

Name:

Matr.-Nr.:

Klausur: Grundlagen der Elektronik SS 23

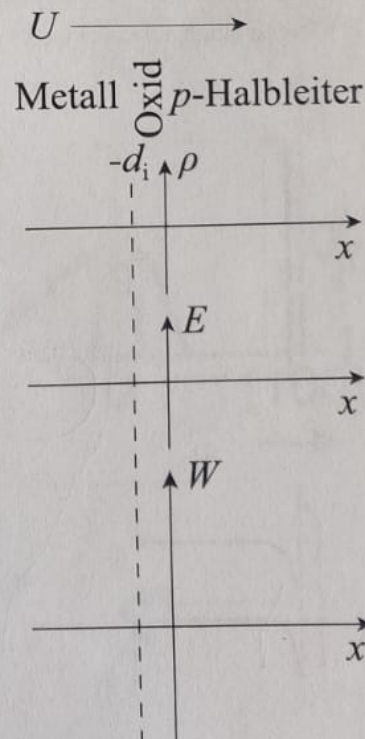
Kurzfragen ohne Unterlagen (Bearbeitungszeit: 30 min)

- 1) Die Steilheit eines MOSFETs kann erhöht werden, wenn man
- ☐ die Beweglichkeit der Ladungsträger im Gateoxid erniedrigt.
 - ☐ die Dicke der Gate-Isolationsschicht erniedrigt.
 - ☐ die Gatelänge erniedrigt.
 - ☐ die Gatebreite erniedrigt.
- 2) Welche der Aussagen zu einem idealen pn -Übergang mit angelegter Spannung U sind zutreffend?
- ☐ Elektronen- und Löcherstrom sind proportional zu den Gradienten der zugehörigen Quasi-Fermi-Niveaus W_{Fn} und W_{Fp} .
 - ☐ Die Spannung $U = (W_{Fn} - W_{Fp})/q$ fällt nahezu vollständig über der Verarmungszone ab.
 - ☐ Im Durchlassfall gilt in der Verarmungszone $W_{Fn} < W_{Fp}$.
 - ☐ Im Sperrfall gilt in der Verarmungszone und ihrer Umgebung $np > n_i^2$.

- 3) Skizzieren Sie in den vorbereiteten Diagrammen rechts die örtlichen Verläufe der Raumladungsdichte $\rho(x)$, des elektrischen Feldes $E(x)$ und des Bändermodells $W(x)$ in der angedeuteten, idealen Metall-Oxid- p -Halbleiterstruktur für den Fall der Inversion. Beschriften Sie im Bändermodell die Fermienergien im Metall (W_{FM}) und im Halbleiter (W_{FHL}), die Leitungs- und Valenzbandkantenenergie (W_L und W_V), die Eigenleitungsenergie (W_i) sowie qU (U : angelegte Spannung). Welches Vorzeichen muss U aufweisen?

☐ $U > 0$

☐ $U < 0$



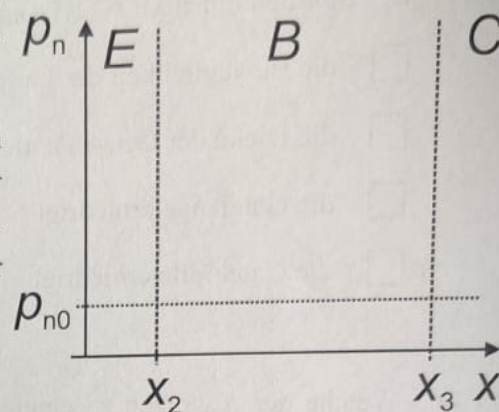
- 4) Wir betrachten den Konzentrationsverlauf der Minoritätsladungsträger $n_p(x)$ in der neutralen Basis (x_2 bis x_3) eines pnp -Transistors.

