

Eigenschaften von GaAs

Galliumarsenid ist ein Halbleiter mit einer Bandlücke $\Delta E = 1,42 \text{ eV}$, effektiven Elektronenmasse $m_e^* = 0,063 m_e$, effektiven Lochmasse $m_L^* = 0,51 m_e$ und Dielektrizitätskonstante $\epsilon_r = 12,9$. Im Folgenden sollen seine grundlegenden Eigenschaften diskutiert werden.

- a) Im Wasserstoffatom ist die Bindungsenergie des Elektrons mit Hauptquantenzahl n näherungsweise gegeben durch

$$E_n = -\frac{Rhc}{n^2} \quad \text{mit} \quad R = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^3 c}$$

Passen Sie diese Formel so an, dass sie zur Berechnung der Energiezustände von Donatoren in dotierten Halbleitern geeignet ist und erläutern Sie die vorgenommenen Anpassungen!

(3 Punkte)

- b) Berechnen Sie nach der o.g. Näherung die Ionisierungsenergie des Dotieratoms im Grundzustand von GaAs! (Ersatzlösung: 6 meV) (1 Punkt)
- c) Erläutern Sie, was man in der Halbleiterphysik im Bändermodell unter Ionisierung des Donatoratoms versteht! (1 Punkt)
- d) Schätzen Sie ab, ob die Donatoren in GaAs bei Raumtemperatur überwiegend ionisiert oder nicht ionisiert sind! (1 Punkt)
- e) Durch die Dotierung von GaAs mit Donatoratomen wird seine Absorption für elektromagnetische Strahlung geändert. Berechnen Sie die Wellenlänge (in nm) und die Photonenenergie (in eV), bei denen diese Änderung auftreten kann und benennen Sie die entsprechenden Spektralbereiche! (3 Punkte)
- f) Die elektrische Leitfähigkeit eines Halbleiters kann aus dem klassischen Drude-Modell berechnet werden. Erläutern Sie dieses Modell und zeigen Sie, dass für die Leitfähigkeit σ gilt:

$$\sigma = \frac{e^2 N \tau}{m}$$

wobei τ die phänomenologische Stoßzeit ist.

(4 Punkte)

- g) Sie messen bei Zimmertemperatur für eine n -dotierte GaAs-Probe (alle Dotieratome seien einfach ionisiert) einen spezifischen Widerstand von $\rho = 10^{-4} \Omega \text{m}$. Die Beweglichkeit μ_e der Elektronen der Probe habe den Wert $\mu_e = 8500 \text{ cm}^2/(\text{Vs})$. Berechnen Sie die Konzentration N_D der Dotieratome dieser Probe unter Vernachlässigung der Eigenleitung! (2 Punkte)
- h) Berechnen Sie die mittlere Stoßzeit τ nach diesem Modell! (1 Punkt)
- i) Skizzieren Sie die Leitfähigkeit σ eines dotierten Halbleiters als Funktion der Temperatur T und erläutern Sie das Verhalten in den verschiedenen Temperaturbereichen! (4 Punkte)