

Halbleiterbauelemente

Übungsserie 6: *Metall–Halbleiter Übergänge*

Abgabe: 9. Mai 2011 in der Übung

20. April 2011

Aufgabe 1: Bevor wir die Metall–Halbleiter Übergänge betrachten, schauen wir uns nochmals die Kapazität einer PN -Diode an. Dazu sei eine Diode bei Raumtemperatur mit einer angelegten Sperrspannung V_R gegeben. Die p -Schicht der Diode hat eine Dotierkonzentration von $N_A = 2.3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ und für die n -Schicht gilt $N_D = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. Die Raumladungszone ist durch $[-x_p, x_n]$ gekennzeichnet, wobei der Übergang bei $x = 0$ liegt.

1. Die Ladung pro Fläche ist $Q'(V_R) \equiv eN_D x_n(V_R) = eN_A x_p(V_R)$. Leiten Sie die dazugehörige Kapazität pro Fläche $C'(V_R)$ her.
2. Für die konkreten Parameter $V_R = 0.35 \text{ V}$, $V_t \equiv kT/q = 25.9 \text{ mV}$ und $n_i = 1.0 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ berechnen Sie zuerst das eingebaute Potential V_{bi} und anschliessend die Kapazität pro Fläche $C'(V_R)$.

Aufgabe 2: Nun betrachten wir eine Gold-Silizium Schottky-Diode mit n -dotiertem Silizium ($N_D = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$) bei Raumtemperatur. Gold hat eine Austrittsarbeit von $\Phi_m = 5.1$ und Silizium eine Elektronenaffinität von $\chi = 4.01$.

1. Geben Sie die Schottky-Barriere Φ_{B0} an und berechnen Sie mit ihrer Hilfe das eingebaute Potential V_{bi} unter Verwendung von

$$\phi_n = V_t \ln \frac{N_c}{N_D}.$$

Hierbei ist $N_c = 2.8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ die effektive Zustandsdichte im Leitungsband von Silizium und V_t die thermische Spannung. Berechnen Sie auch den Rand der Verarmungszone x_n und das maximale elektrische Feld E_{max} ohne eine angelegte äussere Spannung.

2. Wo liegt der Rand $x_n(V_R)$ nach dem Anlegen einer Sperrspannung $V_R = 0.35 \text{ V}$? Geben Sie die Ladung pro Fläche $Q'(V_R) \equiv eN_D x_n(V_R)$ und die entsprechende Kapazität pro Fläche $C'(V_R)$ an. Sehen Sie für $C'(V_R)$ einen qualitativen Unterschied zur Kapazität pro Fläche der PN -Diode?
3. Skizzieren Sie das Bandkantendiagramm einer Schottky-Diode im Gleichgewicht. Zeichnen Sie die Polung für eine Vorwärtsspannung ein. Was passiert mit der Potentialbarriere bei Anlegen dieser Vorwärtsspannung?

Aufgabe 3: Wir vergleichen nun die Schottky- mit der PN -Diode.

1. Im Halbleiter einer Metall-Silizium Schottky-Diode sei das maximale Feld von $E_{max} = 1.6 \times 10^5 \text{V/cm}$. Wie gross ist die Verringerung der Schottky-Barriere $\Delta\phi$ und wo liegt die Stelle x_{max} , an der die Barriere maximal wird?
2. Vergleichen Sie qualitativ die Sättigungssperrstromdichte J_{sT} einer Schottky-Diode und die Sättigungssperrstromdichte J_s einer PN -Diode. Bei welcher Diodenart erzeugen welche Ladungsträger den Strom ?
3. Gegeben sei eine Aluminium-Silizium Schottky-Diode bei $T = 300 \text{K}$. Die experimentell gemessene Barrierenhöhe ist $\phi_{Bn} = 0.575 \text{V}$ und die Richardson-Konstante beträgt $A^* = 130 \frac{\text{A}}{\text{K}^2 \text{cm}^2}$. Berechnen Sie die entsprechende Sättigungssperrstromdichte J_{sT} . Wie gross ist wiederum die Sättigungssperrstromdichte J_s einer typischen PN -Diode mit den Parametern $N_A = 1.5 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$, $D_p = 13 \text{cm}^2/\text{s}$, $L_p = 2 \times 10^{-3} \text{cm}$, $N_D = 2.3 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$, $D_n = 25 \text{cm}^2/\text{s}$, $L_n = 1.6 \times 10^{-3} \text{cm}$ und $n_i = 1.0 \times 10^{10} \text{cm}^{-3}$? Sehen Sie relevante quantitative Unterschiede ?