

# Halbleiterbauelemente

## Übungsserie 3: *Equilibriumphysik und Ladungstransport im Halbleiter*

**Abgabe: 04.04.2011 in der Übungsstunde**

23. März 2011

### 1. Ladungstransport im Halbleiter

Herrscht in einem Halbleitermaterial thermodynamisches Gleichgewicht, so heben sich die Stromkomponenten des Drifts  $j_{\text{drift}}$  und der Diffusion  $j_{\text{diff}}$  gegenseitig auf.

- Wie lauten die Ausdrücke für Drift- und Diffusionsstrom im Halbleiter? Wie diejenigen für die Leitfähigkeit und für den Ohmschen Widerstand? Durch welchen Transportmechanismus geschieht Transport im Ohmschen Widerstand?
- Befindet sich ein integrierter Widerstand im thermodynamischen Gleichgewicht wenn eine Spannung angelegt wird?

### 2. Integrierter Widerstand für Tieftemperatur-Anwendungen

Sie haben als Ingenieur die Aufgabe, einen Widerstand für eine integrierte Schaltung auf Siliziumbasis zu entwerfen, welche für Anwendungen im Temperaturbereich von 200 K bis 300 K konzipiert wird. Der Widerstand hat eine Länge  $L = 14\mu\text{m}$ . Bei Anliegen der Versorgungsspannung von 1.3 V soll eine Stromdichte von  $80\text{kA}/\text{cm}^2$  erreicht werden. Sie entschliessen sich für Dotierung mit Phosphor, dessen Energie-Niveau sich 45 meV unterhalb der Leitungsbandkante befindet. Elektronen- und Löcherbeweglichkeiten:

$$\begin{aligned}\mu_n(200\text{K}) &= 2400\text{cm}^2/\text{Vs} & \mu_n(300\text{K}) &= 1350\text{cm}^2/\text{Vs} \\ \mu_p(200\text{K}) &= 880\text{cm}^2/\text{Vs} & \mu_p(300\text{K}) &= 480\text{cm}^2/\text{Vs}\end{aligned}$$

- Welche Donator-Konzentration  $N_D$  müssen Sie für Ihren Widerstand bei 300 K und unter Annahme vollständiger Ionisierung der Donatoratome wählen?
- Berechnen Sie den Prozentsatz der Elektronen, welche von den Phosphoratomen bei einer Betriebstemperatur von 300 K *nicht* ans Leitungsband abgegeben werden.
- Wie gross ist dieser Prozentsatz im Tieftemperaturbetrieb bei 200 K? (Effektive Zustandsdichten  $N_c$  und  $N_v$  können als  $T$ -unabhängig angenommen werden).
- Wie stark müssen Sie dotieren, damit die vorgeschriebene Leitfähigkeit bei 200 K gerade gewährleistet ist? Ist das Ausfrieren der Ladungsträger an den Donatoren bei 200 K ein Problem für das Silizium-Bauelement? ( $N_c$  und  $N_v$  wieder  $T$ -unabhängig)