17.06.2004
H. Kolanoski
C. Gößling

Übung 9

zur Vorlesung im SS04
Detektoren in der Elementarteilchenphysik

Aufgabe 9.1: Leitfähigkeit für intrinsisches Silizium (2 P)

Berechnen Sie die Spannung, die Sie bei 300 K an einen rechteckigen Stab aus intrinsischem Silizium anlegen müssen, um einen Strom von 100 nA fließen zu lassen. Der Querschnitt des Stabes sei $10\,\mu\text{m}\times 50\,\mu\text{m}$ und seine Länge sei 1 mm.

Aufgabe 9.2: Bändermodell und Dotierung (9 P)

a) Skizzieren Sie die Bandstruktur eines intrinsischen, eines p-dotierten und eines n-dotierten Halbleiters. Zeichnen Sie jeweils das Fermi-Niveau ein (3P).

b) Warum nennt man diese Dotierungen n, p, Donatoren und Akzeptoren (2P)?

c) Entlang der Koordinate x sei zunächst ein n-dotierter Siliziumstab und dann ein p-dotierter Siliziumstab angeordnet. Skizzieren Sie Ladungsdichte, elektrische Feldstärke, elektrostatisches Potential und Bandstruktur inklusive Fermi-Niveau als Funktion der Koordinate x für den Fall der Isolierung und für den Fall der Berührung (4P).

Aufgabe 9.3: Leitfähigkeit für dotiertes Silizium (3 P)

Der Siliziumstab aus Aufgabe 9.1 sei jetzt mit Donatoratomen mit folgenden Dichten dotiert:

a) $N_D = 10^9\,\text{cm}^{-3}$,

b) $N_D = 10^{12}\,\text{cm}^{-3}$,

c) $N_D = 10^{15}\,\text{cm}^{-3}$

Welche Spannungen müssen Sie jetzt jeweils anlegen, um denselben Strom zu erzielen ?

Aufgabe 9.4: Siliziumdetektor (6 P)

Betrachten Sie eine durch Anlegen einer Spannung $-V$ an den p-Kristall in Sperrichtung geschaltete Siliziumdiode (Abbildung 1). Die Konzentration der Donatoren im n-Material sei N_D, die der Akzeptoren im p-Bereich N_A. Die Breite der Verarmungsschicht $d = x_n + x_p$ beträgt:

$$d = \sqrt{\frac{2\epsilon\epsilon_0}{e} V \frac{N_A + N_D}{N_A N_D}}$$

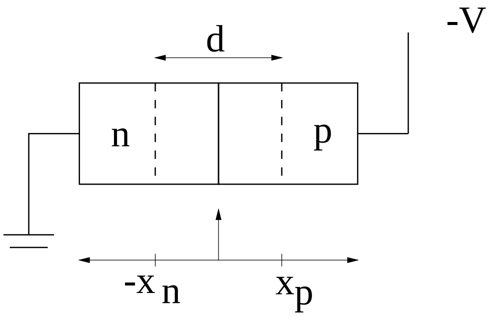

Abbildung 1: *In Sperrichtung geschaltete Diode*

Wegen der Beziehung $x_n N_D = x_p N_A$ erstreckt sich die Verarmungszone bei unsymmetrischer Dotierung weiter in den niedrigerer dotierten Bereich.

Betrachten Sie jetzt einen Standard-Silizium-Wafer mit einer Dicke L von $300\,\mu$m. Zur Herstellung eines Siliziumdetektors wählt man eine n-p^+-Dotierung. Im Falle $N_A \gg N_D$ vereinfacht sich die Formel für d zu

$$d = \sqrt{\frac{2\epsilon\epsilon_0}{e} V \frac{1}{N_D}}.$$

Der Detektor werde mit einer Spannung betrieben, bei der gerade vollständige Verarmung auftritt, also $d = L \approx x_n$ gilt.

- Skizzieren Sie den Feld- und Potentialverlauf im Detektor!

Abgabe: Donnerstag 24.06.2004, in der Vorlesung