

Hinweis: Lösungsskizze (kurz, punktgerecht).

Aufgabe 1: Bandstruktur und Statistik

- (a) FD vs Boltzmann: FD exakt; Boltzmann für $|E - E_F| \gtrsim 3k_B T$ (nicht-degeneriert).
- (b) Boltzmann gültig, wenn E_F nicht in einem Band liegt und genügend weit von E_C bzw. E_V entfernt.
- (c) Gleichgewicht: keine Netto-Ströme, chemisches Potential konstant \Rightarrow ein einziges ortsunabhängiges E_F .

Aufgabe 2: Effektive Masse und Zustandsdichte

(a)

$$\frac{1}{m^*} = \frac{1}{\hbar^2} \frac{d^2 E}{dk^2}.$$

- (b) Großes m^* : kleine Beschleunigung bei gegebener Kraft \Rightarrow geringere Mobilität (typisch).
- (c) Größeres m^* \Rightarrow höhere DOS (mehr Zustände pro Energieintervall) im parabolischen Modell.

Aufgabe 3: Intrinsische Halbleiter

- (a) $n = N_C e^{-(E_C - E_F)/k_B T}$, $p = N_V e^{-(E_F - E_V)/k_B T}$.
- (b) $np = N_C N_V e^{-(E_C - E_V)/k_B T} = N_C N_V e^{-E_g/k_B T} = n_i^2$.
- (c) n_i stark T -abhängig durch $\exp(-E_g/2k_B T)$ und zusätzlich $T^{3/2}$.
- (d) E_g bestimmt die Aktivierungsenergie: größere $E_g \Rightarrow$ deutlich kleineres n_i .

Aufgabe 4: Dotierte Halbleiter ($N_D = 5 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$)

- (a) Neutralität (nur Donoren, voll ionisiert): $p + N_D = n$.
- (b) Extrinsisch: $n \approx N_D = 5 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$,

$$p \approx \frac{n_i^2}{n} = \frac{10^{20}}{5 \cdot 10^{15}} = 2 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-3}.$$

- (c) Nicht-degeneriert plausibel, da $n \ll N_C$ (typisch $N_C \sim 10^{19} \text{ cm}^{-3}$).
- (d) E_F Richtung E_C (oberhalb E_i).

Aufgabe 5: Transport

- (a) Elektronen-Drift: $J_{n,\text{drift}} = qn\mu_n E$.
- (b) Diffusion: Konzentrationsgradient \Rightarrow Nettofluss von hoch nach niedrig.
- (c) Einstein: $D/\mu = k_B T/q$, gültig bei Gleichgewicht + nicht-degeneriert.

Aufgabe 6: p–n-Übergang

- (a) Raumladung durch Diffusion + zurückbleibende ionisierte Dotierung; Feld baut sich auf.
- (b) $V_{bi} = \frac{k_B T}{q} \ln \left(\frac{N_A N_D}{n_i^2} \right)$.

(c) Rückwärtsbias: $W \uparrow, C' = \varepsilon_s/W \downarrow$.