

## Klausur zur Vordiplomprüfung im Sommersemester 2003:

**WERKSTOFFE UND BAUELEMENTE DER ELEKTROTECHNIK I + II**

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 **sechs Aufgaben** auf insgesamt vier Seiten (drei Blätter) zu bearbeiten!
- Die zwei Teile der Klausur (Teil 1:Aufgabe 1+2; Teil 2:Aufgabe 3-6) müssen **separat** bestanden werden!
- Beschriften Sie bitte **alle Lösungsblätter** mit ihrem Namen und ihrer Matrikelnummer!
- Geben Sie das Deckblatt mit den Aufgabenblättern und **allen Lösungsblättern** (auch den Unbenutzten) am Ende der Bearbeitung ab. **Sortieren Sie bitte Ihre Lösungen in der Reihenfolge der Aufgaben!**
- Sie erhalten zunächst 10 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!**).
- Die Noten hängen ab Freitag, dem 18.07.2003 (*ca. 13.00 Uhr*) im Institut für Hochfrequenz- und Halbleitersystem-Technologien zwischen den Räumen EN123 und EN128 aus! Der Termin für die Einsichtnahme in die Klausur findet am **Montag, dem 21. Juli 2003 in der Zeit von 10.00 Uhr bis 12.00 Uhr im Raum E104 (Elektrotechnik Altbau)** statt!
  
- **Beginnen Sie bitte jede Aufgabe auf einem neuen Blatt!**
  
- **Betrugsversuche führen zum sofortigen Ausschluss von dieser Klausur!**

## Beginnen Sie bitte jede Aufgabe auf einem neuen Blatt!

Teil 1	Aufgabe 1: Atommodelle	Punkte
1.1	Beschreiben Sie das RUTHERFORD'sche Atommodell. ( <i>Skizzen und Formeln</i> )	3
1.2	Nennen Sie die BOHR'schen Postulate. ( <i>Stichpunkte und Formeln</i> )	4
1.3	Was versteht man unter dem Welle-Teilchen-Dualismus? Welche Gleichung beschreibt diese Vorstellung? ( <i>Stichpunkte und Formeln</i> )	3
1.4	Stellen Sie die Gesamtenergie $W$ als Funktion der Wellenzahl $k$ dar. ( <i>Formel/Rechnung</i> )	4
1.5	Stellen Sie die elementare Gleichung des quantenmechanischen Atommodells auf. Geben Sie die <i>Normierungsbedingung</i> an und interpretieren/erklären Sie diese Bedingung. ( <i>Formeln und Stichpunkte</i> )	6
<b>Punkte Aufgabe 1</b>		<b>20</b>

Teil 1	Aufgabe 2: Aufbau der Materie	Punkte
2.1	Durch welche Quantenzahlen können die Zustände eines Elektrons in einem Atom beschrieben werden? Erklären Sie die physikalische Bedeutung der Quantenzahlen. ( <i>Stichpunkte</i> )	8
2.2	Geben Sie die maximale Anzahl von Elektronen an, die höchstens zu einem Atom gehören können, wenn es die Hauptquantenzahl $n$ trägt! ( <i>Formel</i> )	2
2.3	Geben Sie die Ihnen bekannten Bindungsmechanismen an. Beschreiben Sie kurz wie diese Mechanismen auf Atome/Moleküle wirken. ( <i>Stichpunkte</i> )	4
2.4	Berechnen Sie die Raumausnutzung eines einfach kubischen Kristallgitters. ( <i>Rechnung</i> )	4
2.5	Wie kann die Kristallstruktur von $Si$ beschrieben werden ( <i>Stichpunkte</i> )?	2
<b>Punkte Aufgabe 2</b>		<b>20</b>

## Beginnen Sie bitte jede Aufgabe auf einem neuen Blatt!

Teil 2	Aufgabe 3: Halbleiterphysik I	Punkte
3.1	Skizzieren Sie das Bändermodell eines n-Halbleiters. Welche Konsequenz für die Besetzungswahrscheinlichkeit in den Bändern lässt sich aus der Lage des Fermi-niveaus ableiten. <i>(Skizze, Stichpunkte)</i>	6
3.2	Stellen Sie die Zustandsdichten und Besetzungswahrscheinlichkeiten im Energiebändermodell dar. Wie kann aus diesen beiden Verläufen auf die Dichte besetzter Zustände geschlossen werden? <i>(Skizzen und Formeln)</i>	6
3.3	Geben Sie die Gleichung zur Bestimmung der Löcher- und Elektronenkonzentration in einem nicht entarteten Halbleiter an. <i>(Formeln)</i>	4
3.4	Wie lautet die Bedingung für die Ladungsträgerneutralität in einem Halbleiter. Erklären Sie die verwendeten Größen ! <i>(Formel und/oder Stichpunkte)</i>	2
<b>Punkte Aufgabe 3</b>		<b>18</b>

