

**Vordiploms-Prüfung Sommersemester 2006:****WERKSTOFFE UND BAUELEMENTE DER ELEKTROTECHNIK I (Bauelemente)**

- 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 sechs Seiten (drei Blätter) 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 Klausurtermin 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**

<p>1.1) Skizzieren Sie (ausreichend groß) das Bändermodell eines n-Halbleiters. Zeichnen Sie das Störstellenniveau (ca. 100meV unterhalb <math>W_L</math>), das intrinsische Fermienergie und das Fermienergie bei Raumtemperatur, sowie die Ladungszustände (beweglich / ortsfest) ein! Markieren Sie in dieser Skizze die Positionen der Fermienergie für a) <math>T \approx 0K</math> und b) <math>T &gt; 1000K</math> ! (großzügige Skizze)</p>	6
<p>1.2) Abbildung 1.1 zeigt den Verlauf der Leitfähigkeit über der reziproken Temperatur (<math>1/T</math>) eines dotierten HL. Benennen Sie die unterschiedlichen Bereiche. Wie verhält sich die Anzahl der freien Ladungsträger im mittleren (grau unterlegten) Temperaturbereich und worauf basiert die leichte Absenkung der Leitfähigkeit in diesem Bereich? (evt. Skizze, Stichpunkte)</p>	5
<p>1.3) Bestimmen Sie grafisch die Fermienergie eines mit Arsen (V-Hauptgruppe) dotierten Halbleiters. Die Arsen - Konzentration beträgt <math>N = 10^{17} \text{cm}^{-3}</math> und das Energieniveau dieser Arsen Dopanden liegt im Silizium etwa 100meV unterhalb der Leitungsbandkante. Hinweise: Bei <math>T = 300K</math> herrscht vollständige Ionisation. <math>N_L = N_V = 1 \cdot 10^{19} \text{cm}^{-3}</math> ; <math>n_i(T = 300K) = 1 \cdot 10^{10} \text{cm}^{-3}</math> ; <math>W_F</math> liegt bei Eigenleitung etwa in der Mitte der Bandlücke. (Zeichnen Sie die benötigten Verläufe, sowie die Lösung, in das vorbereitete Diagramm auf der folgenden Seite ein!)</p>	8
<p>1.4) Geben Sie die vollständigen Stromgleichungen und die Bilanzgleichungen für beide Ladungsträgertypen an! (Formel)</p>	4

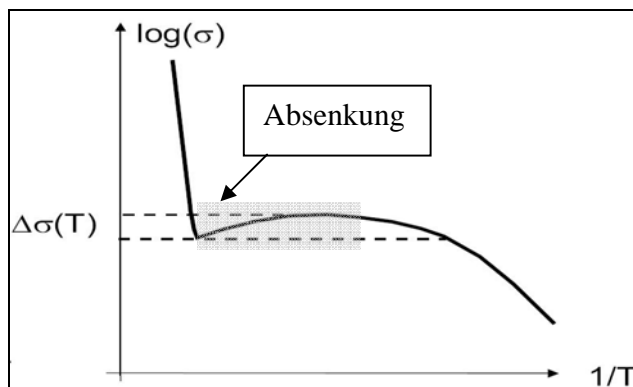
Gesamtpunkte Aufgabe 1 : **23**

Abb. 1.1) Leitfähigkeit über reziproker Temp.

