

Optoelektronik – Übung 3

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: 112
- Tel.: +49 721 608-42547

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

■ 10. Mai

■ 31. Mai

■ **7. Juni**

■ 21. Juni

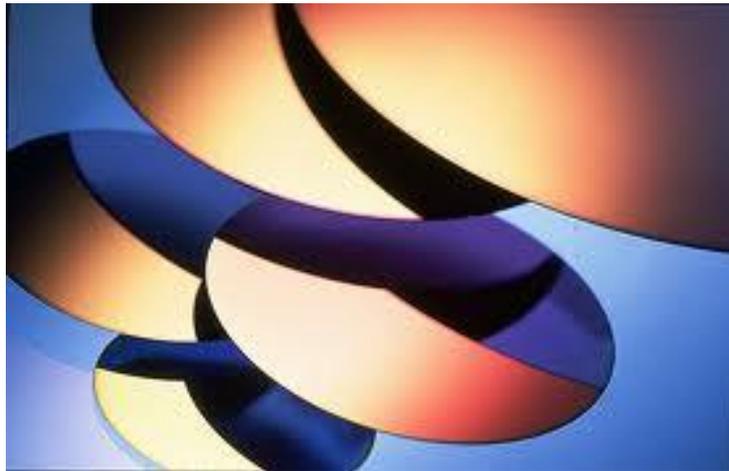
■ 05. Juli

■ 12. Juli

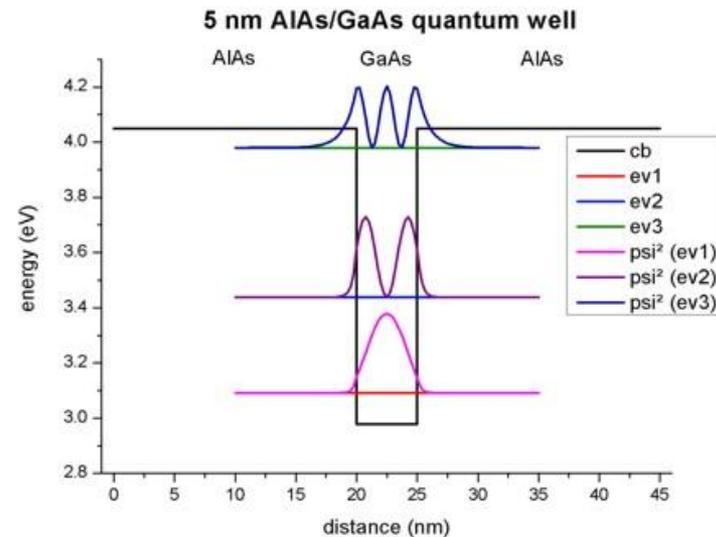
■ Übungsblätter und Lösungshinweise sind auf ILIAS verfügbar.

Aufgabe 1 – Zustandsdichte

- Leiten Sie die Zustandsdichte in einem dreidimensionalen Halbleiter her und vergleichen Sie diesen Wert mit dem eines Quantum Wells.

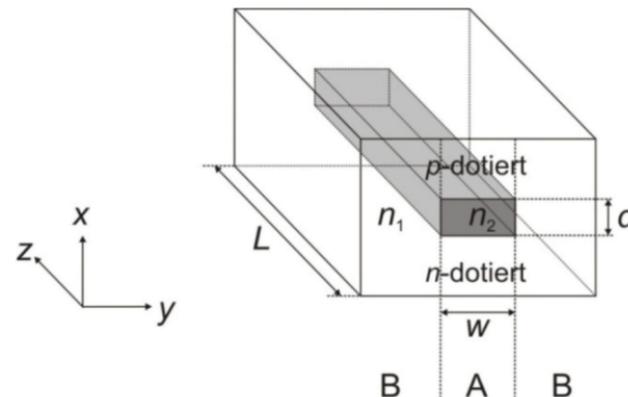


www.semiconductor-technology.com



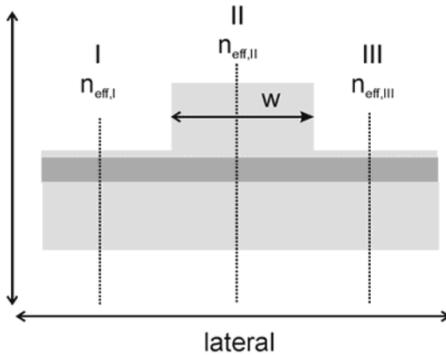
Aufgabe 2 – Verstärkung in Schichtwellenleiter