- a) Geben Sie rechts oben die Minoritätsladungsträgerkonzentrationen $p_n(x = x_2)$ in Abhängigkeit der Emitter-Basis-Spannung U_{eb} sowie $p_n(x = x_3)$ in Abhängigkeit der Kollektor-Basis-Spannung U_{cb} formelmäßig an:

$$p_n(x = x_2) =$$

$$p_n(x = x_3) =$$

Skizzieren Sie $n_p(x)$ in dem vorbereiteten Diagramm (rechts unten). Vernachlässigen Sie die Variation der Verarmungszonenbreiten mit der Spannung. Markieren Sie die Verläufe mit dem Buchstaben der Teilaufgaben (b) bzw. c):



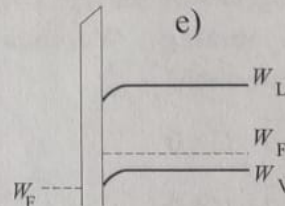
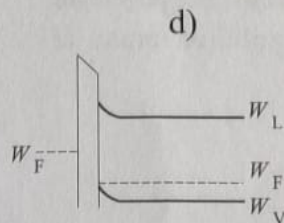
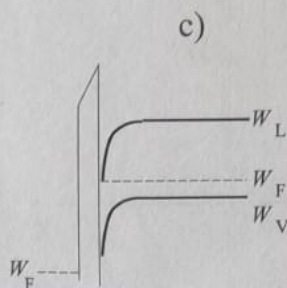
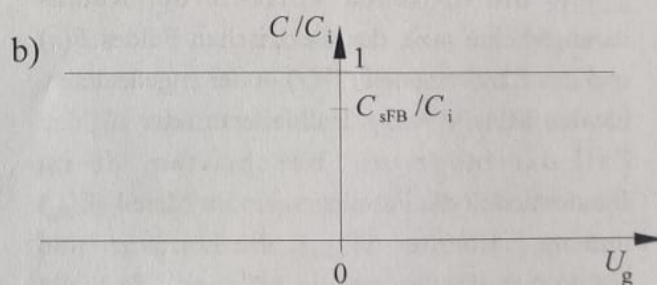
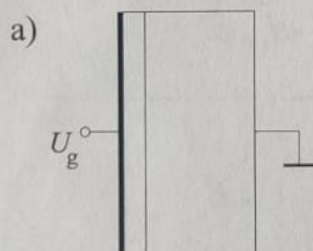
b) $U_{eb}^{(b)} < 0$; $U_{cb}^{(b)} \gg 0$

c) $U_{eb}^{(c)} = 0$; $U_{cb}^{(c)} > U_{cb}^{(b)}$

- 5) Gegeben ist eine ideale Metall-Isolator-Halbleiter-Struktur (unten, Bild a) mit gleichen Austrittsarbeiten von Halbleiter und Metall sowie in den Bildern c) bis e) die zugehörigen Bändermodelle für drei Arbeitspunkte (Anreicherung, Verarmung, Inversion). Um welchen Halbleitertyp handelt es sich?

☐ n -Typ ☐ p -Typ

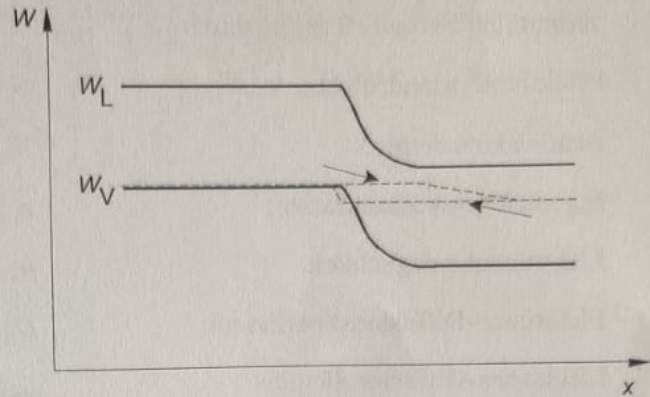
Zeichnen Sie für hohe Frequenzen den $C(U_g)$ -Verlauf in das Diagramm (Bild b). Markieren Sie die jeweiligen Arbeitspunkte der drei angegebenen Bändermodelle mit dem zugehörigen Buchstaben c) bis e) in der $C/C_i(U_g)$ -Kennlinie.



