

Optoelektronik – Übung 3

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 9:45 – 11:15

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

- Übungsblätter und Lösungshinweise werden auf dem ILIAS zur Verfügung gestellt.

Aufgabe 1 – 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 2 – 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: $50 \text{ € je } 1 \text{ g Gold}$)

Aufgabe 3 – Rekombinationsprozesse

- Ein undotierter InGaAsP Halbleiter besitzt eine Bandlücke bei einer äquivalenten Photonenenergie von $1.3\mu\text{m}$. Der Zusammenhang zwischen den Lebensdauer und den Rekombinationskoeffizienten ist gegeben durch:

$$\frac{1}{\tau} = \frac{R}{N} = A + B \cdot N + C \cdot N^2$$

- a) Skizzieren Sie einen Photolumineszenz Aufbau. Beschreiben Sie Messprinzipien/Detektoren für zeitaufgelöste Photolumineszenz Messungen.

Aufgabe 3 – Rekombinationsprozesse

- b) Bei verschiedenen Ladungsträgerkonzentrationen werden die folgenden Lebensdauern gemessen:

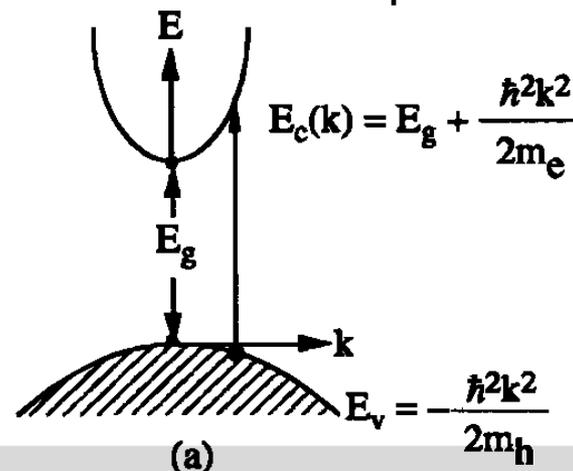
$N [cm^{-3}]$	$5 \cdot 10^{17}$	$1 \cdot 10^{18}$	$5 \cdot 10^{18}$	$1 \cdot 10^{19}$
$\tau_{PL} [ns]$	30	17,1	3,13	1,25

Bestimmen Sie die Koeffizienzen für Störstellen-, strahlender Elektron-Loch Paar-, und Auger-Rekombination aus diesen Daten.

- c) In welchem Bereich ist Ladungsträgerbereich ist die strahlende, bimolekulare Rekombination dominant?

Aufgabe 4 – 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 $\approx 1.8k_bT$
- 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 5 – Totalreflexion in einer LED

- a) Betrachten Sie nebenstehende vereinfachte LED Geometrie. Neben den fresnelschen Reflexionsverluste treten Verluste durch Totalreflexion auf. Berechnen Sie den kritischen Winkel θ_c für das Auftreten von Totalreflexion an einer GaAs ($n=3.6$) – Luft Grenzfläche.
- b) Welcher prozentuale Anteil der Gesamtleistung wird vorwärts in den Raumwinkel emittiert, indem das Licht aus der LED austreten kann?
- c) Mit welchen technologischen Maßnahmen lässt sich die Lichtausbeute einer LED steigern?

