

# Übungen zur Vorlesung Festkörperphysik WS 07/08

Prof. G. Maret

Blatt 11, Besprechung am 24./25.1.08

## 1. Aufgabe: Schottky Kontakt

Ein Schottky Kontakt wird auf n-Typ Silizium ( $N_d = 1.5 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ ) durch Aufdampfen von Metall ( $q\Phi_m = 4.9 \text{eV}$ ) hergestellt.

Vernachlässigen Sie den Effekt von Oberflächenzuständen und berechnen Sie die Spannung an der Kontaktstelle (engl.: 'Built-In Voltage'), die Barrierenhöhe und die Breite der Verarmungszone. (Keine angelegte Spannung,  $T = 300 \text{K}$ )

## 2. Aufgabe: Oberflächenpotential eines Halbleiters

Eine Siliziumprobe hat eine gleichmäßige Donatorenkonzentration von  $N_d = 4.5 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$  und eine gleichmäßige Oberflächenzustandsdichte von  $4 \times 10^{12} \text{cm}^{-2} \text{eV}^{-1}$ . Das neutrale Level an der Oberfläche ist  $0.3 \text{eV}$  über der Valenzbandkante.

Bestimmen Sie das Oberflächenpotential der freien Oberfläche und die Breite der Oberflächenverarmungszone (engl.: 'surface depletion region') unter Annahme, dass die Oberfläche im thermischen Gleichgewicht mit dem Vollmaterial ist. Hinweis: Berechnen Sie die Ladung der Verarmungszone mit der Oberflächenladungsdichte.

## 3. Polarisation eines Rotationskörpers

Betrachten Sie eine isolierende Kugel mit der Dielektrizitätskonstante  $\epsilon$  in einem homogenen elektrischen Feld  $E_{ext}$ .

a) Welchen Wert hat das über das gesamte Volumen der Kugel gemittelte elektrische Feld  $E$  innerhalb der Kugel?

b) Welchen Wert hat die Polarisation  $P$  in der Kugel? Setzen Sie bei der Rechnung voraus, dass das Feld  $E_{ext}$  beim Einbringen der Kugel unverändert bleibt. (Hinweis: Es ist hier nicht nötig das lokale elektrische Feld  $E_{lok}$  zu berechnen.)

## 4. Elektrisches Feld im Festkörper

Wird ein ellipsoidförmiger dielektrischer Festkörper in ein homogenes elektrisches Feld  $\mathbf{E}_{ext}$  gebracht, so wird dieser homogen polarisiert und wir erhalten im Innern des Festkörpers ein makroskopisches elektrisches Feld der Stärke  $\mathbf{E}_{mak} = \mathbf{E}_{ext} + \mathbf{E}_N$  mit dem Entelektrisierungsfeld  $\mathbf{E}_N = -N\mathbf{P}/\epsilon_0$ . Die Größe  $N$  ist dabei der Entelektrisierungsfaktor der Probe, der im allgemeinsten Fall einen Tensor 2. Stufe darstellt, und  $\mathbf{P}$  die in der Probe vorliegende homogene Polarisation.

- a) Zwischen den Hauptkomponenten des Entelektrisierungstensors besteht die Beziehung  $N_{xx} + N_{yy} + N_{zz} = 1$ . Welche Werte müssen die Hauptkomponenten für einen langen Stab, eine Kugel und eine dünne Scheibe annehmen?
- b) Leiten Sie einen Ausdruck für das in der Probe herrschende makroskopische elektrische Feld  $\mathbf{E}_{mak}$  her.
- c) Welcher Zusammenhang besteht in diesem Fall zwischen der dielektrischen Verschiebungsdichte  $\mathbf{D}$  und dem extern angelegten elektrischen Feld  $\mathbf{E}_{ext}$  ?
- d) Berechnen Sie das Verhältnis  $\mathbf{E}_{mak}/\mathbf{E}_{ext}$  für einen Festkörper mit einer Dielektrizitätskonstante von  $\epsilon = 2.5$ , wenn dieser die Form eines langen Stabes, einer Kugel oder einer dünnen Scheibe besitzt. Das externe elektrische Feld soll dabei parallel zum Stab bzw. senkrecht zur Scheibe angelegt sein.