Name:

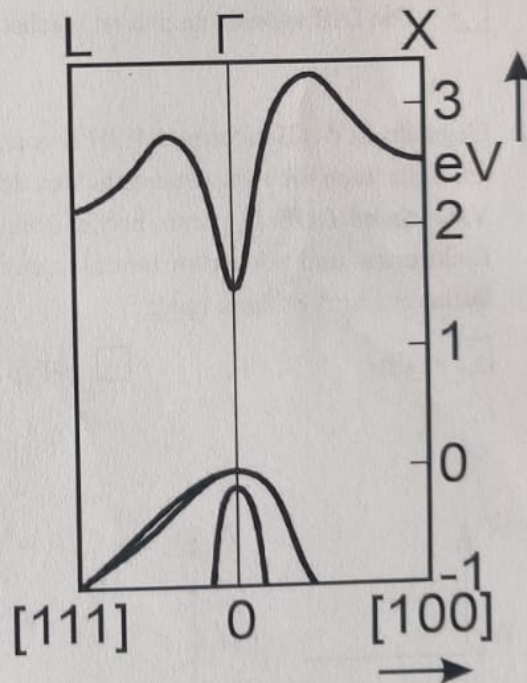
Matr.-Nr.:

- 6) Welche der Aussagen zu dem gezeigten Bändermodell mit den Bandkanten W_V und W_L sind richtig? Markieren Sie an den Pfeilen rechts die Quasi-Ferminiveaus W_{Fn} für die Elektronen bzw. W_{Fp} für die Löcher.



- ☐ Es handelt sich um eine p^+n -Diode.
- ☐ Es handelt sich um eine Diode im Sperrbereich.
- ☐ In der Verarmungszone und ihrer Umgebung gilt $n_p > n_{i2}$ und damit Netto-Rekombination.
- ☐ Die Diffusionslänge der Elektronen im p -Gebiet ist größer als die der Löcher im n -Gebiet.

- 7) Beschriften Sie im nebenstehenden Diagramm die Achsen (ausführliche Bezeichnung, nicht nur Formelzeichen). Markieren Sie die Leitungs- und die Valenzbandkante (W_L , W_V). Ist der zugehörige Halbleiter (richtiges bitte ankreuzen)



- ☐ direkt oder
- ☐ indirekt?

- 8) Ergänzen Sie die folgenden Aussagen zu den Eigenschaften zweier bis auf ihre effektive Elektronenmasse im Leitungsband ($m_{L,A}^* < m_{L,B}^*$) identischer Halbleiter A und B in den punktierten Bereichen rechts durch “>”, “<“ oder “=”.

Effektive Zustandsdichte:	$N_{L,A} \dots\dots\dots N_{L,B}$
Bandlückenenergie:	$W_{G,A} \dots\dots\dots W_{G,B}$
Eigenleitungskonzentration:	$n_{i,A} \dots\dots\dots n_{i,B}$
Elektronenbeweglichkeit:	$\mu_{n,A} \dots\dots\dots \mu_{n,B}$
Elektronen-Diffusionskoeffizient:	$D_{n,A} \dots\dots\dots D_{n,B}$
Elektronen-Diffusionslänge:	$L_{n,A} \dots\dots\dots L_{n,B}$

- 9) Welche der Aussagen zur Kapazität C einer pn -Diode mit abruptem Übergang, homogenen Dotierungen und Vorspannung U_0 zwischen p - und n -Bereich sind zutreffend?

- ☐ C ist durch eine Reihenschaltung aus Sperrschicht- und Diffusionskapazität gegeben.
- ☐ Die Diffusionskapazität dominiert das kapazitive Verhalten im Durchlassbereich.
- ☐ Die Sperrschichtkapazität hängt nicht von U_0 ab.
- ☐ Die Diffusionskapazität wächst exponentiell mit U_0 .

- 10) Gegeben ist das Bändermodell $W(x)$ von dotiertem Silizium. Geben Sie den Dotierungstyp an. Skizzieren Sie die Zustandsdichten der Elektronen im Leitungsband und der Löcher im Valenzband $D(W)$ in parabolischer Näherung, sowie die Fermi-Verteilung $f(W)$ und die Elektronen- und Löcherkonzentrationen im Leitungs- bzw. Valenzband $n(W), p(W)$ in den vorbereiteten Vorlagen unten.

☐ n -Typ

☐ p -Typ

