zustandsdichte, Fermi-Flächen.
- Diskutieren Sie die Bandstruktur im intrinsischen Halbleiter: Wie sieht sie typischerweise am Γ -Punkt aus? Erklären Sie die verschiedenen Teilbänder. Welche beiden Klassen von Halbleitern werden aufgrund der Bandlücke unterschieden? Durch welche Messungen können die beiden Klassen unterschieden werden? Wie sehen die Fermi-Flächen bei $T = 300$ K in Si und Ge aus? Wie können sie gemessen werden? Eigenschaften von Lochzuständen? Eigenschaften der intrinsischen Ladungsträgerkonzentrationen?
- Diskutieren Sie die Eigenschaften dotierter Halbleiter: Was bedeutet „Dotieren“? Welche Arten von Dotierung werden unterschieden? Was bewirkt Dotieren im Hinblick auf

Bandstruktur, Höhe und Temperaturabhängigkeit der Ladungsträgerkonzentration, Lage des chemischen Potentials?

- (d) Diskutieren Sie die Eigenschaften des pn -Übergangs in Bezug auf Bandstruktur, Raumladungszone, Makropotential, Diffusionsspannung, Ladungsträgerkonzentration. Welche Ladungsströme bestimmen das thermische Gleichgewicht? Wie wirkt das Anlegen einer Spannung auf die Ladungsströme? Wie ändert sich dadurch das thermische Gleichgewicht? Was ist die physikalische Ursache der Dioden-Kennlinie?
- (e) Erklären Sie den Aufbau und die Funktionsweise eines npn -Transistors. Welche Ladungsströme sind hauptsächlich für die Stromverstärkung verantwortlich?