

# Mikroelektronik 1

## Beispielklausur II (mittel)

<b>Autor:innen:</b>	Ismail Gemaledin, Iusuf Gemaledin
<b>Universität:</b>	Universität Stuttgart
<b>Modul:</b>	Mikroelektronik 1
<b>Stoffumfang:</b>	Kapitel 1–7
<b>Bearbeitungszeit:</b>	90 Minuten
<b>Gesamtpunkte:</b>	100 Punkte
<b>Hilfsmittel:</b>	1 handschriftliches DIN-A4-Blatt (beidseitig), Taschenrechner

### Hinweise

- Rechenwege müssen nachvollziehbar dargestellt werden.
- Verwenden Sie klare physikalische Argumente.
- Treffen Sie sinnvolle Näherungen (z. B. volle Ionisation), und nennen Sie diese explizit.

**Wichtige Beziehungen**

- $n = N_C \exp\left(-\frac{E_C - E_F}{k_B T}\right)$
- $p = N_V \exp\left(-\frac{E_F - E_V}{k_B T}\right)$
- $np = n_i^2$
- $\sigma = q(n\mu_n + p\mu_p)$

**Aufgabe 1: Bandstruktur und Statistik****[15 P]**

- (a) Erklären Sie den Unterschied zwischen Fermi–Dirac-Statistik und Boltzmann-Näherung. **[6 P]**
- (b) Unter welchen Bedingungen ist die Boltzmann-Näherung für Halbleiter gültig? **[5 P]**
- (c) Warum ist das Fermi-niveau im thermischen Gleichgewicht ortsunabhängig? **[4 P]**

**Aufgabe 2: Effektive Masse und Zustandsdichte****[15 P]**

- (a) Definieren Sie die effektive Masse  $m^*$  über die Krümmung der  $E(k)$ -Relation. **[6 P]**
- (b) Welche physikalische Bedeutung hat eine große effektive Masse? **[5 P]**
- (c) Erklären Sie qualitativ, warum die Zustandsdichte vom effektiven Massenwert abhängt. **[4 P]**

**Aufgabe 3: Intrinsische Halbleiter****[20 P]**

- (a) Schreiben Sie die Ausdrücke für  $n$  und  $p$  im nicht-degenerierten Fall auf. **[6 P]**
- (b) Leiten Sie das Massenwirkungsgesetz  $np = n_i^2$  her. **[6 P]**
- (c) Erklären Sie, warum die intrinsische Ladungsträgerkonzentration eine starke Temperaturabhängigkeit zeigt. **[5 P]**
- (d) Welche Rolle spielt die Bandlücke  $E_g$  dabei? **[3 P]**

**Aufgabe 4: Dotierte Halbleiter****[20 P]**

Ein Siliziumkristall sei bei  $T = 300\text{ K}$  mit  $N_D = 5 \times 10^{15}\text{ cm}^{-3}$  dotiert. Es gelte  $n_i = 10^{10}\text{ cm}^{-3}$ . Volle Ionisation wird angenommen.

- (a) Schreiben Sie die Ladungsneutralitätsbedingung auf. **[5 P]**
- (b) Bestimmen Sie Elektronen- und Lochkonzentration. **[8 P]**

- (c) Überprüfen Sie, ob der Halbleiter nicht-degeneriert ist. [4 P]
- (d) Beschreiben Sie qualitativ die Lage des Fermi-niveaus. [3 P]

### Aufgabe 5: Transport

[15 P]

- (a) Schreiben Sie die Driftstromdichte für Elektronen auf und erklären Sie jedes Symbol. [6 P]
- (b) Erklären Sie den physikalischen Ursprung der Diffusion. [5 P]
- (c) Unter welchen Voraussetzungen gilt die Einstein-Relation? [4 P]

### Aufgabe 6: p–n-Übergang

[15 P]

- (a) Beschreiben Sie qualitativ die Entstehung der Raumladungszone. [5 P]
- (b) Leiten Sie die Gleichung für die eingebaute Spannung  $V_{bi}$  her. [6 P]
- (c) Wie ändern sich Verarmungszonenbreite und Sperrschichtkapazität bei Rückwärtsspannung? [4 P]

#### Zeitaufteilung (Empfehlung)

- Aufgaben 1–2: ca. 25 Minuten
- Aufgaben 3–4: ca. 40 Minuten
- Aufgaben 5–6: ca. 25 Minuten

**Gesamtpunktzahl: 100 Punkte**