

Optoelektronik I

Übung Nr. 5

Aufgabe 1: Lumineszenz

- Nennen Sie bitte die grundlegende Voraussetzung zur Emission von Licht aus dem Halbleiter. Wie wird diese Voraussetzung technisch realisiert?
- Lambert'scher Flächenstrahler: Bitte geben Sie den Zusammenhang zwischen abgestrahlter Intensität und dem Abstrahlwinkel an.

Aufgabe 2: Wirkungsgrad einer LED - grundlegende Zusammenhänge

- Welche Wirkungsgrade werden in der LED unterschieden und führen zum Gesamtwirkungsgrad?
- Definieren Sie bitte den Gesamtwirkungsgrad (externer Quanten-Wirkungsgrad) formelmäßig und beschreiben Sie dessen Aussage.
- Definieren Sie bitte formelmäßig das Ansprechvermögen (responsivity) einer LED.
- Definieren Sie bitte die Größe Lichtausbeute einer LED formelmäßig.
- Bitte geben Sie den Leistungswirkungsgrad einer LED als Funktion des externen Wirkungsgrades einer an.

Aufgabe 3: Gelb-orange LED

Eine gelb-orange LED hat lt. Datenblatt folgende Parameter: $U_F=2V$, $I_F=20mA$, Lichtstrom (luminous flux) $\Phi_V=1425lm$, Emissionswellenlänge $\lambda_{peak}=610nm$.

Bitte berechnen Sie i) die optische Strahlungsleistung unter der Annahme, dass die gesamte optische Strahlung bei 610nm emittiert wird, ii) den visuellen Wirkungsgrad, iii) die Lichtausbeute, iv) den Leistungswirkungsgrad und v) den externen (Quanten-) Wirkungsgrad der LED.

Aufgabe 4: Weiße LED

- a) Beschreiben Sie bitte den typischen Aufbau und die Wirkungsweise von weißen LEDs. Bitte nennen Sie zwei weitere LED-Designs für weißes Licht.
- b) Sie wollen einen innovativen Glühbirnenersatz aus weißen Leuchtdioden aufbauen. Hierzu haben Sie weiße Hochleistungs-LEDs mit folgenden Daten im Internet gekauft: Lichtstrom $\Phi_V=120\text{lm}$, Abstrahlwinkel $\theta=55^\circ$, Flussspannung $U_F=3,5\text{V}$, Strom bei Flussspannung $I_F=700\text{mA}$. Bitte berechnen Sie die Anzahl der benötigten LEDs für eine vollständige 360° Beleuchtung (Hinweis: Raumwinkel ist $\Omega=2\pi(1-\cos(\theta/2))\Omega_0$). Bitte bewerten Sie Ihr Ergebnis bezüglich der Lichtausbeute indem Sie Ihr Design mit einer herkömmlichen Glühbirne (Lichtausbeute $\eta_V=20\text{lm/W}$) vergleichen.

Aufgabe 5: Gesamtwirkungsgrad einer GaP LED

Eine GaP LED (Brechzahl des Halbleitermaterials $n_{HL}=3,5$ emittiert aus einer strahlenden Chipfläche von $0,05\text{mm}^2$ Licht der Wellenlänge $\lambda=550\text{nm}$. Die LED ist innerhalb einer konvexen Epoxyharzverpackung (Brechzahl $n_E=1,5$) aufgebaut. Die Diode liefert einen Strahlungsfluss von $0,5\text{ mW}$ in die Umgebung außerhalb der Verkappung. Bitte berechnen Sie die Stromdichte am pn-Übergang bei einem Wirkungsgrad (direkt am pn-Übergang) von 20lm/A .

Aufgabe 6: Einfache Treiberschaltung für 3 LEDs.

Sie wollen an 20 V Gleichspannung eine blaue LED ($U_F=3,5\text{V}$, $I_F=50\text{mA}$) und 2 rote LED ($U_F=1,8\text{V}$, $I_F=20\text{mA}$) betreiben. Bitte geben Sie eine Schaltung mit entsprechenden Vorwiderständen an.

Aufgabe 7: Modulation von LEDs

- a) Zeichnen Sie bitte die statische und dynamische optische Kennlinie (Modulationskennlinie) einer LED qualitativ.
- b) Von welcher Eigenschaft des Halbleitermaterials hängt die 3dB-Grenzfrequenz der Modulation entscheidend ab?
- c) Zeichnen Sie qualitativen Verlauf des Quotienten der abgestrahlten optischen Leistung im Modulationsfall $\Phi_e(f)$ und der statisch abgestrahlten Leistung $\Phi_e(\text{dc})$ als Funktion der Frequenz f . Zeichnen Sie die 3dB Grenzfrequenz ein.
- d) Berechnen Sie bitte die 3dB Grenzfrequenz für eine GaAs LED unter der Annahme, daß nur strahlende Rekombination der Ladungsträger mit einer Lebensdauer von $\tau=2\text{ns}$ vorliegt.