

Optoelektronik – Übung 5

Sommersemester 2018

LICHTTECHNISCHES INSTITUT (LTI)



Organisatorisches

■ Übungsleiter

■ Philipp Brenner

- philipp.brenner@kit.edu
- Raum: 118.2
- Tel.: +49 721 608-47721

■ Termine: 6-7 Übungen, Dienstags oder Mittwochs 9:45 – 11:15

- 15. Mai
- 29. Mai
- 12. Juni
- 26. Juni
- **04. Juli**
- 10. Juli
- (17. Juli)

Aufgabe 1 – HL-Heterojunction

- LEDs mit pn -Heterojunctions zeigen Vorteile gegenüber LEDs mit pn -Homojunctions:
- a) Wodurch verbessern LEDs mit Heterostrukturen die Leistung?
- b) Geben Sie zwei Ladungsträger-Verlustmechanismen in einer pn -Heterostruktur-LED an.
- c) Was ist der Unterschied zwischen Doppel-Heterostruktur-LEDs und Einzel-Quantum-Well LEDs? Welches Bauteil wird unter welchen Umständen besser funktionieren? Erklären Sie warum.

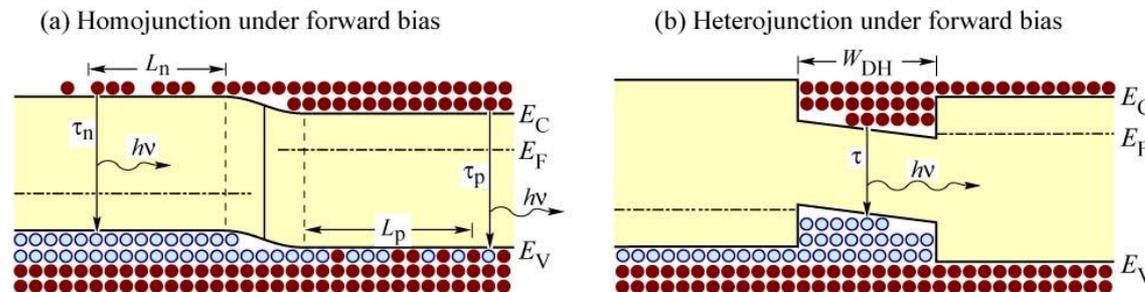


Fig. 7.2. Free carrier distribution in (a) a homojunction and (b) a heterojunction under forward bias conditions. In homojunctions, carriers are distributed over the diffusion length. In heterojunctions, carriers are confined to the well region.

E. F. Schubert
Light-Emitting Diodes (Cambridge Univ. Press)
www.LightEmittingDiodes.org

Aufgabe 2 – LED Thermomanagement I

- Schätzen Sie die Wärmeleistungsdichte einer monochromatischen LED ab.
- Was gilt es hier für weiße LEDs im Speziellen zu beachten?

Aufgabe 3 – LED Thermomanagement II

- Bei der Kontrollmessung einer 460 nm LED wird eine Spannung von 9.0 V bei 500 mA gemessen, was auf ein Problem mit dem Serienwiderstand des Bauteils hindeutet. Das Bauteil hat eine EQE von 20%.

- a) Wie hoch ist die emittierte optische Leistung?
- b) Welche Leistung geht im Serienwiderstand und welche in der aktiven Zone aufgrund nicht-strahlender Rekombination verloren?
- c) Wie hoch ist die abzuführende thermische Verlustleistung?
- d) Der thermische Widerstand des Bauteils betrage 25 K/W. Die Umgebungstemperatur 20°C. Wie hoch ist die Bauteiltemperatur (T_{junction})?

Aufgabe 4 – Rückkopplung im Laser

- Zeichnen und beschreiben Sie kurz die Rückkopplungsmechanismen folgender Resonatorgeometrien
 - External Cavity Resonator
 - Fabry-Perot Resonator
 - Vertical Cavity Surface Emitting Laser (VCSEL)
 - Distributed Feedback Laser erster und zweiter Ordnung

Aufgabe 5 Besetzungsinversion im Halbleiter

- In einem Laser müssen Photonen mit einer höheren Rate stimulierte Emission auslösen als die Absorptionsrate bei der jeweiligen Laserwellenlänge ist. Die Raten für stimulierte Emission und Absorption sind hierbei gegeben durch:

$$N_{stim.Em.} = C \cdot f_C(1 - f_V)P(\nu) \qquad N_{Abs.} = C \cdot f_V(1 - f_C)P(\nu)$$

C ist eine Konstante, f die Fermifunktion und $P(\lambda)$ ist die Photonendichte. Da der Halbleiter sich nicht im thermischen Gleichgewicht befindet, müssen die quasi-Fermienergien der Elektronen und Löcher E_C und E_V betrachtet werden:

$$f_C(E) = \frac{1}{1 + \exp((E - E_C)/kT)} \qquad f_V(E) = \frac{1}{1 + \exp((E - E_V)/kT)}$$

Betrachten Sie nun einen optischen Übergang zwischen Leitungs- und Valenzband mit den Energien $E_2 - E_1 = h\nu$ und zeigen Sie, dass gelten muss:

$$E_C - E_V > h\nu$$

Dies wird auch als Bernard-Duraffourg Bedingung bezeichnet.

Aufgabe 6 – Fabry Perot Resonator: Abstand longitudinaler Moden

- a) Leiten Sie eine Beziehung für den Modenabstand $\Delta\lambda$ für typische Daten $L = 300 \mu\text{m}$, $\lambda_m \approx 875 \text{ nm}$ und $\tilde{n} = 3,5$ einer GaAs-Laserdiode unter Berücksichtigung der Brechzahldispersion $d\tilde{n}/d\lambda \neq 0$ her.
- b) Wie groß ist der Modenabstand im dispersionsfreien Fall für die oben angegebenen Werte?
- c) Wie ändert sich der der Modenabstand, wenn die Resonatorlänge sehr klein wird, also nur im Bereich weniger μm liegt? Auch hier ist der dispersionslose Fall zu betrachten.

Aufgabe 7 – Temperaturbedingter Laserwellenlängenshift

- Der Brechungsindex einer Laserdiode zeigt eine Temperaturabhängigkeit von $\frac{dn}{dT} \approx 1.5 \times 10^{-4} K^{-1}$. Schätzen sie die Wellenlängenänderung pro K Temperaturdrift im Bereich von 870nm ($n_0 = 3.7$) ab.