

Optoelektronik I

Übung Nr. 6

Aufgabe 1: Laserbedingungen

- Nennen Sie die erste Laserbedingung und beschreiben Sie kurz deren Inhalt.
- Nennen Sie die zweite Laserbedingung und beschreiben Sie diese kurz (Hinweis: Die zweite Laserbedingung hat zwei Teile).
- Wo liegen die Fermienergie-Niveaus der Elektronen und Defektelektronen (Löcher), wenn die Inversionsbedingung im Halbleiter hergestellt wurde?

Aufgabe 2: Aufbau und Wirkungsweise eines Halbleiterlasers.

- Nennen Sie die wesentlichen Bauteile eines Halbleiterlasers, zeichnen Sie den Querschnitt eines typischen einfachen Halbleiterlasers.
- Was ist ein Fabry-Perot-Resonator?
- Was ist die Schwellstromdichte?
- In einem GaAs pn-Homojunction Laser liegt die Schwellendichte n_{th} der Elektronen (auf der p-Seite) bei $n_{th}=5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$. Die aktive Zone in der p-dotierten Schicht ist $d=2 \mu\text{m}$ dick, $400 \mu\text{m}$ lang und $150 \mu\text{m}$ breit. Berechnen Sie die Schwellstromdichte und den Schwellstrom des Lasers unter der Annahme, dass Sie mit einem Wirkungsgrad von 100% Elektronen in die p-Seite einspülen, dass keine Ladungsträger-Loch-Paare die aktive Zone durch Drift/Diffusion verlassen und dass die Lebensdauer der Elektronen $\tau_n=3 \text{ ns}$ beträgt ($e=1,6 \times 10^{-19} \text{ As}$).
- Wie ändert sich das Spektrum einer einfachen Laserdiode (Homostruktur), wenn Sie den Strom von $I=0 \text{ mA}$ bis auf Werte $I \gg I_{th}$ erhöhen?
- Was verstehen Sie unter „Mode hopping“ (Erläuterung des Verhaltens, Skizze)?
- Nennen Sie mindestens drei wesentliche Eigenschaften von Laserlicht.

Aufgabe 3: Resonator einer Laserdiode.

Sie haben einen GaAs-Laser ($n=3,6$) im Labor zur Untersuchung. Mit Hilfe eines hochauflösenden optischen Spektroanalytators messen Sie bei der Emissionswellenlänge des Lasers von 860 nm einen Modenabstand von $\Delta\lambda=0,3 \text{ nm}$.

Unterhalb der Laserschwelle ($I < I_{th}$) messen Sie eine spektrale Linienbreite (Halbwertsbreite) der LED Strahlung von $\lambda_{HWB}=15\text{nm}$.

- Berechnen Sie den Frequenzabstand der optischen Resonatormoden (Longitudinalmoden).
- Berechnen Sie die Länge des Halbleiterlaserkristalls (die Länge L des Resonators).
- Bei einem bestimmten Treiberstrom I_0 tritt Verstärkung innerhalb eines Bereiches von $2/3$ der gemessenen Linienbreite der LED-Strahlung auf. Geben Sie die Anzahl der Lasermoden innerhalb dieses Bereiches an.
- Was sind Transversalmoden?
- Was verstehen Sie unter index- bzw. gewinngeführten Laserdioden?

Aufgabe 4: Elektro-optische Kennlinie, Spektrum und Wirkungsgrad von LDs.

- Zeichnen Sie die elektro-optischen Kennlinien von gewinn- und indexgeführten Laserdioden und beschreiben Sie die Unterschiede. Wie verhalten sich die Kennlinien bei Temperaturänderung?
- Zeichnen Sie die spektrale Feinstruktur einer Laserlinie für einen gewinn- und einen indexgeführten Laser. Was sind die Unterschiede?
- Eine grüne Laserdiode ($\lambda=550\text{ nm}$) wird bei einem Strom von $I-I_{th}=50\text{ mA}$ über der Schwelle betrieben. Die optische Ausgangsleistung (Strahlungsfluss Φ_e) beträgt $\Phi_e=30\text{ mW}$. Berechnen Sie den differentiellen Wirkungsgrad η_d dieser Laserdiode.
- Berechnen Sie den Leistungswirkungsgrad der Diode η_P (Laserschwelle liegt bei $I_{th}=30\text{mA}$, $U_F=2,8\text{V}$).

Aufgabe 5: Weiterführende Laserkonzepte.

- Beschreiben Sie kurz, was Sie unter einem DBR und einem DFB Laser verstehen (Skizze).
- Nennen Sie den wesentlichen Vorteil dieser Laser gegenüber einfachen LDs.
- Was ist ein MQW-Laser?
- Was ist ein VCSEL? Was ist der wesentliche Vorteil dieses Lasers, verglichen mit anderen kantenemittierenden Lasern?

Aufgabe 6: Modulation von Halbleiterlasern.

Was ist bei der Modulation von Halbleiterlasern (Strom-Modulation) zu beachten? Was ist hier der Unterschied zwischen LEDs und LDs? Was verstehen Sie unter Relaxationsschwingungen bei LDs und wie können diese vermieden werden?