

Semesterabschlussklausur Wintersemester 2005/2006:**WERKSTOFFE UND BAUELEMENTE DER ELEKTROTECHNIK I (Bauelemente)**

Name:	Matrikelnummer:
-------	-----------------

- Lesen Sie bitte vor dem Beginn der Bearbeitung die einzelnen Aufgaben vollständig durch.
- Verwenden Sie Vorder- und Rückseite der ausgegebenen Lösungsblätter!
- Es sind **drei Aufgaben** auf insgesamt acht Seiten zu bearbeiten!
- Beschriften Sie bitte **alle Lösungsblätter** mit Ihrem Namen und Ihrer Matrikelnummer!
- Geben Sie das Deckblatt mit den Aufgaben- und **allen Lösungsblättern** (auch den Unbenutzten) am Ende der Bearbeitung ab. **Sortieren Sie bitte Ihre Lösungen in der Reihenfolge der Aufgaben!**
- Sie erhalten zunächst 8 leere Lösungsblätter. Weitere Lösungsblätter gibt es auf Anfrage von den Betreuern!
- Sie benötigen außer Ihrem Schreibzeug und den ausgegebenen Unterlagen keine weiteren Hilfsmittel (**auch keinen Taschenrechner, Handy oder ähnliches!**).
- Die Noten hängen innerhalb von zwei Wochen nach der Klausur im *Institut für Hochfrequenz- und Halbleiter-Systemtechnologien*, am Infobrett nahe Raum EN127 aus. Der Termin für die Einsicht in die Klausur wird zusammen mit den Ergebnissen bekannt gegeben.
- **Beginnen Sie bitte jede Aufgabe auf einem neuen Blatt!**
- **Betrugsversuche führen zum sofortigen Ausschluss von der Klausur!**
- **Wir wünschen Ihnen bei der Bearbeitung viel Erfolg!**