- Ein Wellenleiter habe die untenstehende Struktur. Er besteht aus einem Material mit Brechungsindex $n_2 = 3,8$, das in Material mit $n_1 = 3,6$ eingebettet ist. Für die Breite w und die Dicke d gelte: $w \gg d$, $w = 1,0 \mu\text{m}$, $d = 150 \text{ nm}$, so dass $\Gamma_y \approx 1$ gesetzt werden kann.
- Die Wellenlänge des Lichts sei $\lambda = 1,0 \mu\text{m}$.
- $$d_0 = \frac{\lambda}{2\pi} \sqrt{\frac{2}{n_2^2 - n_1^2}}, \quad \Gamma = \frac{1}{1 + \left(\frac{d_0}{d}\right)^2}$$
- Berechnen Sie den Feldkonzentrationsfaktor Γ_x und die effektive Brechzahl n_{eff} im Bereich A eindimensional in x-Richtung.



Aufgabe 2 – Schichtwellenleiter

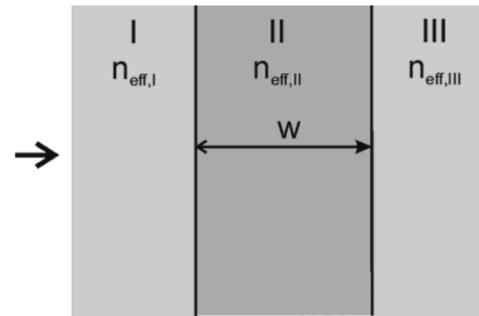
transversal



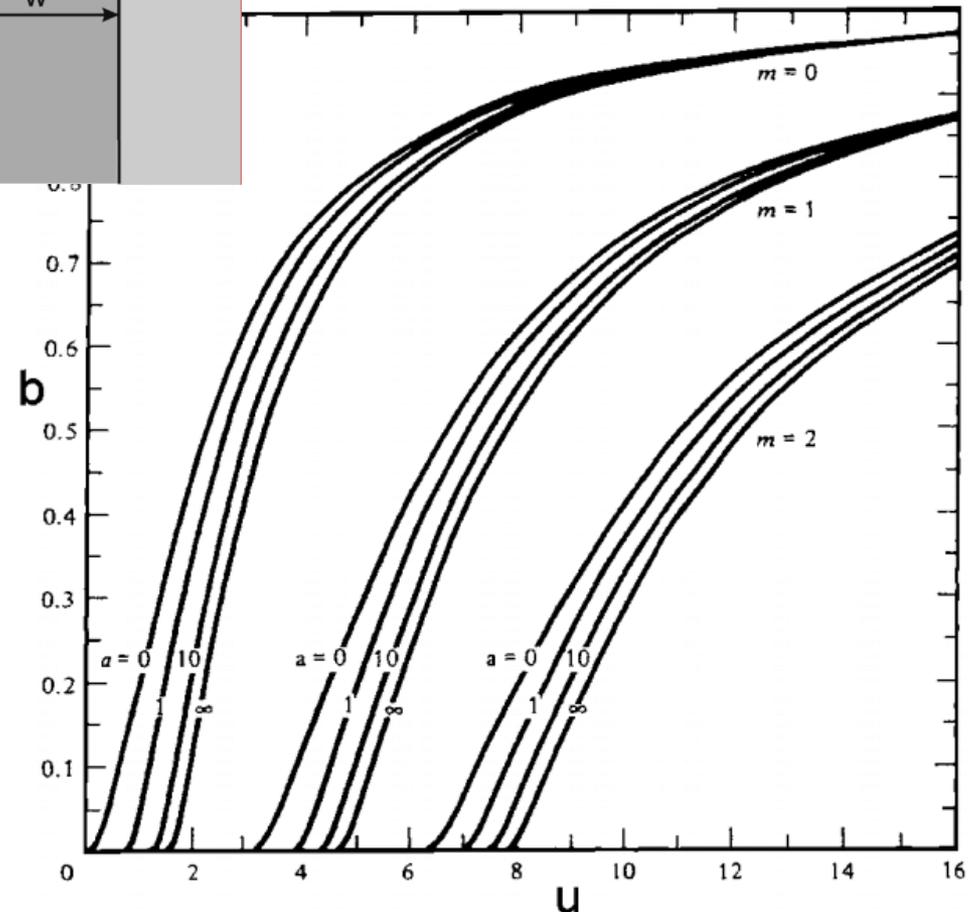
a)

$$u = k_0 d \sqrt{n_2^2 - n_3^2}$$

$$b = \frac{n_{eff}^2 - n_1^2}{n_2^2 - n_3^2}$$



b)



