

5. Übung (Abgabe Di. 30. November 2010 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 $\frac{dn_p}{dt} = -\frac{1}{e} \frac{dj_p(x)}{dx}$ 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?
- Welche optische Eigenschaft spielt für die Leuchtstärke eine wesentliche Rolle?

(3 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 von der Fermi-Energie E_F ins Vakuum (E_{vac}) zu bringen: $\chi = E_{vac} - E_F$. Der N -Halbleiter habe die kleinere Austrittsarbeit.
- Diskutieren Sie, was an der Grenzfläche geschieht. Gibt es eine Raumladungszone? Gibt es zusätzliche bewegliche Ladungsträger? Wenn ja, welche besonderen Eigenschaften haben sie?

(3 Punkte)

20. Diamagnetismus des Wasserstoff-Atoms

Die Wellenfunktion von Wasserstoff im Grundzustand $1s$ ist:

$$\psi(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi a_0^3}} e^{-\frac{r}{a_0}}, \text{ mit } a_0 = \frac{\hbar^2}{me^2} = 0.529 \text{ \AA}$$

- Zeigen Sie, dass das mittlere Abstandsquadrat gegeben ist durch $\langle r^2 \rangle = 3a_0^2$.
- Berechnen Sie die molare diamagnetische Suszeptibilität χ_{dia}^H , indem Sie die Magnetisierung durch Integration über differentielle, durch das Magnetfeld induzierte Kreisströme bestimmen. *Hinweis:* Die Ladungsdichte ist $\rho(r) = -e|\psi(r)|^2$.

(2 Punkte)