

Name, Vorname:

Matr.Nr.:

Punkte(20):

Note:

Physik und Technologie der Halbleiterbauelemente

1. Technologie (6 Punkte)

1.1 Zeichnen Sie einen planaren n-Kanal-MOS-Transistor im Querschnitt.

a) Bezeichnen Sie die unterschiedlichen Materialien und die vier Anschlüsse des Transistors!

b) Nennen Sie mindestens 2 vorteilhafte Materialeigenschaften des Silizium-Dioxids, die für den Einsatz im MOS-Transistors bzw. für dessen Herstellung von Bedeutung sind!

(2 Punkt)

1.2 Warum ist die Trägerlebensdauer in reinem GaAs kleiner als in reinem Silizium und Germanium?

(1 Punkt)

1.3 Um einen Halbleiter zu dotieren, wird Z.B. das Diffusionsverfahren eingesetzt. Die Diffusion lässt sich über die Fickschen Gesetze beschreiben. Leiten Sie aus diesen die Diffusionsgleichung für den eindimensionalen Fall her! Benennen Sie die verwendeten Größen. (1 Punkt)

1.4 Durch welche Parameter wird die Minoritätsträgerlebensdauer bei Rekombination über Zentren in einem homogenen Halbleiter Material beeinflusst? (1 Punkt)

1.5 Eine Möglichkeit einen Halbleiter zu dotieren stellt die Ionenimplantation dar. Wovon ist die Verteilung der implantierten Ionen abhängig? Nennen Sie mindestens 4 besondere Eigenschaften der Dotierung mittels Ionenimplantation! (1 Punkt)

2. Physikalische Grundlagen (5 Punkte)

2.1 Zeitliches Abklingen der Elektronenüberschussdichte :

- a) Wie lautet die vollständige Bilanzgleichung für die Elektronendichte n bzw. die Überschussladungsdichte Δn ?
- b) In dem feldfreien Halbleiterkristall, die homogen mit $N_D=10^{15}\text{cm}^{-3}$ dotiert ist, werde die optische Generation von Ladungsträgern zum Zeitpunkt $t=0$ unterbrochen. Welche Terme aus a) sind vernachlässigbar?
- c) Leiten Sie aus der vereinfachten Bilanzgleichung das Zeitgesetz her, nach dem die Überschussladungsträger abklingen! Geben Sie dabei auch die Überschussladungsträgerkonzentration zum Zeitpunkt $t=0$ an!
(2 Punkt)

- 2.2 Durch Lichteneinstrahlung werden in einer Si-Probe ($p_0=10^{15}\text{cm}^{-3}$, 300K) Überschussladungsträgerpaare erzeugt. Für $1,8 \cdot 10^{-6}\text{s}$ nach Abschalten des Lichtes sei die Minoritätsträgerüberschussdichte um den Faktor $1/e$ gesunken. Wie groß ist die thermische Generationsrate des Materials, wenn schwache Injektion angenommen wird und nur ein Rekombinationsmechanismus vorherrscht? ($n_i= 1,5 \cdot 10^{10}\text{cm}^{-3}$)
(1 Punkt)

2.3 Wie lautet die Poisson-Gleichung? (Schließen Sie die Raumladung in die relevanten Ladungsträgerdichten auf) (1 Punkt)

2.4 Was beschreibt ein Quasi-Fermi-Niveau? (1 Punkt)

3. Kennlinien (3 Punkte)

3.1 Welche drei Voraussetzungen beinhaltet das Shockley-Modell der Kennlinie? (1 Punkt)

3.2 Stellen Sie die $I(U)$ -Kennlinie für einen realen pn-Übergang in Flußrichtung in halblogarithmischer Darstellung dar und markieren Sie die Bereiche, in dem das Shockley-Modell erfüllt ist und die Bereiche, in denen es nicht geht. Nennen Sie die physikalischen Ursachen, die eine Abweichung dieser Kennlinie von der idealen Diode nach dem Shockley-Modell bewirken. (2 Punkte)

4. MOS-Transistor (6 Punkte)

4.1 Ein MOS-Varaktor besteht aus der Schichtenfolge Aluminium, Siliziumdioxide und p-Substrat. Zeichnen Sie das Energiebändermodell von der Oberfläche eines p-Substrates bis in das neutrale Volumen für den Fall

- a) der Akkumulation
- b) der starken Inversion

Markieren Sie das Volumenpotential ϕ_B und die Bandverbiegung Ψ_s . Kennzeichnen Sie den Midgap-Punkt für den Fall b. Wie groß ist die Bandverbiegung beim Übergang von schwacher zu starker Inversion?

(3 Punkte)

4.2 Wie lässt sich der Drainstrom I_D eines MOS-Transistor im parabolischen Bereich beschreiben? Welche Formel gilt im gesättigten Bereich für den Drainstrom? (1 Punkt)

4.3 Was versteht man unter Subthreshold-Bereich? Wie ist die Threshold-Spannung definiert?
(1 Punkt)

4.4 Welche Kapazitäten treten im Kleinsignalersatzschaltbild eines MOS-Transistor auf und wie sind sie physikalisch zu erklären? (1 Punkt)