ÜBUNGSBLATT 6

Beispiel 21 (Wiederholung I):

(a) Drei unterschiedliche undotierte Halbleitermaterialien haben bei Raumtemperatur und bei vergleichbaren Bandgewichten N_c und N_v die intrinsischen Ladungsträgerdichten:

$n_{i,a} = 2.3\cdot 10^{13}\ \mathrm{cm}^{-3}$

$n_{i,b} = 1\cdot 10^{-27}\ \mathrm{cm}^{-3}$

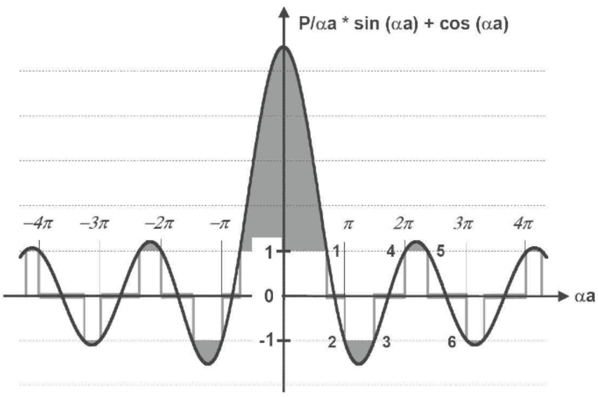
$n_{i,c} = 2\cdot 10^{16}\ \mathrm{cm}^{-3}$

Reihen Sie die Halbleiter a, b und c nach dem Bandgap. Um welche Halbleiter könnte es sich dabei handeln?

(b) Ausgehend vom Banddiagramm von GaAs, erklären Sie bitte folgendes (Erklärung, Formel und Graphik!)

- An welchen Punkten im Banddiagramm ist eine parabolische Näherung sinnvoll?
- Wo ist die Effektive Masse der Elektronen am kleinsten?
- Wo ist die Effektive Masse der Löcher am kleinsten?
- Bei Temperaturerhöhung dehnen sich auch Halbleiter aus. Welche charakteristische Größe wird dadurch beeinflusst und wieso?
- Welche anderen Effekte die Sie bisher gelernt haben sind Temperaturabhängig?

Beispiel 22 (Wiederholung II):

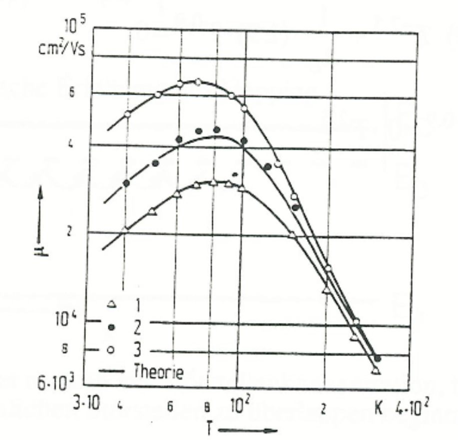


Ermitteln Sie ausgehend vom Kronig-Penney-Modell in 1D wie sich das Bandgap verändert wenn sich die Gitterkonstante a im Halbeiter verkleinert (z.B. durch Anlegen sehr hoher Drücke). Gehen Sie dabei folgendermaßen vor: die dimensionslose Lösung für das Deltapotential lautet

$$(P/\alpha a)\sin(\alpha a) + \cos(\alpha a) = \cos(ka)$$

Die graphische Lösung ist im Bild links dargestellt. Die Gleichung hat nur dann eine reelle Lösung wenn die linke Seite der Gleichung im Intervall zwischen -1 und +1 liegt. Die Strecke zwischen 2 und 3 auf der αa Achse zeigt den Bereich an wo die Gleichung keine Lösung hat, dort befindet sich das Bandgap. Den Positionen 2 und 3 lassen sich über α Energien zuordnen, wenn der Atomabstand a bekannt ist)

Beispiel 23 (Beweglichkeit von Ladungsträgern):



Eine GaAs-Probe mit einer Donatorkonzentration von N_D= $5.4\cdot10^{15}$ cm^{-3} hat eine Elektronenbeweglichkeit von μ_{n1} = 20000 $cm^2/(V\cdot s)$ bei T_1=40K und eine Elektronenbeweglichkeit von μ_{n2} = 8000 $cm^2/(V\cdot s)$ bei T_2 = 300K.
Bei welcher Temperatur liegt das Maximum der Elektronenbeweglichkeit und wie groß ist diese?
Wie groß wäre die Elektronenbeweglichkeit einer vollkommen undotierten GaAs-Probe bei T_1=40K bzw. Bei T_2= 300K?

Nehmen Sie an, dass die Beweglichkeit zufolge Störstellen proportional zu $T^{1.5}$ ist, jene zufolge Gitterstreuung proportional zu $T^{-1.9}$ und verwenden Sie die Mathiessen-Regel.

Beispiel 24 (Halleffekt):

(a) Stellen Sie in der Drude-Näherung die Bewegungsgleichung für ein Elektron im elektrischen und magnetischen Feld auf, unter Annahme einer konstanten Relaxationszeit τ. Leiten Sie hieraus im stationären Fall für eine Ladungsträgerdichte n bei = $\vec{B} = (0,0,B)$ eine Relation zwischen dem elektrischem Feld $\vec{E}$ und der Stromdichte $\vec{j}$ ab. Schreiben sie diese Beziehung in Matrixform um: $\vec{E} = \rho^\wedge \vec{j}$ Wie lauten die Matritxdarstellungen des Widerstandstensors $\rho^\wedge$ und Leitfähigkeitstensors $\sigma^\wedge$? (für $\sigma^\wedge$ die Matrix invertieren !)

(b) Für einen (n-Typ) Si-Balken der Länge L_x= 2 cm, Breite L_y= 0.2 cm und Höhe L_z= 0.2 cm werden bei = B=0.1 T für einen Strom I=10mA folgende Spannungsabfälle gemessen (jeweils über die gesamte Länge bzw. Breite): U_x= 4.15V, U_y= -2.1mV. Bestimmen Sie Ladungsträgerdichte, Beweglichkeit und Leitfähigkeit der Probe.