

Klausurübungen für Examenskandidaten

(Experimentelle Physik, für
Studierende des Lehramts an
Gymnasien)
2 St., Di 10:15-11:45, SE 7

Terminplanung

17.04.2007	Erstes Treffen, Ausgabe Blatt 1
24.04.2007	Besprechung Blatt 1, Ausgabe Blatt 2
01.05.2007	Erster Mai
08.05.2007	Besprechung Blatt 2, Ausgabe Blatt 3
15.05.2007	Besprechung Blatt 3, Ausgabe Blatt 4
22.05.2007	Besprechung Blatt 4, Ausgabe Blatt 5
29.05.2007	Pfingstferien (26. bis 29. Mai 2007)
05.06.2007	Besprechung Blatt 5, Ausgabe Blatt 6
12.06.2007	Besprechung Blatt 6, Ausgabe Blatt 7
19.06.2007	Besprechung Blatt 7, Ausgabe Blatt 8
26.06.2007	Besprechung Blatt 8, Ausgabe Blatt 9 in SE2
03.07.2007	Besprechung Blatt 9, Ausgabe Blatt 10
10.07.2007	Besprechung Blatt 10, Ausgabe Blatt 11
17.07.2007	Besprechung Blatt 11

Themen

11 Arbeitsblätter bestehend aus alten Prüfungsaufgaben der letzten 6 Jahre:

3 Atomphysik, 2 Molekülphysik, 4 Festkörperphysik, 2 Kerne & Teilchen

Vorschlag zum Ablauf:

Neue Aufgaben im Internet und als Hardcopy zur Vorlesung

1. Teil der Vorlesungssitzung: Besprechung der gelösten Aufgaben.
2. Teil der Vorlesungssitzung: Wiederholung der Grundlagen, die für das Lösen des neuen Aufgabebblatts notwendig sind.

Nach der Vorlesung: Lösungsblatt im Internet.

Blatt 7/8-Festkörperphysik

- Halbleiter

Intrinsischer Halbleiter

- Keine (oder vernachlässigbar wenige) Störstellen
- Bandlücke genügend klein, sodass thermische Anregung von Elektronen ins Leitungsband mit endlicher Wahrscheinlichkeit auftritt

Leitfähigkeit

$$\mathbf{j} = \sigma \cdot \mathbf{E}$$

j ... Stromdichte, σ ... Leitfähigkeit,
 E ... elektrisches Feld

$$\sigma = n e^2 \tau / m^* \sim n$$

n ... Ladungsträgerkonzentration
 e ... Elementarladung
 τ ... Stosszeit
 m^* ... effektive Masse

Gesamte Leitfähigkeit ist die Summe aus Elektronen- und Lochleitfähigkeit

Ladungsträgerdichten

- Ladungsträgerdichte (n,p) = Integral nach der Energie über (Zustandsdichte x Besetzungswahrscheinlichkeit)
 - $E^{1/2}$ -Abhängigkeit der Zustandsdichte für freie Ladungsträger
 - Fermi-Diracverteilung für die Besetzungswahrscheinlichkeit

Ladungsträgerdichten

$$n = \int_{E_L}^{\infty} D_L(E) f(E, T) dE$$

$$p = \int_{-\infty}^{E_V} D_V(E) [1 - f(E, T)] dE$$

Parabolische Näherung ($m^* = \text{const}$)

$$\Rightarrow D_L(E) = \frac{(2m_e^*)^{3/2}}{2\pi^2 \hbar^3} \sqrt{E - E_c} \quad \text{für } E > E_c$$

$$\Rightarrow D_V(E) = \frac{(2m_h^*)^{3/2}}{2\pi^2 \hbar^3} \sqrt{E_V - E} \quad \text{für } E < E_V$$

Ladungsträgerdichten

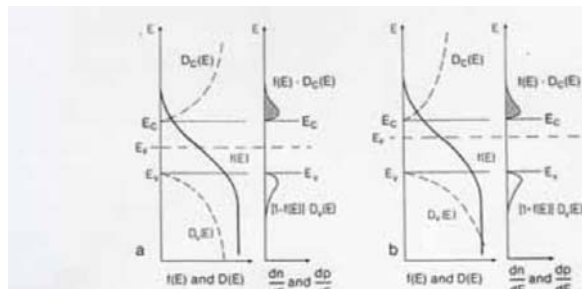


Fig. 12.5. (a) Fermi function $f(E)$, density of states $D(E)$ and electron (n) and hole (p) concentrations in the conduction and valence bands for the case of equal densities of states in the conduction and valence bands (schematic). (b) The same figure for the case of differing densities of states in the conduction and valence bands. The number of holes must again be equal to the number of electrons, and thus the Fermi level no longer lies in the middle of the gap between conduction and valence bands; its position then becomes temperature dependent.

