

## Zusammenfassung vom 29.10.2010

**Lochzustand** *leere Zustände im Band heißen **Löcher** (oder Lochzustände)*

<b>Wellenvektor des Lochs</b>	$\vec{k}_h = -\vec{k}_e$ <p>→ <i>Lochwellenvektor entspricht dem fehlenden Elektronenimpuls im Band</i></p>	$\mathbf{k}_e = \text{Wellenvektor des Elektrons im Valenzband}$
<b>Energie des Lochs</b>	$E_h(\vec{k}_h) = -E_e(\vec{k}_e)$ <p>→ <i>je tiefer das Elektron gebunden, desto mehr Energie hat das Loch, da sein Platz von einem Elektron weiter oben im Band eingenommen werden kann</i></p>	$\mathbf{k}_h = \text{Wellenvektor des Lochs}$ $E_e(\mathbf{k}_e) = \text{Energie des Elektrons im Valenzband}$
<b>effektive Masse des Lochs</b>	$m_h^* = -m_e^* > 0$ <p>→ <i>Masse eines Elektron im Valenzbandzentrum ist negativ, da das Band nach unten gekrümmt ist, damit hat das Loch wieder eine positive Masse</i></p>	$E_h(\mathbf{k}_h) = \text{Energie des Lochs}$ $m_e^* = \text{effektive Masse des Elektrons im Valenzband}$
<b>Gruppengeschwindigkeit</b>	$\vec{v}_h(\vec{k}_h) = \vec{v}_e(\vec{k}_e)$	
<b>Stromdichte der Löcher</b>	$\vec{j}_h = n_h e \vec{v}_h(\vec{k}_h) = n_h e \hbar \vec{k}_h / m_h$ <p>→ <i>Lochstrom zeigt in die gleiche Richtung wie der Strom von positiv geladenen Teilchen</i></p>	$m_h^* = \text{Masse der Löcher}$

**Bewegungsgleichung für Löcher**  $\hbar \frac{d\vec{k}_h}{dt} = \vec{F} = e(\vec{E}_{el} + \vec{v}_h \times \vec{B})$

→ ein Loch verhält sich in einem elektrischen oder magnetischen Feld wie ein **positiv geladenes Teilchen**

**effektive Masse**  $\left(\frac{1}{m^*}\right)_{\mu\nu} = \frac{1}{\hbar^2} \frac{d^2 E(\vec{k})}{dk_\mu dk_\nu}$   $\frac{dv_\mu}{dt} = \sum_\nu \left(\frac{1}{m^*}\right)_{\mu\nu} F_\nu$  **Tensor (d.h. 2x2 Matrix)**

- die effektive Masse ist proportional zur reziproken Bandkrümmung
- ein Elektron wird relativ zum Gitter im elektr. oder magnet. Feld beschleunigt, als ob seine Masse gleich der effektiven Masse wäre
- häufig wird eine gemittelte effektive Masse betrachtet, die skalar ist

**Energie des Elektrons im Leitungsband**  
(in der Nähe der Bandkante)

$$E(\mathbf{k}) = E_g + \frac{\hbar^2}{2m_e^*} k^2$$

$E_g =$  Bandlücke

$m_e^* =$  effektive Masse des Elektrons im Leitungsband

**Energie des Lochs im Valenzband**  
(in der Nähe der Bandkante)

$$E(\mathbf{k}) = -\frac{\hbar^2}{2m_h^*} k^2$$

$m_h^* =$  effektive Masse des Lochs im Valenzband

**effektive Masse in Si und Ge in der Nähe der Leitungsbandkante**

$$\frac{1}{m_e^{*2}} = \frac{\cos^2 \theta}{m_t^{*2}} + \frac{\sin^2 \theta}{m_l^{*2}}$$

**Rotationsellipsoide**