

Übungen zur Vorlesung Grundlagen der Messtechnik

Prof. Dr. G. Dollinger

1. Silizium-Photodiode

- (a) Skizzieren Sie die I - U -Kennlinie einer typischen Photodiode für den Fall ohne Lichteinstrahlung und für den Fall mit Lichteinstrahlung. Geben Sie in der Skizze typische Werte an, bei denen die Kennlinien die Achsen schneiden.

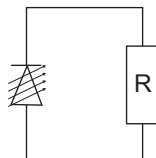


Abbildung 1: Schaltung für Photodiode.

- (b) Die Photodiode wird wie in Abb. 1 in einem Kreis mit einem Arbeitswiderstand R geschaltet. Geben Sie die Arbeitspunkte (I , U) der Diode für (i) $R = 0$ und (ii) $R = \infty$ an.
- (c) Geben Sie den Arbeitspunkt in der Diodenkennlinie an, in dem der maximale Energieertrag erzielt wird (\rightarrow Solarzelle).
- (d) Abb. 2 zeigt die spektrale Empfindlichkeit einer handelsüblichen Photodiode. Die Diode (Silizium) wird mit rotem Licht der Wellenlänge $\lambda = 700$ nm bestrahlt. Berechnen Sie bei dieser Wellenlänge die Quanteneffizienz ε der Diode (Anzahl der den Photostrom erzeugenden Elektronen zur Anzahl der einfallenden Photonen).
- (e) Wie ändert sich die Quanteneffizienz mit der Lichtwellenlänge in erster Näherung?
- (f) Wie ändert sich die elektrische Leistung mit der Lichtwellenlänge (Solarzelle)?

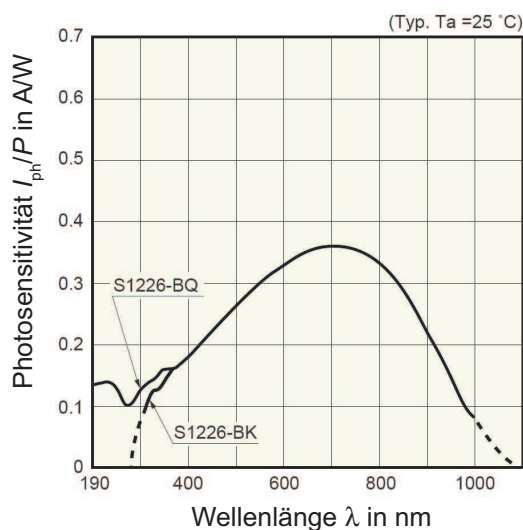


Abbildung 2: Spektrale Empfindlichkeit (Photostrom pro eingestrahelter Leistung) in Abhängigkeit der Wellenlänge für eine handelsübliche Diode (Hamamatsu S1226).

2. Besetzungswahrscheinlichkeit

Die Besetzungswahrscheinlichkeit $p(E)$ der Ladungsträger mit der Energie E ist bei einer bestimmten Temperatur T gegeben durch die Fermi-Verteilung

$$p(E) = f(E) = \frac{1}{e^{\frac{E-E_F}{kT}} + 1}$$

- (a) Für welche Energien kann diese Verteilung durch die Boltzmann-Verteilung (vgl. Vorlesung) angenähert werden?
- (b) Wie groß ist die Besetzungswahrscheinlichkeit an der Leitungsbandkante für Si ($E_{\text{Gap}} = 1.1 \text{ eV}$) bei Raumtemperatur, wenn das Fermi-Niveau E_F in der Mitte des verbotenen Bandes liegt (intrinsische Leitung)?
- (c) Der Halbleiter ist nun dotiert, die Zustände der Donatoren liegen energetisch knapp unter der Leitungsbandkante. Das Fermi-Niveau bildet sich dabei in der Mitte zwischen Donator-Niveau und Leitungsbandkante aus. Wie groß ist die Besetzungswahrscheinlichkeit an der Leitungsbandkante bei Raumtemperatur, wenn das Niveau der Donator-Zustände E_D 0.05 eV unter dem Leitungsband liegt?
- (d) Ist der Halbleiter im letzteren Fall n-dotiert oder p-dotiert?

3. Halbleiter Bandlücke (Sperrstrom)

Der Sperrstrom (Strom ohne Beleuchtung in Sperr-Richtung $U < 0 \text{ V}$, auch "Leckstrom") hängt von der temperaturabhängigen Besetzungswahrscheinlichkeit der Ladungsträger im Leitungs- bzw. Valenzband ab. Für eine 1 cm^2 große Silizium-Diode ($E_{\text{Gap}} = 1.1 \text{ eV}$) erhält man bei Raumtemperatur $T_1 = 20^\circ \text{C}$ einen typischen Sperrstrom von $I_0(\text{Si}) = 50 \text{ nA}$. Berechnen Sie den Sperrstrom, den Sie für eine gleich große Diamant-Diode ($E_{\text{Gap}} = 5.4 \text{ eV}$) erhalten, wenn Sie diese bei einer Temperatur von $T_2 = 500^\circ \text{C}$ betreiben.