

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 $w = 2 \cdot 10^{-4}\text{cm}$ und einer Stromverstärkung $\beta_0 = 50$ nach folgendem Ersatzschaltbild:

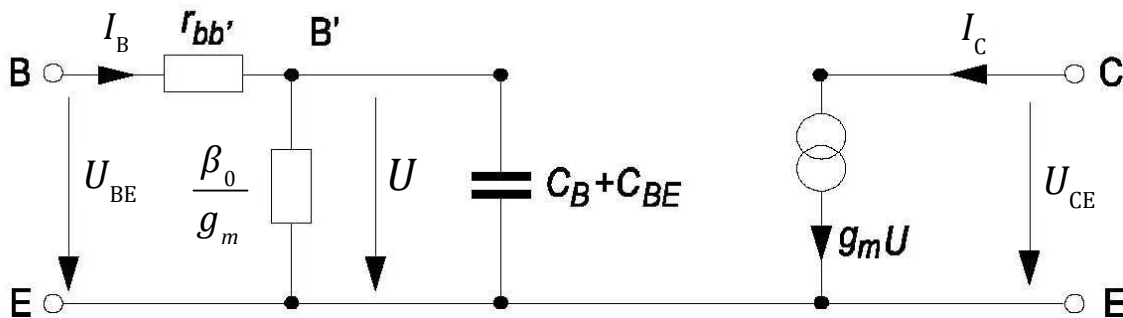


Fig. 1: Ersatzschaltbild eines npn-Transistors in Emitterschaltung

Es fließt ein Kollektorstrom von $I_C = 2.5\text{mA}$. Die Diffusionskonstante für Elektronen in der Basis ist $D_{npB} = 25\text{cm}^2/\text{s}$. Der gesamte Basis-Bahnwiderstand wird mit $r_{bb'} = 20\Omega$ angenommen.

Hinweis: Benutzen zur Bestimmung von g_m folgende Gleichung aus dem Skript:

$$g_m = \left. \frac{dI}{dU} \right|_{U_0} \approx \left. \frac{I_C}{U_T} \right|_{U_0} \quad (1.1)$$

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

b) Berechnen Sie die an den Transistorklemmen wirksame Steilheit $g_m^* := \left. \frac{I_C}{U_{BE}} \right|_{U_2=0}$ 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 $f \rightarrow 0$. Erläutern Sie anhand des Ersatzschaltbildes das Zustandekommen einer negativen Eingangsimpedanz.

Aufgabe 2) MIS-Struktur

Eine MIS-Struktur besteht aus einem Metall, einem raumladungsfreien Isolator der Dicke $d_I = 100\text{nm}$ und einem Halbleiter. Der Halbleiter hat eine Dotierung von $n_D = 5 \cdot 10^{16}\text{cm}^{-3}$ (Annahme: Störstellenerschöpfung, $n_i = 1.5 \cdot 10^{10}\text{cm}^{-3}$ 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. $n(x_{\text{I-HL}}) = n_i$. Wie groß ist die Potentialdifferenz $\varphi_H = \varphi(x_{\text{I-HL}}) - \varphi(x \rightarrow \infty)$ 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 $U = U_{\text{FB}}$ zwischen Metall und Halbleiter erreicht man den Flachbandfall?

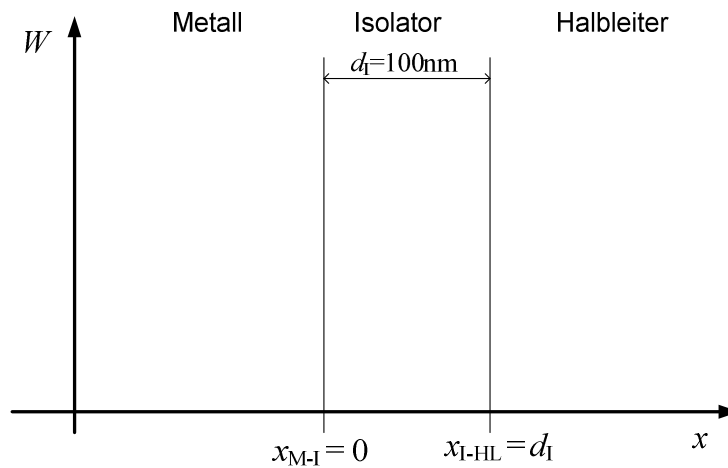


Fig. 2: Dimensionen der MIS Struktur