

Übungsblatt 12

Aufgabe 1) npn-Transistor

Gegeben ist ein npn-Si-Transistor in Emitterschaltung bei einer Temperatur von $T = 300\text{K}$ mit einer Basisweite von $w = 8 \cdot 10^{-5}\text{ cm}$ und einer Kleinsignal-Stromverstärkung $\beta_0 = 50$ nach folgendem Ersatzschaltbild:

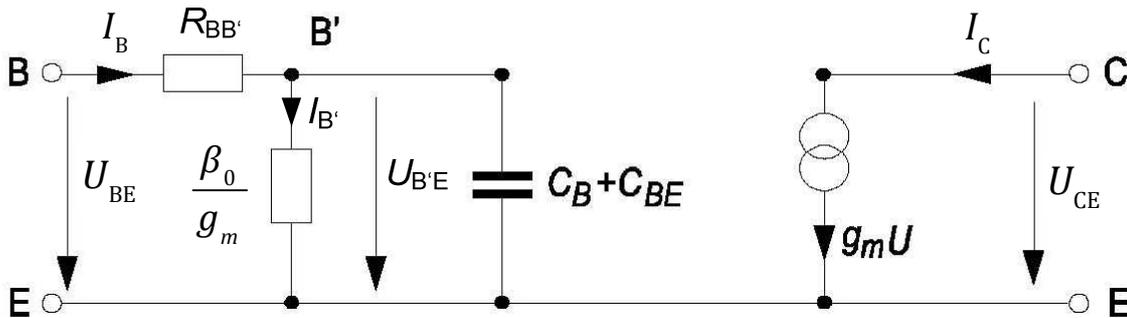


Fig. 1: Ersatzschaltbild eines npn-Transistors in Emitterschaltung

Es fließt ein Kollektorstrom von $I_C = 2,5\text{ mA}$. Die Diffusionskonstante für Elektronen in der Basis ist $D_{nB} = 25\text{ cm}^2/\text{s}$. Der gesamte Basis-Bahnwiderstand wird mit $R_{BB'} = 20\ \Omega$ angenommen.

Hinweis: Benutzen Sie zur Bestimmung der Steilheit g_m folgende Gleichung aus dem Skript:

$$g_m = \left. \frac{dI_C}{dU_{B'E}} \right|_{U_0} \approx \frac{|I_C|}{U_T} \quad (1.1)$$

a) Berechnen Sie die Eingangsimpedanz U_{BE}/I_B für $f \rightarrow 0$.

b) Berechnen Sie die an den Transistorklemmen wirksame Steilheit $g_m^* := \left. \frac{I_C}{U_{BE}} \right|_{U_{CE}=0}$ im

Grenzfall kleiner Frequenzen, also für $f \rightarrow 0$.

c) Berechnen Sie die Basiskapazität C_B . Wie groß ist die Transitfrequenz f_T des Bauteils unter der Annahme, dass die Basiskapazität C_B sehr viel größer ist als die Basis-Emitter Kapazität C_{BE} ?

d) Zeichnen Sie anhand der Skizze das Niederfrequenz-Ersatzschaltbild für die Basisschaltung. Berechnen Sie die Eingangsimpedanz U_{EB}/I_E für $f \rightarrow 0$.

Aufgabe 2) MIS-Struktur

Eine MIS-Struktur besteht aus einem Metall, einem raumladungsfreien Isolator der Dicke $d_1 = 100\text{ nm}$ und einem Halbleiter. Der Halbleiter hat eine Dotierung von $n_D = 2 \cdot 10^{16}\text{ cm}^{-3}$ (Annahme: Störstellenerschöpfung, $n_i = 1 \cdot 10^{10}\text{ cm}^{-3}$ und einen Bandabstand von $W_G = 1\text{ eV}$). Die Elektronenaffinitäten von Halbleiter und Isolator weisen eine Differenz von $W_{\chi,HL} - W_{\chi,Isolator} = 1\text{ eV}$ auf. Die Differenz der Elektronenaffinität des Isolators und der Austrittsarbeit des Metalls beträgt $W_{\chi,Metal} - W_{\chi,Isolator} = 2\text{ eV}$. Im Folgenden bezeichnen

$x = x_{M-I} = 0$ und $x = x_{I-HL} = d_I$ die Grenzflächen zwischen Metall und Isolator bzw. zwischen Isolator und Halbleiter, siehe Fig. 2.

- Im thermischen Gleichgewicht ohne angelegte äußere Spannung sei der Halbleiter am Übergang zum Isolator eigenleitend, d.h. $n(x_{I-HL}) = n_i$. Wie groß ist die Potentialdifferenz $\varphi_H = \varphi(x_{I-HL}) - \varphi(x \rightarrow \infty)$ zwischen dem ungestörten HL und der Grenzfläche zum Isolator?
- Welchen Energieabstand hat das Fermi-niveau zum Leitungsband, wenn die äquivalenten Zustandsdichten in den Bändern gleich groß sind? Betrachten Sie eine Stelle weit entfernt vom Übergang zum Isolator, an der die Bänder nicht verbogen sind.
- Skizzieren Sie die Bandverläufe im thermischen Gleichgewicht in die untenstehende Zeichnung. Mit welcher äußeren Spannung $U = U_{FB}$ zwischen Metall und Halbleiter erreicht man den Flachbandfall?

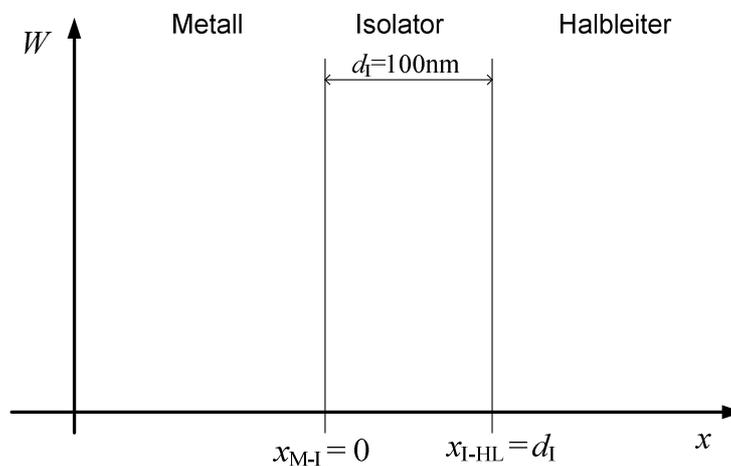


Fig. 2: Dimensionen der MIS Struktur

Im Anschluss an Übung 12 am 06.02.2015 findet eine Laborführung durch das IPQ statt (Dauer ca. 1,5 h). Es gibt Kaffee und Kuchen!

Achtung! Alle Übungen finden an diesem Termin gemeinsam im NTI-Hörsaal statt.