

Optoelektronik – Übung 2

Sommersemester 2016

LICHTTECHNISCHES INSTITUT (LTI)



Organisatorisches

■ Übungsleiter

■ Philipp Brenner

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

■ Jan Preinfalk

- jan.preinfalk@kit.edu
- Raum: 218
- Tel.: +49 721 608-42547

■ Termine: 6 Übungen, Dienstags 9:45 – 11:15

■ 10. Mai

■ **31. Mai**

■ 7. Juni

■ 21. Juni

■ 05. Juli

■ 12. Juli

■ Übungsblätter und Lösungshinweise sind auf ILIAS verfügbar.

Übungsunterlagen

- www.ilias.studium.kit.edu → Anmelden mit student.kit.edu Account
 - Magazin → Organisationseinheiten → Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik → SS 2016 → Optoelektronik



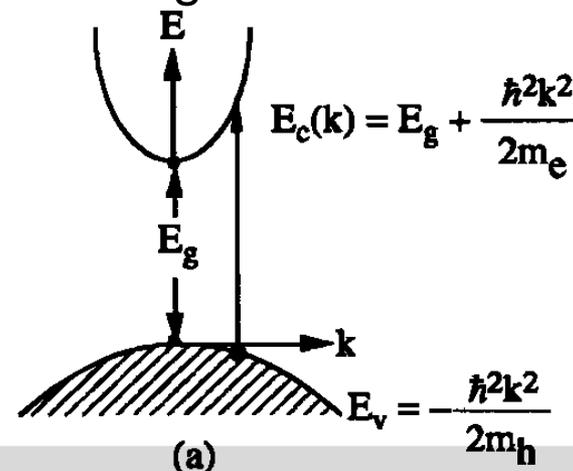
The screenshot displays the ILIAS interface for the 'Übungen' (Exercises) section. At the top, the KIT logo and 'ILIAS' branding are visible. A navigation bar includes 'Persönlicher Schreibtisch' and 'Magazin'. The breadcrumb trail reads: 'Magazin » Organisationseinheiten » Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik » SS 2016 » Optoelektronik » Übungen'. The main heading is 'Übungen' with a folder icon and the text 'Hier finden Sie Material zur den Übungen'. Below this is a menu with buttons for 'Inhalt', 'Info', 'Einstellungen', 'Lernfortschritt', 'Export', and 'Rechte'. A secondary menu shows 'Zeigen', 'Verwalten', 'Sortierung', and 'Seite gestalten'. The 'Inhalt' section lists two items: a PDF file 'Loesungshinweise' (564,5 KB, dated 12. Mai 2016, 16:07) and a folder 'Übung1'.

Aufgabe 1 – Kristallstruktur

- GaAs bildet ein fcc-Gitter aus. Die Dichte beträgt dabei 5317 kg/m^3 . Skizzieren Sie die Kristallstruktur und bestimmen Sie die Gitterkonstante.

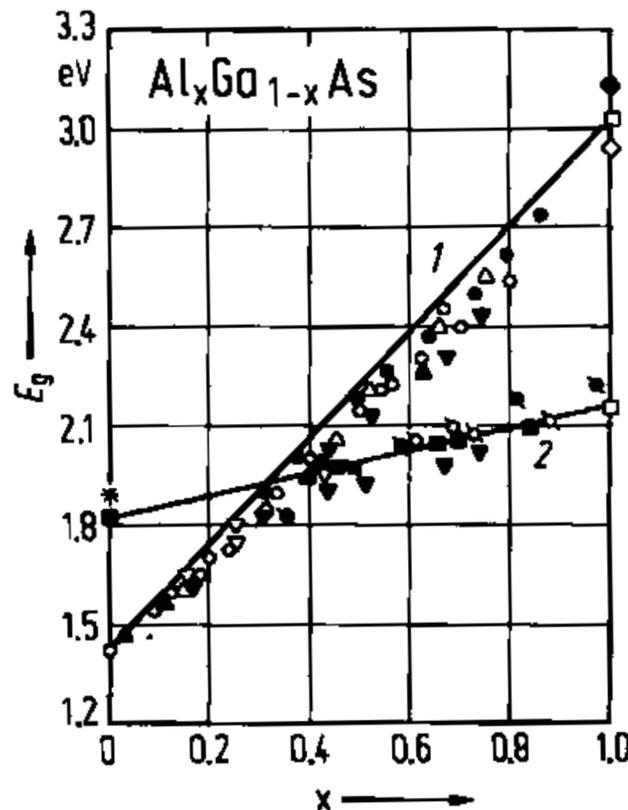
Aufgabe 2 – Elektronenverteilung im Halbleiter

- a) Bei welcher Energie befindet sich das Maximum der Elektronenverteilung in einer LED bei moderater Anregung? (moderat: Fermi-Dirac-Statistik kann nach Boltzmann angenähert werden.)
- b) Welche typische spektrale Breite hat das Ausgangsspektrum einer LED bei Peak-Wellenlängen von 870nm, 1300nm und 1550nm? Annahme: energetische Breite $\approx 3k_bT$
- c) Eine GaAs LED besitzt bei $T = 300K$ eine Bandlücke von 1.42eV und variiert mit der Temperatur gemäß $\frac{dE_g}{dT} = -4.5 \cdot 10^{-4} \text{ eV/K}$. Um welchen Wert verändert sich die Wellenlänge bei einem Temperaturanstieg um 10°C?



Aufgabe 3 – Materialkomposition

- Ein LED-Hersteller soll Leuchtdioden mit einer Wellenlänge von 650 nm produzieren und wählt dafür $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ als Material aus. Welche Legierung muss er als Schicht herstellen?



$$E_G = 1.425 \text{ eV} + 1.247 x \text{ eV}$$

Aufgabe 4 – Bandstruktur $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$

- Im direkten Halbleiter $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ kann die Bandstruktur im Bereich der Bandlücke durch folgende Parameter beschrieben werden:
 - $E_{C,0} = -5,905 \text{ eV}$
 - $E_{V,0} = -6,667 \text{ eV}$
 - Effektive Masse der Elektronen $m_e^* = 0,0436 m_0$
 - Effektive Masse der Löcher $m_h^* = 0,4287 m_0$

- a) Skizzieren Sie die Bandstruktur.
- b) Welche maximale Wellenlänge hat emittiertes Licht dieses HL?
- c) Ein Elektron mit dem Impuls $5,806 \cdot 10^{-26} \text{ kgms}^{-1}$ rekombiniert strahlend. Welche Wellenlänge hat das emittierte Photon?

Aufgabe 5 – Doppelheterostruktur

- In einer Doppelheterostruktur-LED mit einer Emissionswellenlänge von $1.55 \mu\text{m}$ soll eine optische Leistung von 1 mW erzeugt werden (Dicke der Schicht: 100 nm , Querschnitt $1 \times 1 \text{ mm}^2$).
Die Rekombinationskoeffizienten betragen:
 - Monomolekulare Rekombination (Traps, Grenzflächen): $A = 5 \cdot 10^7 \text{ s}^{-1}$,
 - Strahlende Übergänge: $B = 10^{-10} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$,
 - Auger-Rekombination: $C = 6 \cdot 10^{-29} \text{ cm}^6 \text{ s}^{-1}$.
- a) Mit welchem Strom muss die LED betrieben werden?
- b) Wie groß ist die Quantenausbeute?

Aufgabe 6 – Auskopplung aus einer LED

- Mit welchen technologischen Maßnahmen lässt sich die Lichtausbeute einer LED steigern?