

Aufgabe 1: Halbleiterphysik I

Punkte

<p>1.1) Skizzieren Sie das Bändermodell eines n-Halbleiters. Zeichnen Sie das Störstellenniveau, das intrinsische Fermienergielevel und das Fermienergielevel bei Raumtemperatur, sowie die Ladungszustände (beweglich / ortsfest) ein! In welche Richtung verschiebt sich das Fermienergielevel mit abnehmender Temperatur und wo liegt W_F bei $T \sim 0K$? (Skizze)</p>	<p>6</p>
<p>1.2) Bild 1.1 zeigt die Verläufe der Zustandsdichten $D_L(W)$ & $D_V(W)$ sowie der Fermiverteilungsfunktion $f_F(W)$ für einen undotierten Si-Halbleiter. Wie ist $f_F(W)$ definiert? Wie lautet die Definitionsgleichung zur Bestimmung der Elektronen- und Löcherkonzentrationen (jeweils einfache Formel und den zu betrachtenden Energiebereich angeben)? Welche Voraussetzung muss für W_F erfüllt sein, damit die Fermiverteilungsfunktion $f_F(W)$ durch die Boltzmannverteilung $f_B(W)$ angenähert werden darf?</p>	<p>6</p>
<p>1.3) Stellen Sie grafisch den Verlauf der Ladungsträgerkonzentration über der reziproken Temperatur ($1/T$) eines dotierten HL dar. Benennen Sie die unterschiedlichen Bereiche. In welchem Bereich hat die Dotierung auf den Ladungsträgerverlauf keinen merklichen Einfluss mehr? (Skizze, Stichpunkte)</p>	<p>6</p>
<p>1.4) Bestimmen Sie grafisch die Fermienergie eines mit Arsen (V-Hauptgruppe) dotierten Halbleiters bei 300 K. Die Arsen - Konzentration beträgt $N = 10^{17} \text{cm}^{-3}$. Vereinfachte Zahlenwerte: das Energieniveau von Arsen liegt 100meV unterhalb der Leitungsbandkante; $N_L = N_V = 1 \cdot 10^{19} \text{cm}^{-3}$; $n_i = 1 \cdot 10^{10} \text{cm}^{-3}$. (Zeichnen Sie alle benötigten Verläufe, sowie die Lösung in Diagramm 1.2 ein und geben Sie außerdem W_F als Zahlenwert an!)</p>	<p>6</p>
<p>1.5) Geben Sie die vollständigen Stromgleichungen und die Bilanzgleichungen für beide Ladungsträgertypen an! (Formel)</p>	<p>4</p>

