

Physik & Technologie der Halbleiterbauelemente – Einzelklausur, 21.02.2008

1. Technologie

- 1.1. Zeichnen Sie einen planaren n-MOSFET vom Anreicherungstyp. Bezeichnen Sie die vier Anschlüsse und die Materialien
- 1.2. Nennen Sie mindestens 2 Vorteile von Siliziumdioxid für die Herstellung und den Betrieb von MOS Bauelementen.
- 1.3. Warum hat reines GaAs eine kleinere Ladungsträgerlebensdauer als reines Si oder Ge?
- 1.4. Um einen Halbleiter zu dotieren wird das Diffusionsverfahren eingesetzt. Dieses Verfahren lässt sich über die Fickschen Gesetze beschreiben. Leiten Sie aus diesen die eindimensionale Diffusionsgleichung her. Benennen Sie die verwendeten Größen.
- 1.5. Ein weiteres Verfahren ist die Ionenimplantation. Wovon hängt die Dotiertiefe hauptsächlich ab. Nennen Sie des Weiteren vier Vorteile dieses Dotierungsverfahrens.

2. Physikalische Grundlagen

- 2.1. Wie lautet die Bilanzgleichung für Elektronen für die Elektronenkonzentration n bzw. Überschussladungsträgerkonzentration Δn ?
- 2.2. Wie lässt sich diese vereinfachen, wenn zum Zeitpunkt $t=0$ eine optische Generationsrate G_0 aussetzt? Es handelt sich um einen homogenen, feldfreien Halbleiterkristall ($N_D = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$).
- 2.3. Leiten Sie daraus eine Gleichung für die Zeitabhängigkeit der Ladungsträger her
- 2.4. Nach einer Zeit $t=1,5 \cdot 10^{-6} \text{ s}$ ist die Ladungsträgerüberschusskonzentration auf in dem Material ($p_0 = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$) den Wert $1/e$ abgefallen, berechnen Sie die thermische Generationsrate des Materials ($n_i = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$)!
- 2.5. Wie lautet die Poisson-Gleichung? Schlüsseln Sie die Raumladung in die relevanten Ladungsträgerdichten auf!
- 2.6. Von welchen Parametern hängt die Überschussrekombinationsrate ab?

3. Kennlinien

- 3.1. Wie lauten die drei Voraussetzungen für das Shockley-Modell der Diodenkennlinie?
- 3.2. Stellen Sie die $U(I)$ -Kennlinie für einen realen pn-Übergang in Flussrichtung in halblogarithmischer Darstellung dar und unterteilen Sie diese. Nennen Sie die physikalischen Ursachen, die eine Abweichung dieser Kennlinie vom idealen Modell bewirken. Ordnen Sie diese den Bereichen zu und vermerken Sie für die Bereiche, ob diese durch das Modell dargestellt werden.
- 3.3. Was ist das Quasi-Fermi-Niveau, was beschreibt es?

4. MOS-Transistor

- 4.1. Ein MOS-Varaktor besteht aus der Schichtenfolge Aluminium, Siliziumdioxid und p-Substrat. Zeichnen Sie das Energiebändermodell von der Oberfläche des Substrates bis in das neutrale Volumen für den Fall a) der Akkumulation und b) starken Inversion. Markieren Sie im Fall b) den Midgap-Punkt. Markieren Sie in beiden Fällen das Volumenpotential ϕ_B und die Bandverbiegung Ψ_s . Wie groß ist die Bandverbiegung am Übergang von schwacher zu starker Inversion?
- 4.2. Wie wird der Drainstrom I_D im parabolischen Bereich beschrieben, geben Sie eine Formel an. Wie ist der Zusammenhang im Sättigungsbereich?
- 4.3. Was versteht man unter dem Subthresholdbereich und wie ist die Threshold-Spannung definiert?
- 4.4. Welche Kapazitäten gibt es für den MOSFET im Kleinsignalersatzschaltbild und welche physikalischen Ursachen gibt es dafür?