

## Übungsblatt 5 zu Bauelemente der Elektrotechnik

### Hinweis:

Verwenden Sie zur Lösung der Aufgabe die Gleichungen, Tabellen und Graphen aus der Formelsammlung.

### Aufgabe 1

Bestimmen Sie den differentiellen Leitwert und daraus den Widerstand im Emitterbereich eines npn-Transistors bei Vorwärtspolung des Emitter-Basis-Kontakts. Dabei können Sie sich an den Herleitungen für den Fall des p<sup>+</sup>n-Übergangs orientieren. Der Kollektorstrom soll 1 mA betragen.

### Aufgabe 2

Analog zu Aufgabe 1 sollen die Sperrschichtkapazität und die Diffusionskapazität des Emitter-Basis-Übergangs bestimmt werden. Der Kollektorstrom soll 1 mA betragen, die Raumladungszone des Übergangs sei 0,1 µm breit, und die Querschnittsfläche betrage 200 µm<sup>2</sup>.

Beachten Sie, dass nur derjenige Anteil der Elektronen in der Basis eine Rolle spielt, der infolge Diffusion/Rekombination verschwindet, der also durch den Basisstrom, nicht durch den Kollektorstrom charakterisiert ist.

### Aufgabe 3

- Ein npn-Bipolartransistor hat eine Basisbreite von 2 µm und eine Emitterbreite von 3 µm. Zur Bestimmung der Diffusionslänge müssen Sie die Lebensdauer heranziehen – diejenige der Löcher im Emittergebiet wird zu 10 ns angenommen. Wie groß ist die Stromverstärkung  $\beta$  in einfacher Näherung?  
(Dotierungskonzentrationen: Emitter  $10^{18} \text{ cm}^{-3}$ , Basis  $10^{16} \text{ cm}^{-3}$ .)
- Wie groß wird  $\beta$ , wenn es gelingt, die Lebensdauer auf 1 µs zu erhöhen? Beachten Sie, dass dann die Breite des Emittergebiets eine Rolle spielt.

#### Aufgabe 4

Berechnen Sie den Emitterstrom und den Kollektorstrom für eine Emitter-Basis-Spannung von 0,6 V und eine Kollektor-Basis-Spannung (Sperrspannung) von  $-3$  V in einem Silizium-basierten npn-Transistor. Die Designparameter sind:

Dotierungen  $N_E = 3 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ,  $N_B = 2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ,  $N_C = 1 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ; Diffusionslängen  $L_E = 40 \text{ }\mu\text{m}$ ,  $L_B = 50 \text{ }\mu\text{m}$ ,  $L_C = 50 \text{ }\mu\text{m}$ ; Basisbreite  $1 \text{ }\mu\text{m}$ ; Querschnittsfläche  $0,001 \text{ cm}^{-3}$ .

#### Aufgabe 5

Für Basis und Kollektor eines Silizium-basierten npn-Transistors gelten folgende Substanzdaten: Basisdotierung  $3 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ; Kollektordotierung  $2 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ , Basisbreite ohne äußere Spannung  $1 \text{ }\mu\text{m}$ .

- Berechnen Sie die Diffusionsspannung des Basis-Kollektor-Übergangs.
- Um welchen Betrag wird die Basisschicht schmäler, wenn sich die Kollektor-Basis-Spannung von 0 auf 5 V ändert?

#### Aufgabe 6

Ein npn-Transistor sei wie folgt dotiert: Emitter  $10^{19} \text{ cm}^{-3}$ , Basis  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$ , Kollektor  $10^{14} \text{ cm}^{-3}$ . Die Basisbreite sei  $5 \text{ }\mu\text{m}$ .

Berechnen Sie die Kollektor-Basis-Spannung, bei der die Raumladungszone des Kollektors bis an die Raumladungszone des Emitters heranreicht. Die Emitter-Basis-Spannung betrage 0,9 V.

#### Aufgabe 7

Wie realisiert man Ohm'sche Metall-Halbleiter-Kontakte? (Nennen Sie zwei Möglichkeiten!)

#### Aufgabe 8

Vergleichen Sie qualitativ den Kennlinienverlauf einer Schottky-Diode und einer pn-Diode; stellen Sie beide in einer Skizze dar.

#### Aufgabe 9

Vergleichen Sie die Strom-Spannungs-Kennlinie einer Schottky-Diode mit der einer p<sup>+</sup>n Silizium-Diode (gleiche Flächen angenommen).

Daten der p<sup>+</sup>n-Diode:  $N_D = 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ . Daraus folgten dort  $\mu_h = 461 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ,  $L_h = 34,6 \text{ }\mu\text{m}$  und  $D_h = 12,0 \text{ cm}^2/\text{s}$ .

Daten der Schottky-Diode:  $\Phi_B = 720 \text{ mV}$  und  $R^* = 260 \text{ Acm}^{-2}\text{K}^{-2}$

#### Aufgabe 10

Um welchen Betrag unterscheiden sich die Durchlassspannung der Schottky-Diode und der p<sup>+</sup>n-Diode aus Aufgabe 9, wenn bei beiden die gleichen Ströme fließen?

**Aufgabe 11:**

Bei der Realisierung einer pn-Diode wird die n-Seite vor der Metallisierung in der Regel stark dotiert. Beschreiben Sie, warum dieser Schritt erforderlich ist.

**Aufgabe 12:**

Welche Ladungsträger sind bei einer pn-Diode und einer Schottky-Diode für den Ladungstransport verantwortlich.