

Übung 15 Elektrische Leitung Elektronenleitung in Metallen, Bändermodell, Halbleiter

Lernziele

- ein Experiment kennen, mit welchem nachgewiesen werden kann, dass der Ladungstransport in Metallen über bewegte Elektronen geschieht.
- die Grössenordnung der Elektronen-Driftgeschwindigkeit in einem Metalldraht kennen.
- eine einfachere Überschlagsrechnung ausführen können.
- das Bändermodell eines Leiters, Halbleiters, Nicht-Leiters skizzieren können.
- die Begriffe Valenzband und Leitungsband verstehen.
- die elektrische Leitung in Metallen und nicht-dotierten Halbleitern anhand des Bändermodells verstehen.
- die Eigenleitung eines Halbleiters anhand des Bändermodells verstehen.
- die Begriffe Paarbildung, Rekombination verstehen.
- wissen, worin das Dotieren eines Halbleiters besteht.
- verstehen, warum Halbleiter dotiert werden.
- das Leitungsverhalten von dotierten Halbleitern verstehen.
- die Leitungsmechanismen in einem p-n-Übergang verstehen.
- wissen, was eine Halbleiterdiode ist.

Aufgaben

Elektronenleitung in Metallen

1. Studieren Sie im Buch Metzler den Abschnitt "5.4.3 Elektronenleitung in Metallen" (Seiten 212 und 213).
2. Metzler: 213/1
3. Im Haushaltstromnetz (Wechselspannung 230 V / 50 Hz) fliesse durch einen Kupferdraht mit dem Durchmesser 1 mm ein elektrischer Ladungsstrom der Stärke 1 A (Effektivwert).

Während einer Halbperiode legt ein einzelnes Elektron auf Grund seiner Driftgeschwindigkeit im Draht eine bestimmte Wegstrecke zurück.

Schätzen Sie mit Hilfe der Angaben im Buch Metzler (Abschnitt 5.4.3, Seite 213) die Grössenordnung (10er-Potenz) dieser Wegstrecke ab.

Bändermodell

4. Die Energielücke zwischen dem Valenz- und dem Leitungsband beträgt bei Halbleitern etwa 1 eV (Elektron-Volt). Ist die Energielücke grösser als 3 eV, spricht man von einem Isolator.
 - a) 1 eV ist definitionsgemäss die (kinetische) Energie, die in einem Elektron gespeichert ist, nachdem es aus der Ruhe eine Beschleunigungsspannung von 1 V durchlaufen hat. Bestimmen Sie aus dieser Definition, wieviel J (Joule) 1 eV ist.
 - b) Vergleichen Sie die Energie, die ein Elektron in einem Halbleiter aufnehmen muss, um vom Valenz- ins Leitungsband zu gelangen, mit der kinetischen Energie eines in einem Kupferdraht driftenden Leitungselektrons (vgl. "Elektronenleitung in Metallen").

Halbleiter

5. Studieren Sie im Buch Metzler die folgenden Abschnitte:
 - a) "12.1.1 Ionen und Elektronen im Festkörper" (Seiten 438 und 439)
 - b) "12.1.2 Halbleiter und Dotierung" (Seiten 440 und 441)
 - c) "12.1.3 p-n-Übergang und Diode" (Seiten 442 und 443)

6. Beurteilen Sie, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind.
- a) "Ein p-dotierter Halbleiter ist positiv geladen."
 - b) "Je höher die Temperatur ist, desto breiter ist die Raumladungszone in einem p-n-Übergang."
 - c) "Wird eine p-n-Diode in Durchlassrichtung gepolt, so wird der Diffusionsstrom in der Raumladungszone begünstigt."
7. Betrachten Sie die Grafik 442.2 im Buch Metzler (Seite 442).
Jemand vermutet: "Irgend etwas stimmt nicht mit der Anzahl der gezeichneten Elektronen und Löcher im Teil c) der Grafik."
Begründen Sie schlüssig, ob Sie diese Vermutung unterstützen oder nicht.

Lösungen

1. ...
2. $n = \frac{1}{r \cdot u \cdot e}$
 $n_{\text{Ag}} = 7.0 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$
 $n_{\text{Bi}} = 1.4 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$
3. $D_s \approx 1 \text{ mm}$
4. a) $1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
b) Energieverhältnis $\approx \frac{10^{-19} \text{ J}}{10^{-36} \text{ J}}$
5. a) ...
b) ...
c) ...
6. a) falsch
b) wahr
c) wahr
7. Die Vermutung ist richtig. Es sind zu viele Elektronen und Löcher eingezeichnet.