Gesamtpunkte Aufgabe 1 : 28

Beispielklausur 5 - Halbleiterbauelemente

Bild 1.1

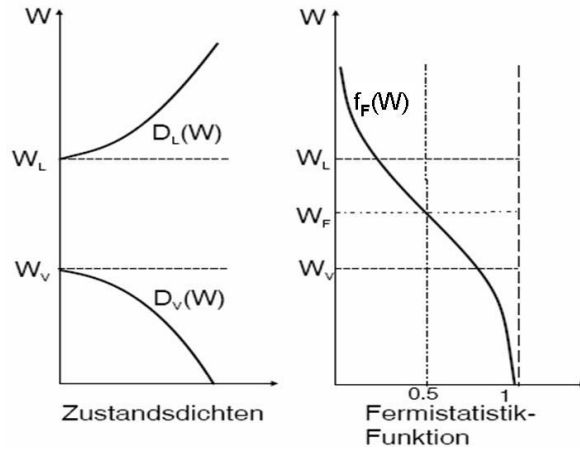
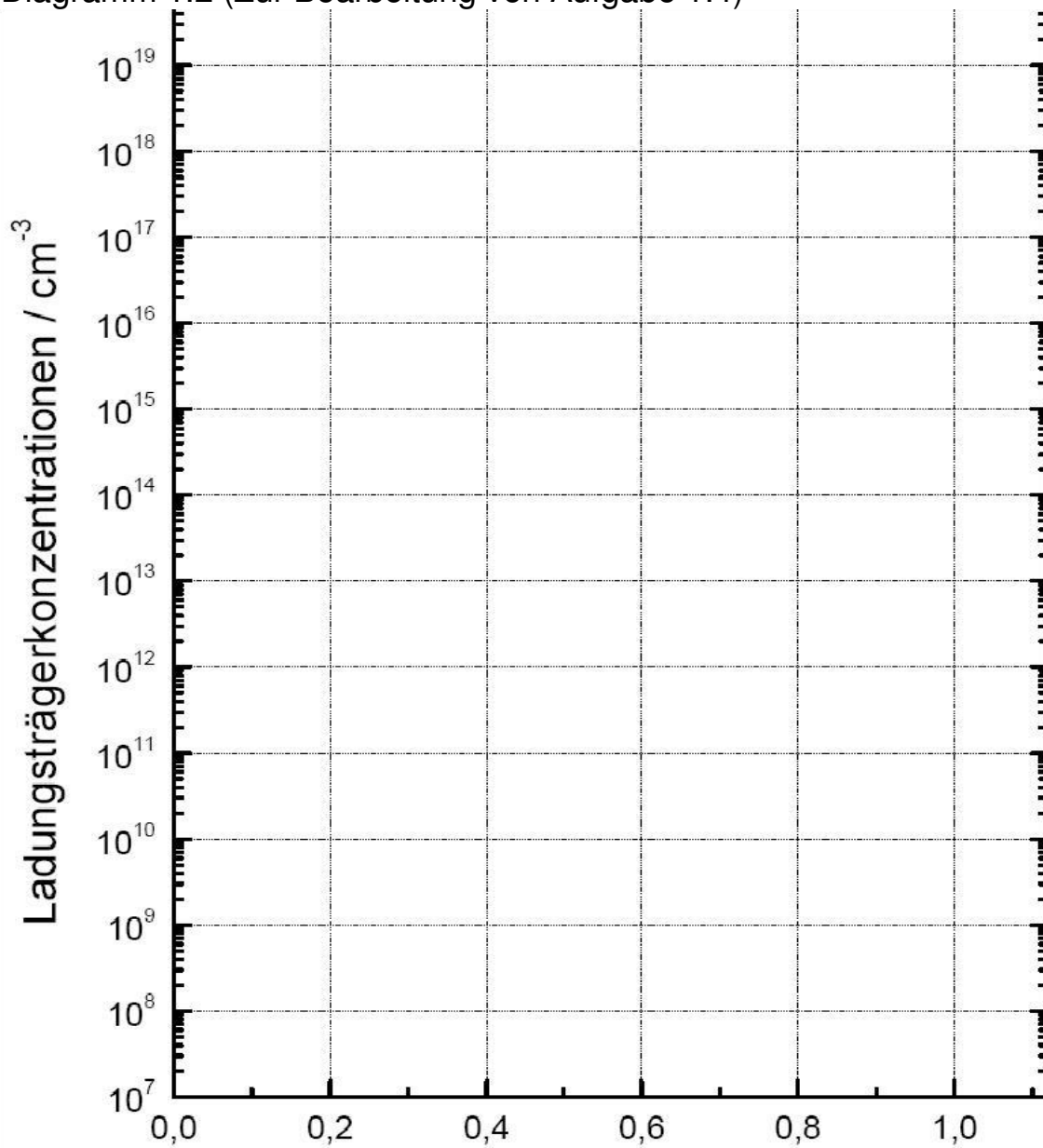


Diagramm 1.2 (Zur Bearbeitung von Aufgabe 1.4)



