

Zusammenfassung vom 25.10.2011

Klassifizierung der Halbleiter

Nomenklatur : diamantartige Halbleiter (z.B. Si, Ge)
IV-IV-Halbleiter (z.B. SiC),
III-V-Halbleiter (z.B. GaAs, InSb),
II-VI-Halbleiter (z.B. ZnS, CdS)

Ladungsträgerkonzentration bei 300 K: $n < 10^{17} \text{ cm}^3$

spezifischer elektrischer Widerstand bei 300 K: $10^{-2} \Omega\text{cm} < \rho < 10^9 \Omega\text{cm}$

intrinsische Eigenschaften: Eigenschaften des hochreinen Kristalls ohne Fremdatome und Störstellen

- bei $T = 0 \text{ K}$ ist ein perfekter Halbleiterkristall ein **Isolator**
- intrinsische Leitfähigkeit σ und intrinsische Ladungsträgerkonzentration n hängen im Wesentlichen vom Verhältnis $E_g/(k_B T)$ ab ($E_g = \text{Energie der Bandlücke}$)
- σ und n zeigen eine starke **Temperaturabhängigkeit**
- falls $E_g/(k_B T) \gg 1$, dann sind σ und n **sehr klein**

Bandlücke:

direkter Halbleiter: Valenzbandmaximum liegt im reziproken Raum **direkt unter** dem Leitungsbandminimum (Bsp. GaAs)

- Elektron kann durch direkte Absorption eines Photons aus dem Valenzbandmaximum ins Leitungsbandminimum angeregt werden
- sehr scharfer Anstieg im optischen Absorptionsspektrum

indirekter Halbleiter: Valenzbandmaximum liegt **nicht direkt** unter dem Leitungsbandminimum (Bsp. Si, Ge)

- Elektron kann durch Absorption eines Photons nur mit Hilfe von Phononen in das Leitungsbandminimum angeregt werden, da $k_{\text{photon}} \ll k_{\text{1.B.Z.}} \cong \pi/a$
- zuerst schwacher Anstieg im optischen Absorptionsspektrum, bis Energie erreicht ist, bei der ein senkrechter Übergang möglich ist, dann starker Anstieg
- bei $T > 0 \text{ K}$ werden Elektronen thermisch aus dem Valenzband in das Leitungsband angeregt
- sowohl Elektronen im Leitungsband als auch die Leerstellen im Valenzband (= **Löcher**) tragen zur elektrischen Leitfähigkeit bei

Gruppengeschwindigkeit der Elektronen

$$\vec{v}_g = \vec{\nabla}_{\vec{k}} \omega(\vec{k}_e) = \frac{1}{\hbar} \vec{\nabla}_{\vec{k}} E_e(\vec{k}_e) \quad \mathbf{E}_e(\mathbf{k}_e) = \text{Energie des Elektrons}$$

$\mathbf{k}_e = \text{Wellenvektor des Elektrons}$

Bewegungsgleichung für Elektronen

$$\hbar \frac{d\vec{k}_e}{dt} = \vec{F} = -e(\vec{E}_{el} + \vec{v}_e \times \vec{B}_0) \quad \mathcal{E}_{el}, \mathbf{B}_0 = \text{elektr./magn. Feld}$$

$\mathbf{v}_e = \text{Gruppengeschw. des Elektrons}$

$$\rightarrow \frac{d\vec{k}_e}{dt} = -\frac{e}{\hbar^2} \vec{\nabla}_{\vec{k}} E_e(\vec{k}_e) \times \vec{B}_0 \quad \text{im statischen Magnetfeld}$$

$\rightarrow \text{Elektronenbahn} = \text{Schnittlinie zwischen Oberfläche konstanter Energie (z.B. Fermi-Fläche) und einer Ebene senkrecht zu } \mathbf{B}_0$