

Übungsblatt 13

Aufgabe 1) MOSFET

Ein n-Kanal MOSFET weist eine Kanallänge von $L = 2 \mu\text{m}$ und eine Kanalweite von $b = 30 \mu\text{m}$ auf. Die Einsatzspannung beträgt $U_{\text{th}} = 1,4 \text{ V}$; die Elektronenbeweglichkeit μ_n im Inversionskanal beläuft sich auf $600 \text{ cm}^2/(\text{Vs})$. Die relative Dielektrizitätszahl des Gate-Oxids beträgt $\epsilon_r = 3,9$.

- Skizzieren Sie einen Querschnitt durch den MOSFET, tragen Sie die Dotierungen ein und beschriften Sie die für die Funktion relevanten Elemente. Skizzieren Sie das Ausgangskennlinienfeld, d.h. den Drainstrom I_D als Funktion der Drain-Source Spannung U_{DS} mit der Gate-Source Spannung U_{GS} als Parameter.
- Berechnen Sie die Dicke d des Gate Oxids, für die der MOSFET bei $U_{\text{DS}} = 3 \text{ V}$ und $U_{\text{GS}} = 6 \text{ V}$ den Kleinsignalwiderstand $r_{\text{DS}} = 100 \Omega$ zwischen Source und Drain annimmt. Was ändert sich an diesem Ergebnis, wenn die Drain-Source Spannung auf $U_{\text{DS}} = 4 \text{ V}$, bzw. $U_{\text{DS}} = 5 \text{ V}$ erhöht wird?

Aufgabe 2) MOSFET II

Ein n-Kanal MOSFET besitzt eine Gate-Kapazität $C_G = C_I = bLC_I' = 1 \text{ pF}$, wobei C_I' den Kapazitätsbelag des Gates beschreibt. Die Kanallänge beträgt $L = 2 \mu\text{m}$ und die Elektronenbeweglichkeit im Kanal liegt bei $\mu_n = 350 \text{ cm}^2/\text{Vs}$. Der FET wird an der Sättigungsgrenze $U_{\text{GS}} = U_{\text{DS}} = 6 \text{ V}$ betrieben. Es wird angenommen, dass die Schwellenspannung bei $U_{\text{th}} = 0 \text{ V}$ liegt und dass das Gate-Oxid frei von Raumladungen ist.

- Wie groß ist der Drainstrom I_D im Abschnürbereich?
- Berechnen Sie für diesen Strom den örtlichen Verlauf des Kanalpotentials $U_K(y)$ an der Grenzfläche zwischen Halbleiter und Gate-Oxid. Die y -Achse verläuft von Drain in Richtung Source entlang des Inversionskanals.

Hinweis: Stellen Sie den Ausdruck für den Drainstrom allgemein als Funktion der Flächenladungsdichte im Kanal auf. Der Verlauf des elektrischen Feldes ergibt sich aus der ortsabhängigen Driftgeschwindigkeit. Dies führt auf eine Differentialgleichung für $U_K(y)$, die die folgende Form aufweist:

$$I_D = b\mu_n \frac{d}{dy} U_K(y) \cdot C_I' [U_{\text{DS,Sat}} - U_K(y)]$$

Nehmen Sie die Source-Elektrode als Potentialnullpunkt an.

- Berechnen Sie den Verlauf der in Stromflussrichtung gerichteten E-Feldkomponente $E_y(y)$ im Kanal. Der formale Ausdruck ergibt eine unphysikalische Polstelle bei $y = L$. Erklären Sie dieses Phänomen qualitativ vor dem Hintergrund des Abschnürverhaltens des Transistors. Wie wird sich ein reales Bauteil an dieser Stelle tatsächlich verhalten?

Achtung: Diese Übung findet am Montag, 09.02. um 11:30 Uhr für alle Teilnehmer gemeinsam im NTI-Hörsaal statt.

Am Montag, 02.03.2015 findet um 14.00 Uhr eine Fragestunde im NTI Hörsaal statt.

Fragen können Sie vorher per E-Mail an simon.schneider@kit.edu, matthias.lauermann@kit.edu, sascha.muehlbrandt@kit.edu oder wladislaw.hartmann@kit.edu senden.