

Optoelektronik I

Übung Nr. 7

Aufgabe 1: Optische Strahlungsdetektoren.

Nennen Sie zwei wichtige Gruppen von optischen Strahlungsdetektoren und charakterisieren Sie diese kurz bezüglich deren Wirkmechanismen.

Aufgabe 2: pn-Übergang und Fotodetektion.

- Zeichnen Sie die I-U-Kennlinie eines pn-Übergangs (mit dem Parameter empfangener Strahlungsfluss Φ_e) und nennen die Kennlinienformel $U=U(I)$.
- Bezeichnen Sie die Arbeitsbereiche und Anwendungen von optischen pn-Dioden in den einzelnen Quadranten des Kennlinienfeldes.
- Leiten Sie das Verhalten der Leerlaufspannung und des Kurzschlussstroms jeweils als Funktion des Strahlungsflusses Φ_e ab.
- Beschreiben Sie kurz die Vorgänge innerhalb der pn-Fotodiode, welche bei Lichteinstrahlung zu einem nachweisbaren Stromfluss im äußeren Stromkreis führen. Unterscheiden Sie hierbei zwischen Diffusions- und Driftstrom (Machen Sie ggf. eine Zeichnung!)

Aufgabe 3: Kenngrößen einer Fotodiode.

- Definieren Sie die Kenngröße Quantenwirkungsgrad η_{ext} , was sagt diese Größe aus?
- Definieren Sie die Kenngröße spektrale Empfindlichkeit s , was sagt diese Größe aus? Unterscheiden Sie zwischen Stromempfindlichkeit s_i und Spannungsempfindlichkeit s_U . Wann finden Sie die Spannungsempfindlichkeit in Datenblättern angegeben?
- Zeichnen Sie den Verlauf der spektralen Empfindlichkeit s_i einer Fotodiode als Funktion der Wellenlänge λ , $s_i=s_i(\lambda)$ und interpretieren Sie diesen Verlauf mit Hilfe Ihres Wissens über die Wirkungsweise der Fotodiode.
- Berechnen Sie den Quantenwirkungsgrad (externe Quantenausbeute) η_{ext} einer Si-Fotodiode bei $\lambda=700\text{nm}$. Die Diode zeigt bei dieser Wellenlänge eine spektrale Empfindlichkeit von $0,5\text{A/W}$.

Aufgabe 4: pin- und Lawinen-Fotodioden.

- a) Zeichnen Sie den prinzipiellen Aufbau einer pin-Fotodiode.
- b) Benennen Sie den wesentlichen Unterschied zur pn-Fotodiode. Welche drei Vorteile bietet der pin-Aufbau gegenüber den pn-Dioden?
- c) Beschreiben Sie die Wirkungsweise der Lawinenfotodiode anhand einer Zeichnung zum pn-Übergang. Wie können mit der Lawinenfotodiode einzelne Photonen nachgewiesen werden? Wie wird der Arbeitsmodus der Lawinenfotodiode zum Nachweis einzelner Photonen bezeichnet?

Aufgabe 5: Lichtschranke.

- a) Nennen Sie zwei Arten von Lichtschranken.
- b) Eine neue Zählleinrichtung in der Mensa soll die Anzahl der Personen pro Stunde ermitteln, die die Mensa durch eine Tür betreten. Die Mensa wird durch eine zweite Tür verlassen. Die Tür ist 2,5m breit. Sie haben eine Leuchtdiode zur Verfügung, welche bei 850nm eine Strahlstärke von 20mW/sr besitzt. Ihre Empfangsfotodiode (Si-Diode, strahlungsempfindliche Fläche $A=2\text{mm}^2$) zeigt bei 850nm eine spektrale Empfindlichkeit von 0,8A/W. Wie groß ist der Fotostrom der Diode, wenn sich keine Person in der Tür befindet? Vernachlässigen Sie bei der Berechnung die Bestrahlung durch Tageslicht.

Aufgabe 6: Nachweisvermögen von Fotodioden.

- a) Definieren Sie die Größen NEP_0 , NEP , D und D^* formelmäßig. Was sagen diese Größen aus?
- b) Welchen Strahlungsfluss (rms-Wert) Φ_{rms} muss eine FD mit einer bezogenen Detektivität (bei 850 nm) von $D^*=6.6 \times 10^{12} \text{ cm}\sqrt{\text{Hz/W}}$ und einer Fläche $A_2=7,6\text{mm}^2$ mindestens empfangen, um ein elektrisches Signal-zu-Rausch-Verhältnis von 7dB bei einer Bandbreite von 15kHz zu erzeugen (Fremdlicht vernachlässigen)?

Aufgabe 7: Ortsauflösende Strahlungsdetektoren.

- a) Was ist ein CCD? Beschreiben Sie kurz die Wirkungsweise.
- b) Was sind wesentliche Unterschiede in Architektur und Wirkungsweise zwischen einem CMOS und einem CCD Detektor?
- c) Was ist eine Quadranten-Fotodiode und zu welchen Aufgaben wird diese eingesetzt?