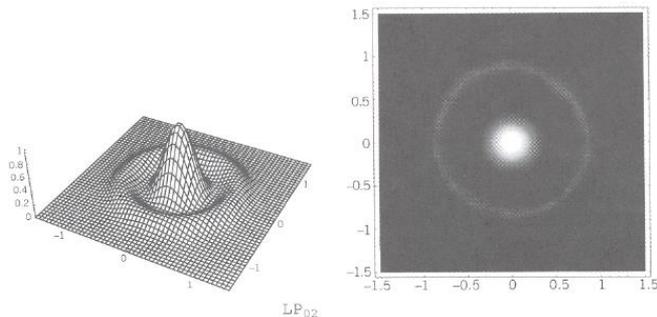
Aufgabe 3 – Single-mode Faser

- Wie groß sollte der Kernradius eines Lichtwellenleiters (z.B. einer Faser) maximal sein, damit gerade nur eine einzelne Mode propagiert?

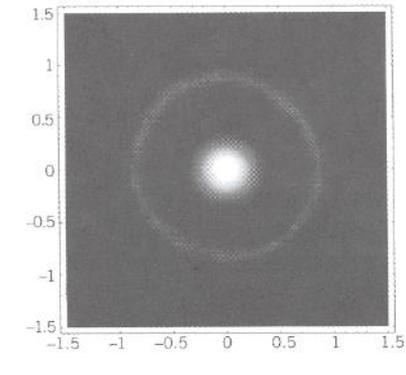
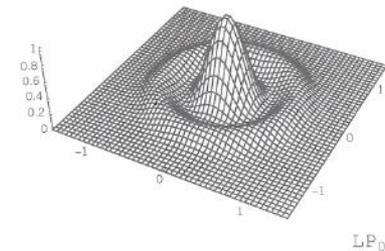
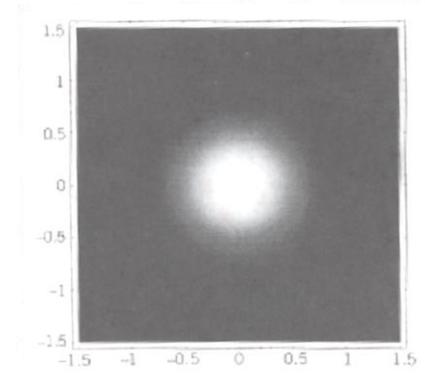
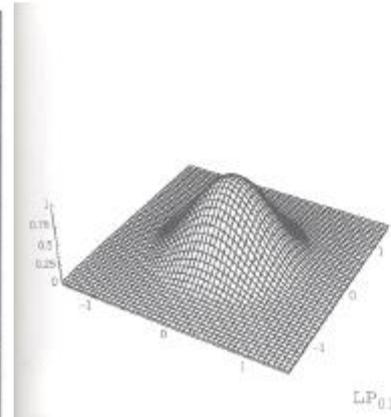
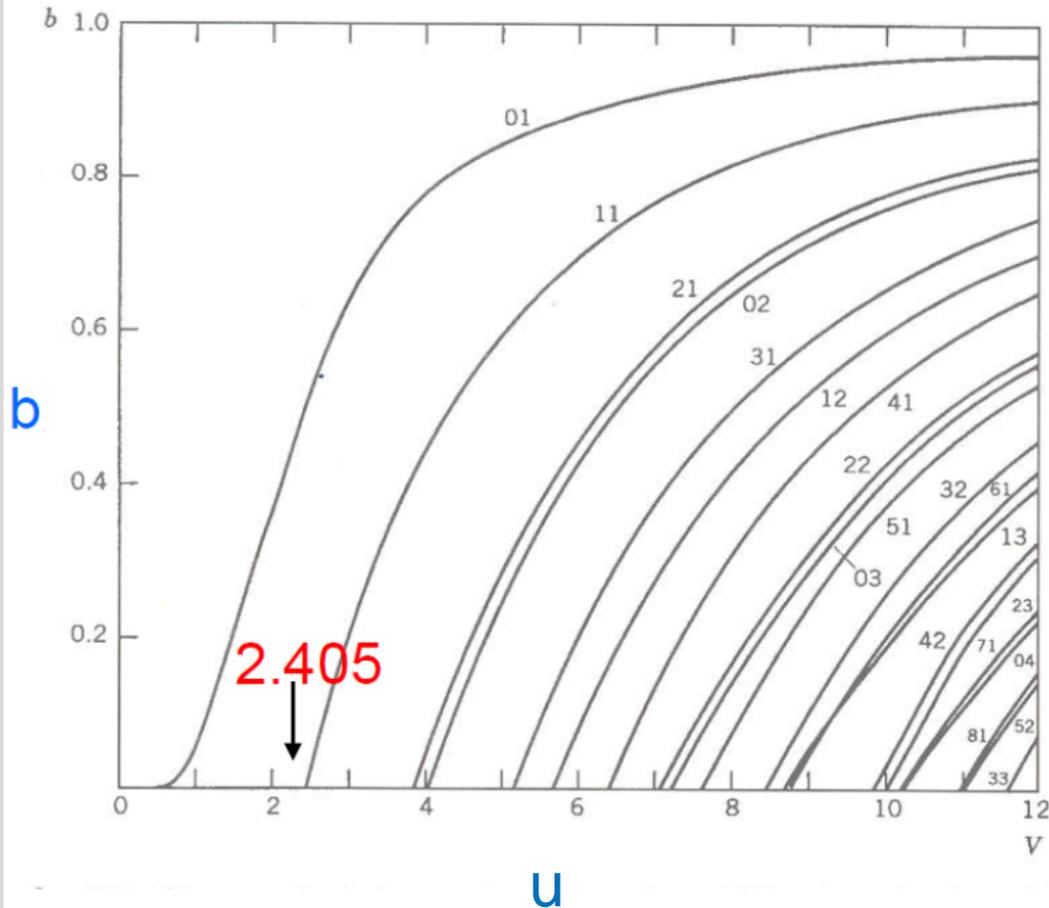
$$n_{\text{core}}=1.468, n_{\text{cladding}}=1.447, \lambda=1.3\mu\text{m}$$