Prof. C. Boit

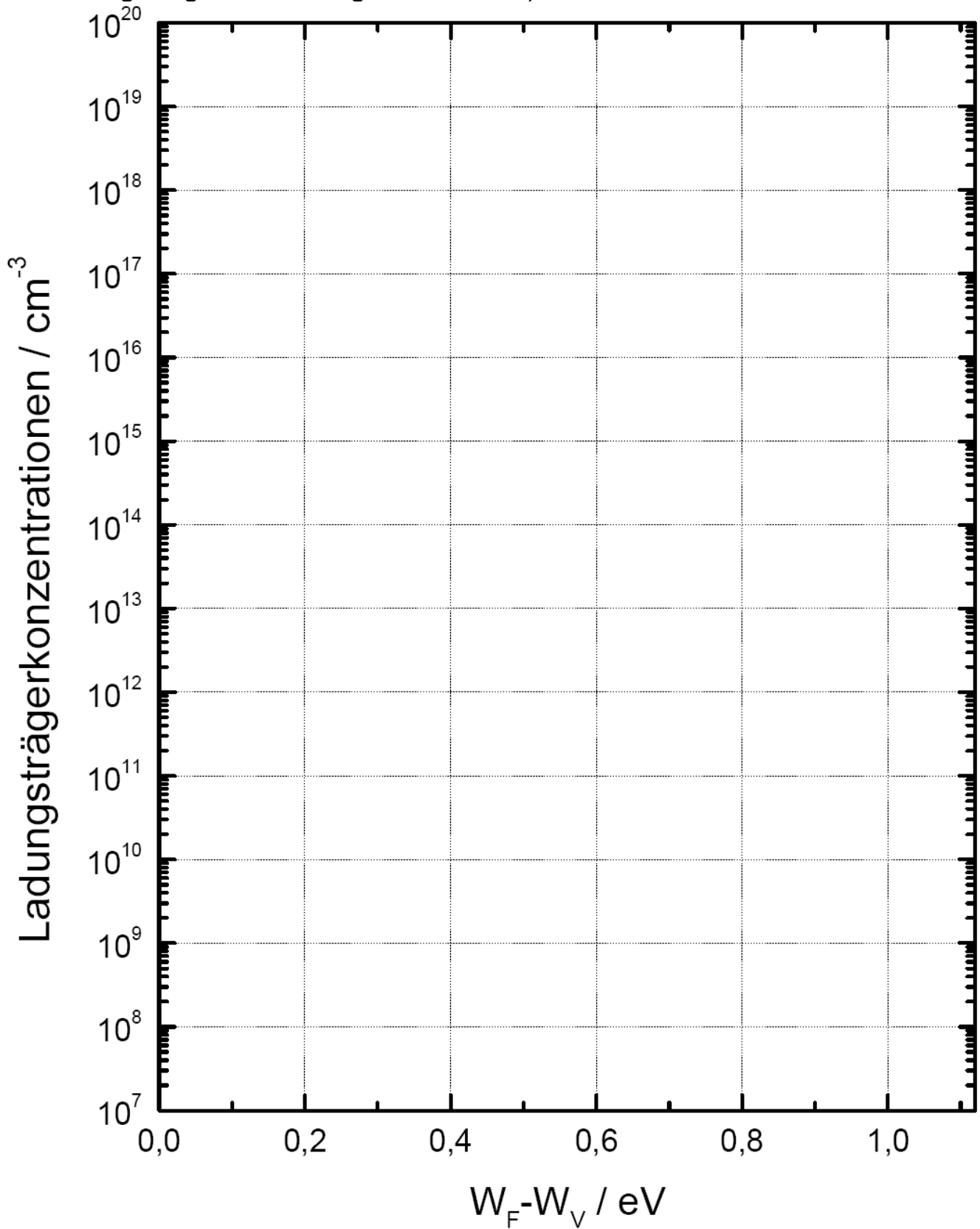
R. Schlangen

Aufgabe 1: Halbleiterphysik I**Punkte**

1.1) Skizzieren Sie das Bändermodell eines mit Bor (dritte Hauptgruppe) dotierten Halbleiters. Zeichnen Sie das Störstellenniveau (ca. 100meV oberhalb der Valenzbandenergie), das intrinsische Fermienergie und das Fermienergie bei Raumtemperatur ein und kennzeichnen Sie die Ladungsträger Zustände (+/- , ortsfest / beweglich) bei Raumtemperatur! In welche Richtung verschiebt sich das Fermienergie mit zunehmender Temperatur? (Skizze)	8
1.2) Die Minoritätsträgerkonzentration n_p in einem p- leitenden Halbleiter beträgt $n_p = 10^3 \text{ cm}^{-3}$. Wie groß ist die Majoritätsträgerkonzentration p ? Geben Sie die zugehörige Bestimmungsgleichung an. (Rechnung, Formel, Hinweis: $T = 300\text{K}$)	3
!! Aufgabe 1.3) & 1.4) müssen gemeinsam im Diagramm auf S.3 gelöst werden !!	
1.3) Bestimmen Sie grafisch die Fermi-Energie eines n- dotierten Halbleiters bei Raumtemperatur ($T = 300\text{K}$). Die Donatorkonzentration beträgt $N_D = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$. Hinweise: $N_L \text{ \& } N_V = 1 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$; $n_i(T = 300\text{K}) = 1 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$; W_F liegt bei Eigenleitung etwa in der Mitte der Bandlücke. Das Energieniveau W_D der Donatoren liegt 0.9eV oberhalb der Valenzbandenergie.	8
1.4) Jetzt wird derselbe Halbleiter (aus A 1.3) auf $T = 550\text{K}$ erhitzt. Hierbei steigt die Intrinsische-Ladungsträgerkonzentration n_i auf $1,3 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ an. Bestimmen Sie für diese Temperatur ebenfalls grafisch das Fermienergie.	5
1.5) Geben Sie die vollständigen Stromgleichungen und die Bilanzgleichungen für beide Ladungsträgertypen an! (Formel)	5

Gesamtpunkte Aufgabe 1 : 29

Lösungsdiagramm zu Aufgabe 1.3 & 1.4)