Teil 2	Aufgabe 4: Halbleiterphysik II/pn-Übergang	Punkte
4.1	Bestimmen Sie graphisch die Fermi-Energie eines n-dotierten Halbleiters. Die Donorkonzentration beträgt $N_D = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ . Bei $T = 300\text{K}$ herrscht vollständige Ionisation; $N_L = 3 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ; $n_i(T = 300\text{K}) = 1 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ; $W_F$ liegt bei Eigenleitung etwa in der Mitte der Bandlücke. <i>(Zeichnen Sie die benötigten Verläufe, sowie die Lösung, in das vorbereitete Diagramm im Anhang ein!)</i>	4
4.2	Berechnen Sie den Wert der Diffusionsspannung $U_D$ eines pn-Überganges. <i>(Rechnung)</i> $N_D = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ; $N_A = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ <i>Zur Hilfe : <math>\ln(10) = 2.3</math></i>	6
4.3	Leiten Sie ausgehend von der Bestimmungsgleichung der Diffusionsspannung $U_D$ und dem Ausdruck für $n_i^2$ die Boltzmann-Faktoren zur Bestimmung der Minoritätsträgerkonzentration an den Sperrschichtträgern ab. <i>(Formeln/Rechnung)</i>	8
4.4	Wie kann man aus der Messung der spannungsabhängigen Sperrschichtkapazität $C_S$ durch Extrapolation die Diffusionsspannung $U_D$ bestimmen? <i>(Skizze)</i>	4
<b>Punkte Aufgabe 4</b>		<b>22</b>

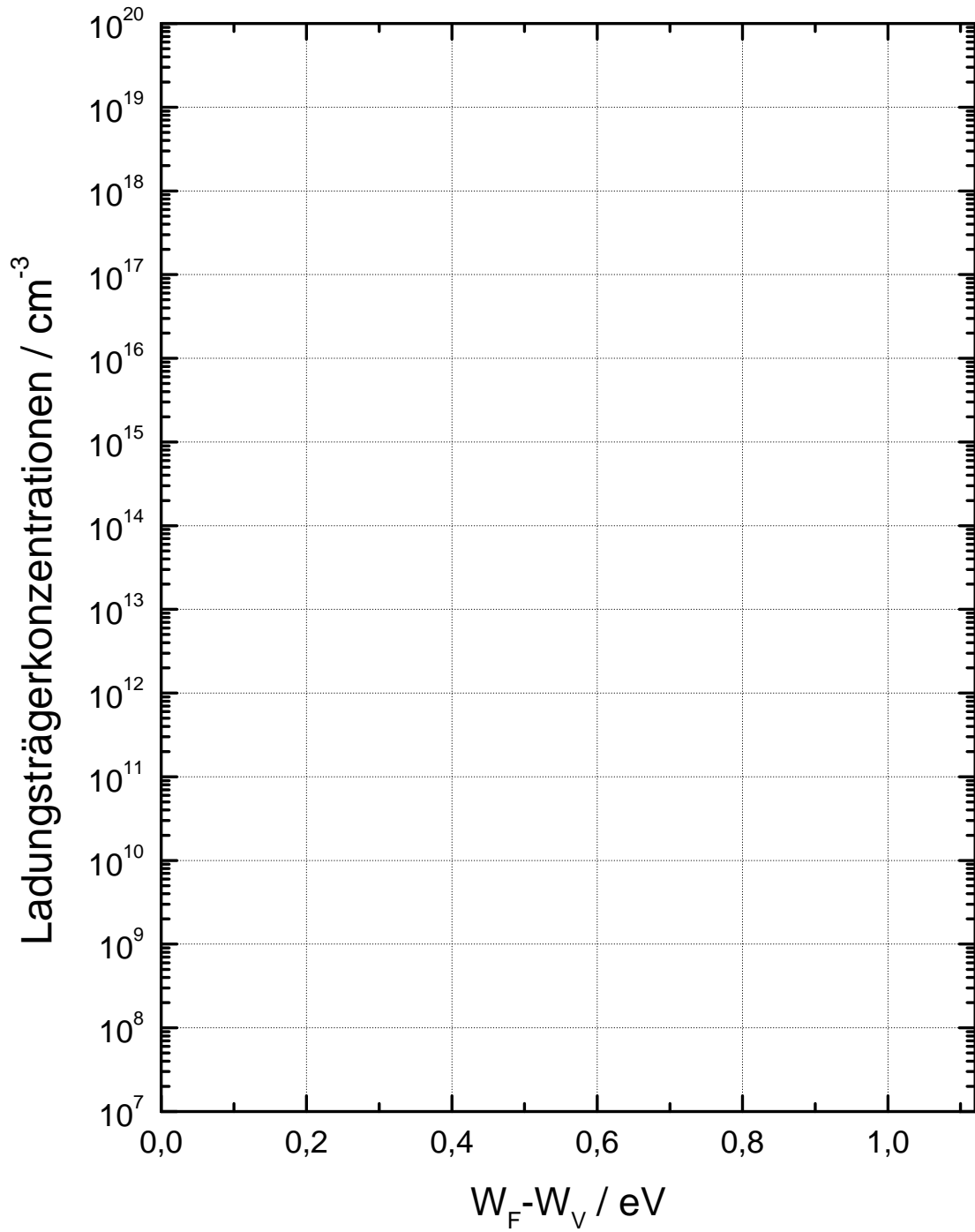
## Beginnen Sie bitte jede Aufgabe auf einem neuen Blatt!

