

Übungsblatt 13

Aufgabe 1) MIS-Struktur

Eine MIS-Struktur besteht aus einem Metall, einem raumladungsfreien Isolator der Dicke $d_I = 50 \text{ nm}$ und einem Halbleiter. Der Halbleiter sei n-dotiert mit $n_D = 5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. Die intrinsische Ladungsträgerdichte betrage $n_i = 1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ und der Bandabstand sei $W_G = 1.1 \text{ eV}$. Gehen Sie von Störstellenerschöpfung und Raumtemperatur aus. Die Elektronenaffinitäten von Halbleiter und Isolator weisen eine Differenz von $W_{\chi, \text{HL}} - W_{\chi, \text{Isolator}} = 2 \text{ eV}$ auf. Die Differenz der Elektronenaffinität des Isolators und der Austrittsarbeit des Metalls beträgt $W_{\phi, \text{Metall}} - W_{\chi, \text{Isolator}} = 1 \text{ eV}$. Im Folgenden bezeichnen $x = x_{\text{M,I}}$ und $x = x_{\text{I,HL}} = d_I$ die Grenzflächen zwischen Metall und Isolator bzw. zwischen Isolator und Halbleiter, siehe untenstehende Grafik.

- Skizzieren Sie die Bandverläufe im sogenannten Flachbandfall bei dem weder im Metall noch im Halbleiter Oberflächenladungen auftreten und daher alle Bänder flach verlaufen. Nutzen Sie hierzu die untenstehende Zeichnung.
- Berechnen Sie die Spannung $U_{\text{MH}} = U_{\text{FB}}$, die über einen äußeren Stromkreis zwischen Metall und Halbleiter angelegt werden muss, um den Flachbandfall zu erreichen. Gehen Sie davon aus, dass die äquivalenten Zustandsdichten von Leitungs- und Valenzband des Halbleiters gleich groß sind, $N_L = N_V$.
- Nun werden Metall und Halbleiter über den äußeren Stromkreis kurzgeschlossen, $U_{\text{MH}} = 0$. In diesem Fall sei der Halbleiter am Übergang zum Isolator eigenleitend, d.h. $n(x_{\text{I-HL}}) = n_i$. Wie groß ist die Potentialdifferenz $\phi_H = \phi(x_{\text{I-HL}}) - \phi(x \rightarrow \infty)$ zwischen dem ungestörten HL und der Grenzfläche zum Isolator? Skizzieren Sie die Bandverläufe im thermischen Gleichgewicht in die untenstehende Zeichnung.

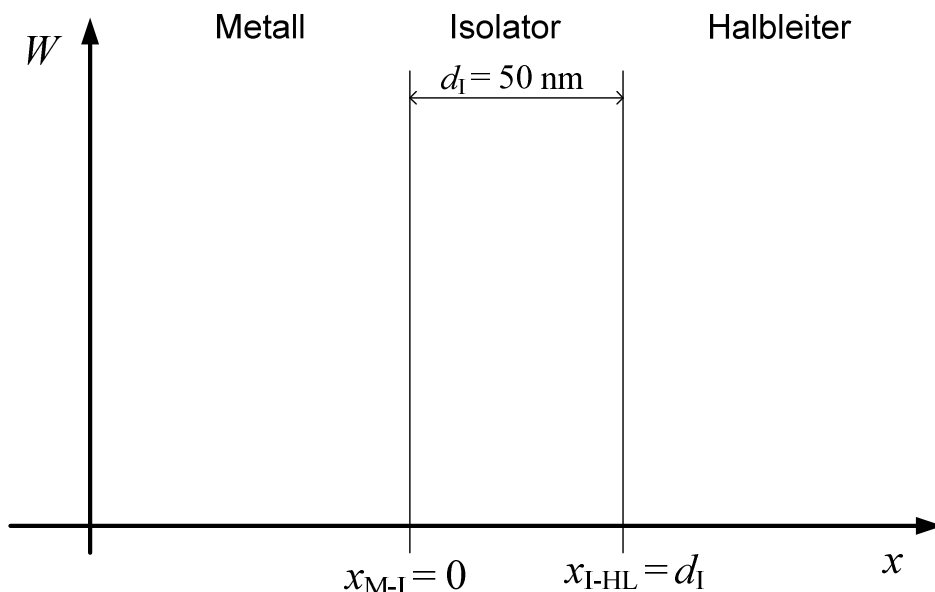


Fig. 1: MIS Struktur im Flachbandfall

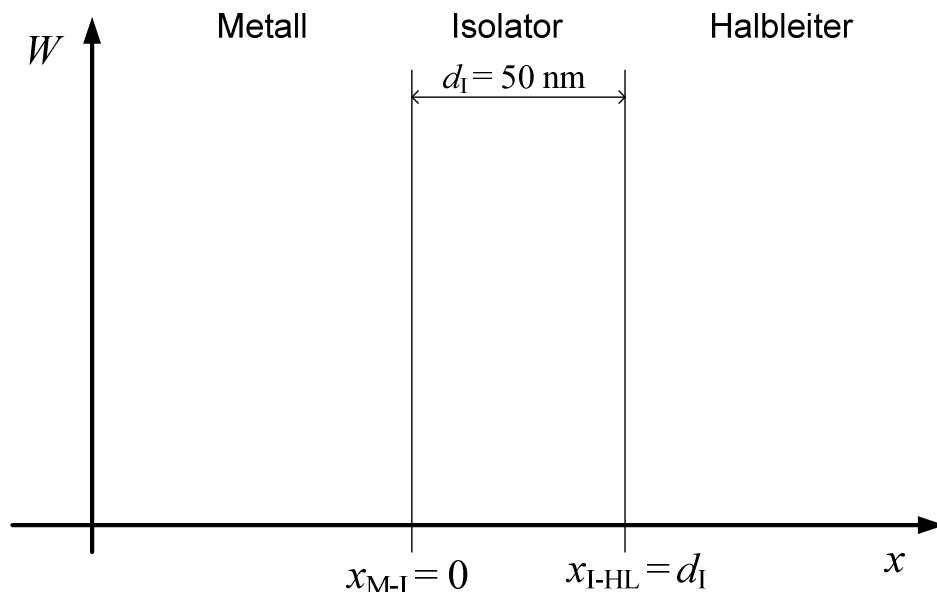


Fig. 2: MIS Struktur im thermischen Gleichgewicht

Aufgabe 2) 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. Wie muss die Dicke d angepasst werden, um bei einer Drain-Source Spannung von $U_{\text{DS}} = 4 \text{ V}$, bzw. $U_{\text{DS}} = 5 \text{ V}$ den gleichen Kleinsignalwiderstand zu erhalten?

Diese Übung findet am Freitag, 05.02.2016 um 14:00 Uhr für alle Teilnehmer gemeinsam im NTI-Hörsaal statt. Im Anschluss findet eine Laborführung durch das IPQ statt (Dauer ca. 1,5 h). Es gibt Kaffee und Kuchen!

Am Freitag, den 12.02.2016 findet um 14.00 Uhr eine Fragestunde im NTI Hörsaal statt. Fragen können Sie vorher per E-Mail an tobias.harter@kit.edu, s.wolf@kit.edu oder sascha.muehlbrandt@kit.edu senden.