## Lösungsdiagramm für Aufgabe 1.3)

**Aufgabe 2: pn- Übergang****Punkte**

2.1) Beschreiben Sie den Tunneldurchbruch! Skizzieren Sie den Kennlinienverlauf einer Tunnelodiode und erklären Sie eventuelle Unterschiede zur einfachen Diodenkennlinie !	6
2.2) Wie lauten die Shockley'schen Voraussetzungen zur Bestimmung der Kennliniengleichung eines pn- Überganges? ( <i>Stichpunkte</i> )	3
2.3) Zeichnen Sie ( <b>ausreichend groß</b> ) den Verlauf der logarithmischen Ladungsträgerkonzentrationen einer pn <sup>+</sup> - Diode ( $N_A \ll N_D$ ) 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? Verdeutlichen Sie dabei besonders die Unsymmetrie der Auswirkungen auf p- und n <sup>+</sup> -Gebiet. ( <i>Skizze</i> )	6
2.4) Wie lauten die Boltzmann-Faktoren zur Bestimmung der Minoritätsträgerkonzentration an den Sperrschichtträgern ? ( <i>Formel</i> )	2
2.5) Geben Sie die vereinfachte Kennliniengleichung ( $I_0$ nur als Konstante) eines pn- Überganges an. Skizzieren Sie den Kennlinienverlauf eines pn- Überganges in <b>linearer und halblogarithmischer</b> Darstellung. ( <i>Formel und Skizze</i> )	4
2.6) Skizzieren Sie den Aufbau einer pin- Diode. Welcher Unterschied besteht hinsichtlich des Sperrverhaltens verglichen mit einem einfachen pn- Übergang? ( <i>Skizze, Stichpunkte</i> )	3

Gesamtpunkte Aufgabe 2 : 24

**Aufgabe 3: Bauelemente****Punkte**

3.1) Zeichnen Sie in das Kastenmodell eines in <b>Basisschaltung</b> betriebenen bipolar npn- Transistors die internen Stromanteile ein und benennen Sie diese. Zeichnen Sie weiterhin die, zur Basisschaltung nötige, äußere Beschaltung (externe Spannungsquellen) und vorhandenen Ströme ein. (Verwenden Sie die vorgefertigte Skizze im Anhang)	5
3.2) Geben Sie den formalen Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsstrom eines bipolar Transistors in <b>Basisschaltung</b> an. (Formel)	2
3.3) Wie ist in Bezug auf die Stromanteile aus Aufgabe 3.1 der Emitter-Wirkungsgrad und der Transportfaktor definiert? (Formel)	3
3.4.a) Geben Sie den formalen Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsstrom eines npn- Transistors in <b>Emitterschaltung</b> an und zeichnen Sie dessen Eingangs- und Ausgangskennlinienfeld (AKF). Markieren und benennen Sie im AKF die drei verschiedenen Bereiche. (Formeln, Diagramm)	6
3.4.b) Skizzieren Sie den Querschnitt eines n- Kanal- MOSFET's. Beschalten Sie diesen Transistor in Source Schaltung (externe Spannungsquellen) und zeichnen Sie den sich bildenden Kanal in die Skizze ein. Benennen Sie alle relevanten Bauteilparameter (Dotierungsarten der Gebiete, Gate- Aufbau, usw.). (Skizze)	5
3.5) Skizzieren Sie das Ausgangs-, und Übertragungskennlinienfeld dieses n-MOSFET's in Source- Schaltung. Kennzeichnen und benennen Sie im Ausgangskennlinienfeld den Sperr-, Parabolischen und Sättigungs-Bereich! Durch welche Bedingungen werden diese Bereiche definiert? (Skizze und Stichpunkte)	4
3.6) Stellen Sie in 3 weiteren Skizzen die jeweiligen Kanalverläufe für die in 3.5) gekennzeichneten Bereiche dar und benennen Sie markante Punkte. Hierzu reicht die Betrachtung der Anordnung unterhalb des Gate- Kontaktes. (Skizze)	3
3.7) Zeichnen Sie den prinzipiellen Aufbau eines Thyristors (HL- Schichtfolge, Anode, Kathode und Steuerkontakt) und das zugehörige Kennlinienfeld. Für welches Einsatzgebiet werden diese Bauteile verwendet? (Skizze und Stichpunkte)	5

Gesamtpunkte Aufgabe 3 : 33

Hilfsblatt zur Lösung von Aufgabe 3.1)