Teil 2	Aufgabe 5: pn-Übergang	Punkte
5.1	Geben Sie die Voraussetzungen zur Ableitung der Kennliniengleichung des pn-Überganges an. Stellen Sie die benötigten Grundgleichung zur Ableitung der Kennliniengleichung auf. <i>(Stichpunkte, Formeln)</i>	6
5.2	Geben Sie die Kennliniengleichung eines pn-Überganges an. Skizzieren Sie den Kennlinienverlauf eines pn-Überganges. Welcher Bereich der Kennlinie wird von der Gleichung beschrieben? <i>(Formel, Skizze, Stichpunkte)</i>	4
5.3	Aus welchem Stromanteil wird der Minoritätsträgerstrom durch die Diode gebildet? <i>(Stichpunkte)</i>	2
5.4	Warum kann der Gesamtstrom aus den beiden Minoritätsträgerströmen zusammengesetzt werden? <i>(Stichpunkte)</i> .	4
5.5	Mit welchen Größen an den Sperrschichträndern im Diagramm der Ladungsträgerkonzentration korrelieren Strom und Spannung der Diodenkennlinie? <i>(Stichpunkte)</i>	4
<b>Punkte Aufgabe 5</b>		<b>20</b>

Teil 2	Aufgabe 6: Bauelemente	Punkte
6.1	Wie ist ein MOS-Varaktor aufgebaut? Aus welchen Anteilen setzt sich die Gesamtladung des Varaktors zusammen? <i>(Skizze und Formel)</i>	2
6.2	Was versteht man unter der Schwellspannung $U_{TH}$ bei Feldeffekttransistoren? <i>(Stichpunkte und/oder Skizze)</i>	2
6.3	Zeichnen Sie den Querschnitt eines p-Kanal MOSFET's . Beschalten Sie den MOSFET so, dass sich ein leitender Kanal ausbilden kann. Zeichnen Sie in die Skizze alle beweglichen und unbeweglichen Ladungsträger ein, die für die Funktion des MOSFET's erforderlich sind. <i>(ausreichend grosse, übersichtliche Skizze)</i>	6
6.4	Nennen Sie die Bedingung für das Auftreten des Abschnürpunktes. <i>(Formel)?</i>	2
6.5	Zeichnen Sie in das Kastenmodell eines bipolar npn-Transistors, den Sie in Basisschaltung betreiben, die Stromanteile, die in dem Transistor auftreten. Geben Sie den formalen Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsstrom an. <i>(Verwenden Sie die vorgefertigte Skizze im Anhang, Formel)</i>	8
<b>Punkte Aufgabe 6</b>		<b>20</b>

**Wir wünschen Ihnen bei der Bearbeitung viel Erfolg!**

## Lösungsdiagramm für Aufgabe 4.1



# Lösungsskizze für Aufgabe 6.5