Intrinsischer Halbleiter

für intrinsische Halbleiter gilt: **$n=p$**

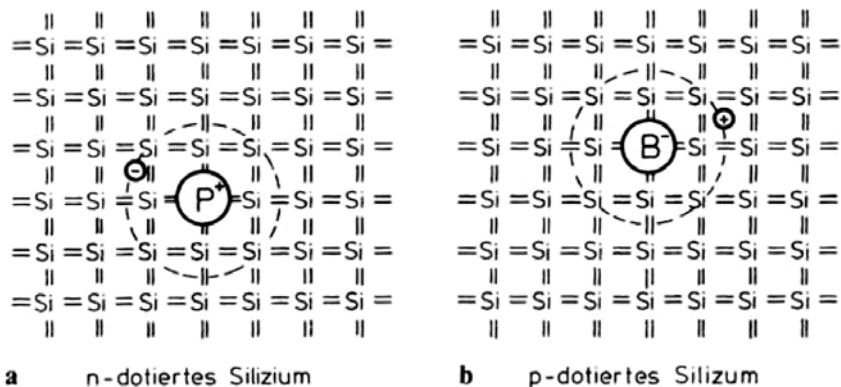
weil jedes Elektron aus einem Loch im Valenzband stammt.

Aus der Bedingung $n=p$ ergibt sich durch gleichsetzen der entsprechenden Ladungsträgerdichten, die Lage der Fermienergie.
 → Für intrinsische Halbleiter in der Mitte des Bandgaps.

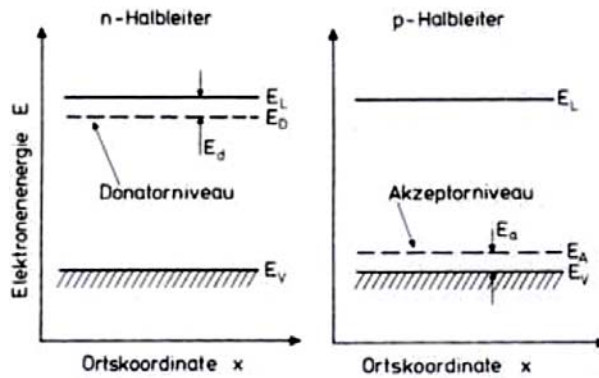
Dotierung

- Verunreinigung führt zu Zuständen in der Bandlücke.
- Donator(Akzeptor)niveaus entstehen unterhalb (oberhalb) der Leitungs(Valenz-)bandkante durch wasserstoff-artig gebundene Elektron-Donatorrumpft Zustände mit negativer Bindungsenergie (Verwende $\epsilon\epsilon_0$ statt ϵ_0 allein, verwende effektive Massen ! \rightarrow siehe Exciton)
- Radius der gebundenen Zustände ist typischerweise viel grösser als die Gitterkonstante \rightarrow effektives Medium, beschrieben durch $\epsilon\epsilon_0$ ist gerechtfertigt.

Dotierung



Donator- (Akzeptor-) Niveaus



Dotierte Halbleiter

- Lage der Fermienergie und der Ladungsträger wird abhängig von der Temperatur

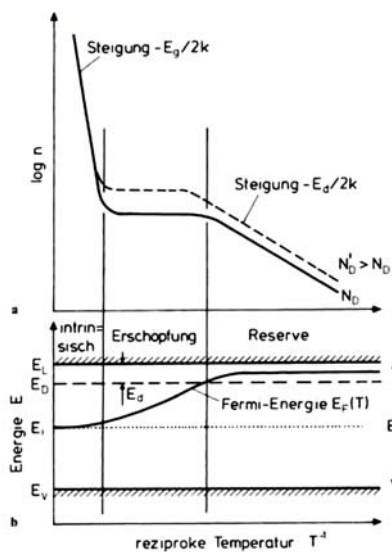


Abb. 12.10. (a) Qualitative Abhängigkeit der Elektronenkonzentration n im Leitungsband eines n -Halbleiters von der Temperatur für zwei verschiedene Donatorkonzentrationen $N_D' > N_D$. E_g ist die Breite des verbotenen Bandes und E_d die Ionisierungsenergie der Donatorstelle. (b) Qualitative Lage der Fermi-Energie $E_F(T)$ bei demselben Halbleiter in Abhängigkeit von der Temperatur. E_L und E_V sind die Unter- bzw. Oberkante von Leitungs- bzw. Valenzband, E_D die Lage des Donatorniveaus und E_i die intrinsische Energie, wo das Fermi-Niveau im intrinsischen Halbleiter liegt