Aufgabe 2: pn- Übergang

Punkte

<p>2.1) Zur Bearbeitung benutzen Sie Diagramm 2.1 auf der nächsten Seite. Skizzieren Sie den Verlauf der Raumladungsdichte, der elektrischen Feldstärke und des elektrischen Potentials eines abrupten pn-Übergangs und einer idealen pin-Diode ohne außen angelegte Spannung. Innerhalb der RLZ wird vollständige Ionisation angenommen. Welche Vorteile hat die pin-Struktur gegenüber dem normalen pn-Übergang? (Skizze & Stichpunkte)</p>	7
<p>2.2) Gegeben ist ein idealer pn-Übergang mit $N_A = 2 \cdot N_D = 2 \cdot 10^{17} \text{cm}^{-3}$. Angegeben ist die Formel zur Berechnung der RLZ- Weite innerhalb des n-Halbleiters. Wie ändert sich diese Formel mit anlegen einer äußeren Spannung? Berechnen Sie die Ausdehnung der RLZ in den n- sowie den p-Bereich bei einer angelegten Sperrspannung von $U_S = -5V$. $U_D \approx 0,86V$</p> $w_n = \sqrt{\frac{2\epsilon_o \epsilon_{Si}}{e} \frac{N_A}{N_D(N_D + N_A)} U_D} ; \epsilon_o = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{As/Vm}; \epsilon_{Si} = 11,7 ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$	8
<p>2.3) Wie lauten die Shockley'schen Voraussetzungen zur Bestimmung der Kennliniengleichung eines pn-Übergangs? (<i>Stichpunkte</i>)</p>	3
<p>2.4) Wie lauten die Boltzmann-Faktoren zur Bestimmung der Minoritätsträgerkonzentration an den Sperrschichtändern ? (<i>Formel</i>)</p>	2
<p>2.5) Zeichnen Sie (in Diagramm 2.2) den Verlauf der logarithmischen Ladungsträgerkonzentrationen einer p⁺n-Diode ($N_A \gg N_D$) außerhalb der RLZ im Gleichgewichtsfall ($U = 0V$) und benennen Sie alle relevanten Größen ($w_n, w_p, p_{p0}, n_{p0},$ usw.). Wie ändern sich die Minoritätsträgerkonzentrationen an den Grenzen der RLZ mit dem Anlegen einer Spannung in Durchlassrichtung? Kann einer der Minoritätsträgerströme vernachlässigt werden? Wenn ja, welcher und aus welchem Grund? (<i>Skizze und kurze Begründung</i>)</p>	6
<p>2.6) Geben Sie die vereinfachte Kennliniengleichung eines beleuchteten pn-Übergangs an (I_o nur als Faktor). Skizzieren Sie den Kennlinienverlauf mit und ohne Beleuchtung in linearer Darstellung. Wie nennt man die Betriebsarten für den Betrieb im dritten und im vierten Quadranten des Kennlinienfeldes? (<i>Formel und Skizze</i>)</p>	5

Gesamtpunkte Aufgabe 2 : **31**

Aufgabe 3: Bauelemente

Punkte

<p>3.1) Skizzieren Sie den Aufbau eines in Planartechnologie hergestellten bipolaren npn-Transistors. Benennen Sie die einzelnen Kontakte, die Dotierstofftypen (n^{++}, p^+, usw) und markieren Sie die wichtigste geometrische Größe dieser Anordnung.</p>	<p>4</p>
<p>3.2) Gegeben ist das Kastenmodell eines npn-Transistors. Ergänzen Sie die notwendigen Spannungsquellen um den Transistor in Basisschaltung im aktiven Modus zu betreiben. Zeichnen Sie die internen Stromanteile ein und benennen Sie diese. (Verwenden Sie Diagramm 3.1)</p>	<p>4</p>
<p>3.3) Geben Sie den formalen Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsstrom eines Bipolartransistors in Basisschaltung an. Wie ist in Bezug auf die Stromanteile aus Aufgabe 3.2 der Emitterwirkungsgrad und der Transportfaktor definiert? <i>(Formel)</i></p>	<p>4</p>
<p>3.4) Zeichnen Sie das Eingangs-, Übertragungs- und Ausgangskennlinienfeld (AKF) eines npn-Transistors in Emitterschaltung und benennen Sie die drei markanten Bereiche des AKF.</p>	<p>4</p>
<p>3.5) Diagramm 3.2 zeigt das AKF eines n-MOSFET in Sourceschaltung. Benennen Sie die mit 1 bis 4 gekennzeichneten Bereiche und zeichnen Sie in die vorbereiteten Gate- Strukturen die qualitativen Verläufe der Inversionskanäle ein.</p>	<p>4</p>
<p>3.6) Skizzieren Sie das einfache Ersatzschaltbild (nur mit g_m und g_D) für einen FET in Sourceschaltung. Tragen Sie nun die Arbeitsgerade für $U_{dd}=1,2V$ und einen Lastwiderstand von $R_L=400\Omega$ in Diagramm 3.2 ein und bestimmen Sie für den AP mit $U_{GS}=0,8V$ die Werte für g_m und g_D.</p>	<p>6</p>