Aufgabe 2: pn- Übergang**Punkte**

2.1) Wie lauten die Shockley'schen Voraussetzungen zur Bestimmung der Kennliniengleichung eines pn- Überganges? (<i>Stichpunkte</i>)	3
2.2) Zeichnen Sie nach dem Shockley-Modell (nach Möglichkeit zweifarbig) an den 4 markierten Stellen die verschiedenen Stromanteile (Löcher- / Elektronen- & Diffusion- / Feld- Strom) in das Diagramm 2.2 ein. Begründen Sie im Bezug auf dieses Diagramm und die dritte Shockley'sche Voraussetzung warum $I_{GES} = I_{n\ Diff (-wp)} + I_{p\ Diff (wn)}$ gilt.	6
2.3) Zeichnen Sie den Verlauf der logarithmischen Ladungsträgerkonzentrationen einer p⁺n - Diode ($N_A \gg N_D$) im Gleichgewichtsfall ($U = 0V$) in Diagramm 2.3 ein 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? Verdeutlichen Sie dabei besonders die Unsymmetrie der Auswirkungen auf p⁺ - und n-Gebiet. (<i>Skizze</i>)	6
2.4) Geben Sie die Kennliniengleichung eines beleuchteten und unbeleuchteten pn- Überganges an. Skizzieren Sie in linearen Maßstab den Kennlinienverlauf mit und ohne Beleuchtung. In welchem Quadranten wird der pn-Übergang als Solarzelle betrieben? Markieren Sie die markanten Punkte ($I_K, U_L, MPP..$). (<i>Formel und Skizze</i>)	5
2.5) Wie lauten die Boltzmann-Faktoren zur Bestimmung der Minoritätsträgerkonzentration an den Sperrschichrändern ? (<i>Formel</i>)	2
2.6) Stellen sie anhand einer Skizze da, wie sich die Diffusionskapazität eines pn-Übergangs bildet. In welchen Spannungsbereich wirkt sich die Diffusionskapazität in der Diode aus?	3
2.7) Berechnen Sie den Wert der Akzeptorkonzentration N_A eines pn- Überganges, bei dem die Diffusionsspannung $U_D = 0.7V$ beträgt. Die Donatorkonzentration beträgt $N_D = 10^{15}cm^{-3}$. (<i>Rechnung; Zur Hilfe : $U_{TH} \approx 25mV, e^{28} \approx 1.4 \cdot 10^{12}$</i>)	4

Gesamtpunkte Aufgabe 2 : **29**

Diagramm 2.2

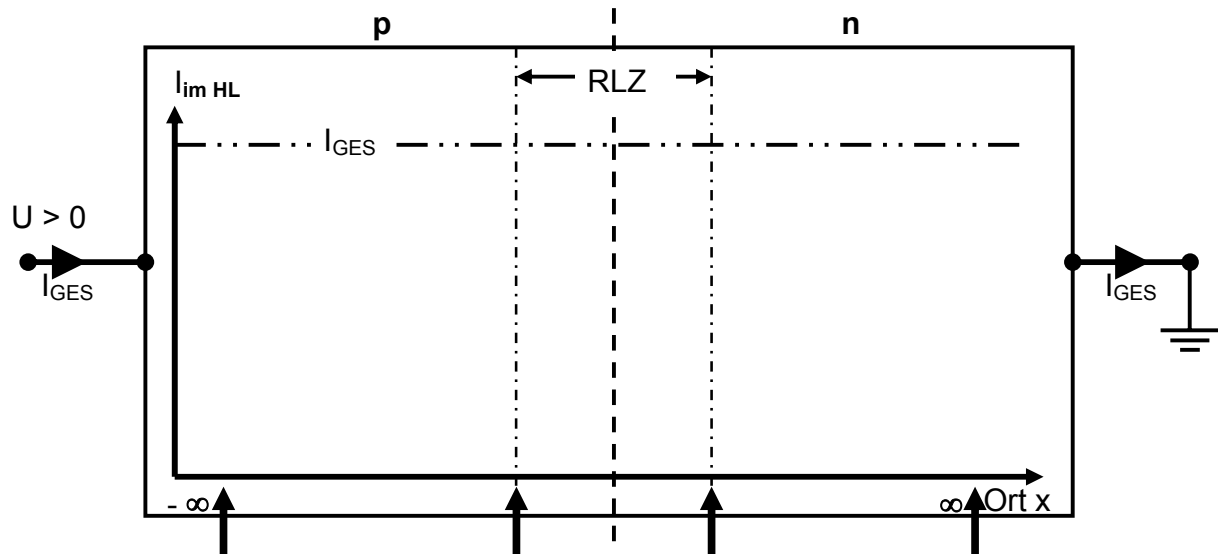
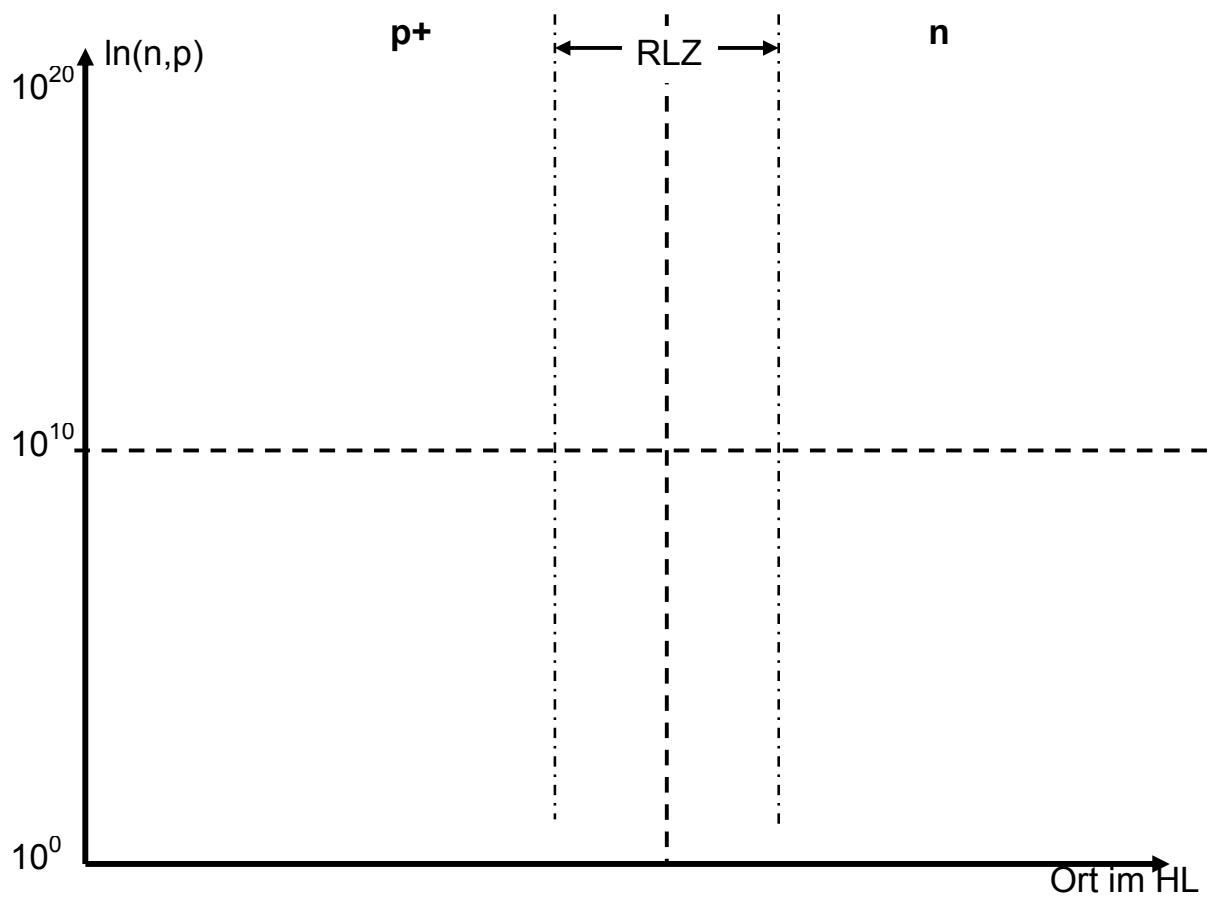