- Berechnen Sie die minimale Wellenlänge, bei der noch Single-Mode Betrieb möglich ist (Cut-Off-Wellenlänge), wenn der Kerndurchmesser $7\mu\text{m}$ beträgt.

$$n_{\text{core}}=1.458, n_{\text{cladding}}=1.452$$



Aufgabe 3 – Single-mode Faser



Aufgabe 4 – Lithographie

- Eine typische Dosis für den E-Beam-Lack PMMA liegt bei $200 \mu\text{C}/\text{cm}^2$. Es soll ein 6"-Wafer mit einem Strahlstrom von 100 nA bei einer Auflösung von 100 nm beschrieben werden.

- a) Wie lange dauert demzufolge die Belichtung bei einer Bedeckung von 50% der Gesamtfläche mindestens?
- b) Berechnen Sie, wie viele Punkte der Elektronenstrahlschreiber anfahren muss und wie lange er bei einer Schreibrate von 10 MHz für das Abrastern benötigt.
- c) Vergleichen Sie die Belichtungszeit mit der geschätzten Dauer einer UV-Belichtung bei 350 nm und einer Lichtleistung von 50 W. Nehmen Sie an, dass man hierbei genauso viele Photonen wie Elektronen benötigt. Die Belichtungsoptik habe eine Effizienz von 10%.

Aufgabe 5 – Thermisches Verdampfen

- Die mittlere freie Weglänge λ berechnet sich zu $\lambda = \frac{kT}{\sqrt{2} p \pi d^2}$
d ist dabei der molekulare Durchmesser und beträgt für Stickstoff 0.37 nm.
- a) Für die hier betrachtete Aufdampfanlage ist bei $T = 25 \text{ °C}$ eine mittlere freie Weglänge von 10^5 cm nötig. Berechnen Sie den dazu nötigen Druck.
- b) Bestimmen sie den Yield während des Aufdampfens für den Fall, dass sich auf dem Probenhalter 9 Proben der Größe $2 \times 2 \text{ cm}^2$ befinden und der Verdampfungskegel einen Öffnungswinkel von 20° aufweist. (Abstand Quelle-Probenhalter 50 cm)
- c) Bei einer Rate von 0.9 nm/s soll eine Schichtdicke von 30 nm aufgedampft werden. Die mittlere Rate bis zum Erreichen der Ziel-Rate nach 120 s beträgt 0.05 nm/s . Bestimmen Sie den Wert des Goldes auf der Probe und insgesamt. (Goldpreis: $50 \text{ \$ je } 1 \text{ g Gold}$)