Gesamtpunkte Aufgabe 3 : 26

Diagramm 3.1

Beispielklausur 5 - Halbleiterbauelemente

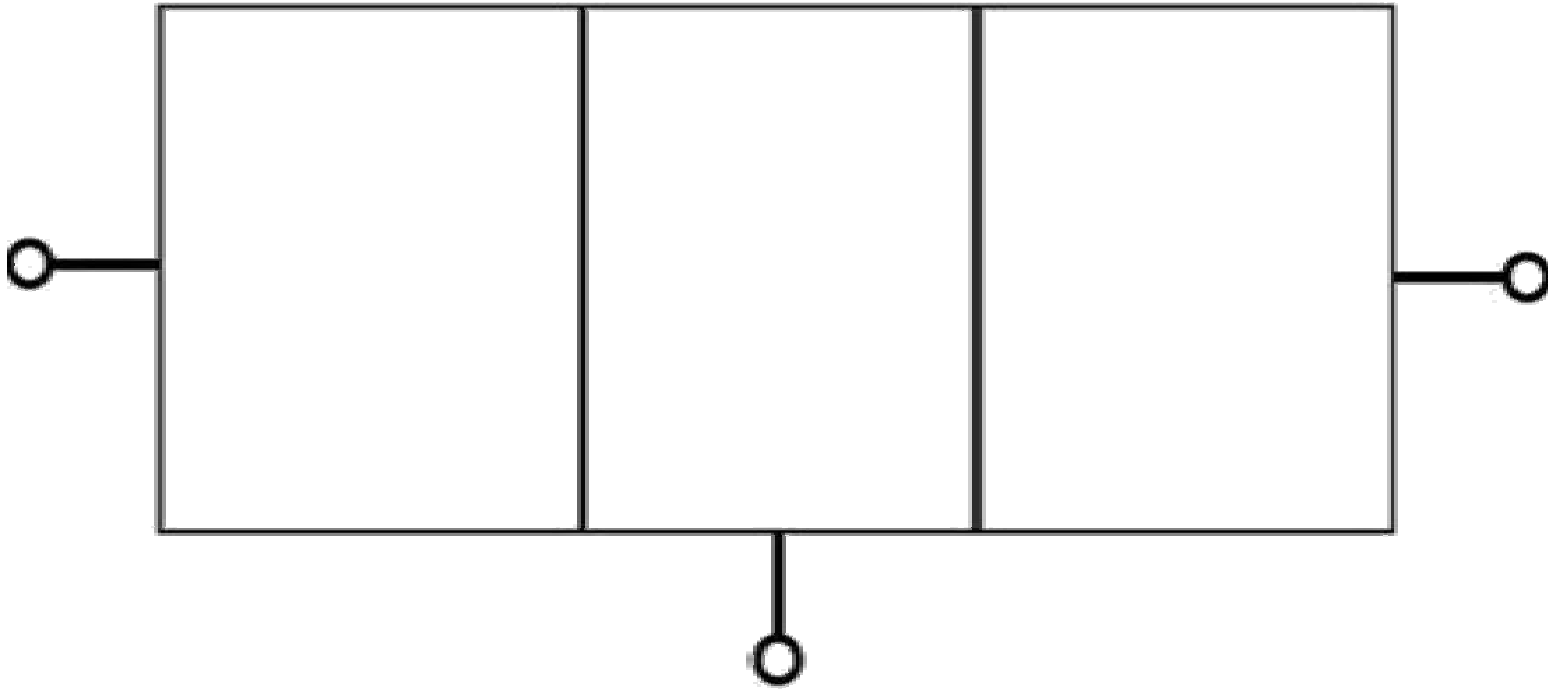


Diagramm 3.2