Diagramm 2.3



Aufgabe 3: Bauelemente**Punkte**

<p>3.1) Zeichnen Sie in das Kastenmodell eines in Basisschaltung betriebenen bipolar npn- Transistors die internen Stromanteile ein und benennen Sie diese. (Verwenden Sie die vorgefertigte Skizze im Anhang) Wie ist in Bezug auf diese Stromanteile der Emitter- Wirkungsgrad und der Transportfaktor definiert? (Formel)</p>	6
<p>3.2) Geben Sie den formalen Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsstrom eines bipolar Transistors in Emitterschaltung an. Zeichnen Sie Ausgangskennlinienfeld eines npn- Transistors in Emitterschaltung (Formeln, Diagramm)</p>	4
<p>3.3) Skizzieren Sie den Querschnitt eines n-Kanal-MOSFET's und beschalten Sie den Transistor so, dass sich ein Kanal ausbilden kann. Benennen Sie alle relevanten Bauteilparameter (Dotierungsarten, Gate- Schichten, usw.) und zeichnen Sie den Kanal in die Skizze ein! (Skizze)</p>	5
<p>3.4) Skizzieren Sie das Ausgangs-, und Übertragungskennlinienfeld eines MOSFET's in Source- Schaltung. Kennzeichnen und benennen Sie im Ausgangskennlinienfeld die drei unterschiedlichen Bereiche! (Skizze)</p>	4
<p>3.5) Wie ist die Steilheit g_m und g_d des MOS FET in Sättigung definiert? (Formel, evt. Skizze)</p>	3

Gesamtpunkte Aufgabe 3 : 22

Hilfsblatt zur Lösung von Aufgabe 3.1)

