

Halbleiterbauelemente

Übungsserie 8: *MOSFET I*

Musterlösungen

23. Mai 2011

Aufgabe 1:

1. Das Leitungsband ist nach unten verbogen.
2. Das elektrische Feld ist vom Gate (positive Ladungen) zum Substrat (negative Ladungen) gerichtet.
3. Beides ist unabhängig von der Flachbandspannung. Für die Bandverbiegung bei V_T gilt: $\phi_S = 2\phi_F$. Die Richtung des E-Feldes bei V_T ist durch die Wahl eines p/n-dotierten Substrats bestimmt.
4. Die Bandverbiegung entspricht dem Potential ϕ_S an der Oxid-Substrat-Grenzfläche. Bei Anlegen der Schwellspannung beträgt dieses:

$$\phi_S = 2\phi_F = 2 \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{N_A}{n_i} \right) = 0.835 \text{ V.} \quad (1)$$

5. Damit ist die Weite d_p :

$$d_p = \sqrt{\frac{2 \epsilon_0 \epsilon_{Si} 2\phi_F}{q N_A}} = 0.104 \mu\text{m} \quad (2)$$

6. Die Feldstärke im Silizium an der Grenzfläche beträgt:

$$E_{Si} = \frac{q N_A d_p}{\epsilon_0 \epsilon_{Si}}$$

An der Grenzfläche gilt $\epsilon_{Si} E_{Si} = \epsilon_{ox} E_{ox}$, damit ist im Oxid:

$$E_{ox} = \frac{q N_A d_p}{\epsilon_0 \epsilon_{ox}} = 6.8 \cdot 10^5 \frac{\text{V}}{\text{cm}}. \quad (3)$$

7. Oxidkapazität:

$$C'_{ox} = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_{ox}}{t_{ox}} = 1.92 \cdot 10^{-7} \frac{\text{F}}{\text{cm}^2} \quad (4)$$

Kapazität der Verarmungszone:

$$C'_D = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_{Si}}{d_p} = 7.04 \cdot 10^{-8} \frac{\text{F}}{\text{cm}^2}$$

Gesamtkapazität des MOS-Kondensators:

$$C' = \frac{C'_{ox} \cdot C'_D}{C'_{ox} + C'_D} = 5.15 \cdot 10^{-8} \frac{\text{F}}{\text{cm}^2} \quad (5)$$

Aufgabe 2: Schwellspannung für NMOS-Struktur:

$$V_{TN} = V_{FB} + 2\phi_{fp} + \frac{1}{C'_{ox}} \sqrt{4eN_A \epsilon_{Si} \phi_{fp}} \quad (6)$$

$$\phi_{fp} = Vt \ln\left(\frac{N_A}{n_i}\right) = 0.471 \text{ V} \quad (7)$$

mit der Flachbandspannung (Fermi-niveau im Gate auf der Leitungsbandkante):

$$V_{FB} = \chi - (\chi + E_g/(2e) + \phi_{fp}) = -(E_g/(2e) + \phi_{fp}) = -1.031 \text{ V} \quad (8)$$

und dem Beitrag von der Verarmungszone:

$$\frac{1}{C'_{ox}} \sqrt{4eN_A \epsilon_0 \epsilon_{Si} \phi_{fp}} = 1.67 \text{ V} \quad (9)$$

Insgesamt beträgt die Schwellspannung:

$$V_{TN} = (-1.031 + 2 \cdot 0.471 + 1.67) \text{ V} \approx 1.58 \text{ V} \quad (10)$$