

Hinweis zur Lösungsskizze: Kurze, punktgerechte Antworten. Bei Rechenaufgaben sind die wesentlichen Schritte angegeben.

Aufgabe 1: Grundlagen der Halbleiterphysik

- (a) **VB/CB/Bandlücke:** Valenzband (bei $T = 0$ typ. voll besetzt), Leitungsband (bei $T = 0$ typ. leer). Bandlücke $E_g = E_C - E_V$ ist der Energiebereich ohne erlaubte Zustände. Wichtig: bestimmt thermische Anregung und optische Absorption.
- (b) **Warum Halbleiter (Si) bei RT:** E_g moderat \Rightarrow bei $T = 300$ K thermische Anregung erzeugt messbare Träger. $k_B T \approx 26$ meV ist klein gegen $E_g \sim 1.1$ eV, aber durch viele Zustände entstehen dennoch Träger; Leitfähigkeit ist stark steuerbar.
- (c) **Warum dotieren:** (1) Kontrolle der Mehrheits-/Minderheitsträger (n, p). (2) Einstellung von Leitfähigkeit/Resistivität, Sperrschichten, Kontakten und Bauelementparametern.

Aufgabe 2: Kristallstruktur

- (a) **Gitter/Basis:** Gitter = periodische Punktmenge; Basis = Atome pro Gitterpunkt. Kristallstruktur = Gitter + Basis.
- (b) **Si-Struktur:** Diamantgitter = FCC-Gitter + Zwei-Atom-Basis (versetzt um $(1/4, 1/4, 1/4)$). Koordinationszahl: 4 (tetraedrische Bindung).
- (c) **Waferorientierung:** (100)/(111) beeinflusst Oberflächenatomdichte, Oxidation, Prozessfenster und (in fortgeschrittenen Modellen) Mobilität/Interface-Eigenschaften.

Aufgabe 3: Energiebänder und effektive Masse

- (a) **Freies Elektron:** $E = \hbar^2 k^2 / (2m_0)$. Unzureichend, weil periodisches Potential ignoriert wird \Rightarrow keine Bandlücken, falsche Beschreibung von Halbleitern.
- (b) **Effektive Masse:** $\frac{1}{m^*} = \frac{1}{\hbar^2} \frac{d^2 E}{dk^2}$. Sinn: ersetzt kompliziertes Bandverhalten nahe Extrema durch "freies Teilchen" mit modifizierter Trägheit; Krümmung groß $\Rightarrow m^*$ klein.
- (c) **Direkt/indirekt:** Direkt: CB-Minimum und VB-Maximum bei gleichem k . Indirekt: bei unterschiedlichem k . Beispiele: GaAs direkt; Si indirekt.

Aufgabe 4: Intrinsische Ladungsträger/Grundlagen

- (a) **Nicht-degeneriert:** $n = N_C e^{-(E_C - E_F)/k_B T}$, $p = N_V e^{-(E_F - E_V)/k_B T}$ (Boltzmann).
- (b) **Massenwirkung:** Multiplikation $\Rightarrow np = N_C N_V e^{-(E_C - E_V)/k_B T} = N_C N_V e^{-E_g/k_B T} = n_i^2$.
- (c) **Trend $n_i(T)$:** $n_i \propto T^{3/2} \exp(-E_g/2k_B T)$, dominiert durch Exponentialterm.
- (d) E_i : nahe Bandmitte; exakt Mitte falls $m_n^* = m_p^* \Rightarrow N_C = N_V$.

Aufgabe 5: Dotierte Halbleiter

- (a) **Typ:** Donator-dotiert \Rightarrow n-Typ.
- (b) **Neutralität (voll ionisiert, nur Donoren):** $p + N_D = n$ bzw. $n - p = N_D$.
- (c) **Extrinsisch ($N_D \gg n_i$):** $n \approx N_D$, $p \approx n_i^2 / N_D$.
- (d) E_F -Verschiebung: n-Typ $\Rightarrow E_F$ steigt Richtung E_C .

Aufgabe 6: p–n-Übergang (qualitativ)

- (a) **Raumladungszone:** Diffusion (e^- von n nach p, h^+ von p nach n) lässt ionisierte Donoren/ Akzeptoren zurück \Rightarrow Feld baut sich auf.
- (b) V_{bi} : Potentialbarriere im Gleichgewicht; abhängig von N_A, N_D, n_i, T .
- (c) **Bias-Effekt:** Vorwärtssbias senkt Barriere $\Rightarrow W$ kleiner; Rückwärtssbias erhöht Barriere $\Rightarrow W$ größer.
- (d) **Kein Strom im Gleichgewicht:** Drift- und Diffusionsstrom heben sich exakt auf; E_F konstant.