

Physik und Technologie der Halbleiterbauelemente

1. Mos_Transistor

1.1 Zeichnen Sie einen n-MOSFET vom Anreicherungstyp und seine Beschaltung.

1.2

Ein MOS-Varaktor bestehe aus der Schichtenfolge Aluminium, Siliziumdioxid und n-Substrat. Zeichnen Sie das Energiebändermodell von der Oberfläche eines n-Substrates bis in das neutrale Volumen für den Fall der starken Inversion.

Markieren Sie das Volumenpotential ϕ_B und die Bandverbiegung Ψ_s . Kennzeichnen Sie den Midgap-Punkt. Wie groß ist die Bandverbiegung beim Übergang von schwacher zu starker Inversion? (2 Punkte)

1.3 Was versteht man unter Subthreshold-Bereich? Wie ist die Threshold-Spannung definiert?

1.4

Stellen Sie die Eingangsgangskennlinien für den Subthreshold-Bereich dar.

1.5 Wie wirken sich „heiße Ladungsträger“ auf die Thresholdspannung auf.

2. Kennlinien

2.1 a) Stellen Sie die I(U)-Kennlinie für einen realen pn-Übergang in Flussrichtung in halblogarithmischer Darstellung dar und markieren Sie die drei wichtigen Bereiche. Nennen Sie die physikalischen Ursachen, die eine Abweichung dieser Kennlinie von der idealen Diode nach dem Shockley-Modell bewirken.

b) Wie muss die Diodengleichung nach Shockley ergänzt werden, damit sie nicht nur bei mittleren Strömen, sondern auch bei kleinen Strömen die reale Diode korrekt beschreibt?

2.2 Zeichnen Sie die Stromdichte-Spannungskennlinien $j(U)$ von zwei unterschiedlichen Metall/Halbleiterkontakten: einem gleichrichtenden Schottky-Kontakt und einem Kontakt mit ohmschen Verhalten. S. 123

2.3

Wie wirken sich „heiße Ladungsträger“ auf die Thresholdspannung auf.

3. Physikalische Grundlagen

3.1 In einem homogen p-dotierten, kontaktlosen, feldfreien Halbleiterkristall werden mit einer homogenen, stationären optischen Generationsrate G Elektron-Lochpaare generiert. Wie vereinfachen sich unter diesen Bedingungen die Stromgleichung und Bilanzgleichung? Welche stationäre Überschussladungsträgerkonzentration dn , dp stellt sich bei schwacher Injektion ein?

Es gelten die Bedingungen, wie unter 2.2 geschildert. Jedoch werde nun die Einstrahlung so verändert, dass die Generation von Ladungsträgern zwar noch stationär aber nur oberflächennah stattfindet und in das Volumen hinein abklingt. Was folgt in diesem Fall für Stromgleichung und Bilanzgleichung z. B. der Löcher?

Leiten Sie daraus die stationäre Diffusionsgleichung für die Löcher her:
Zeichnen Sie qualitativ den Verlauf des Energiebänderdiagramms für die vorliegende Situation unter Berücksichtigung der Quasi-Ferminiveaus (W_{Fn}, W_{Fp})!
(Anmerkung: Zur Vereinfachung können gleiche Ladungsträgerbeweglichkeiten vorausgesetzt werden.)

4. Technologie

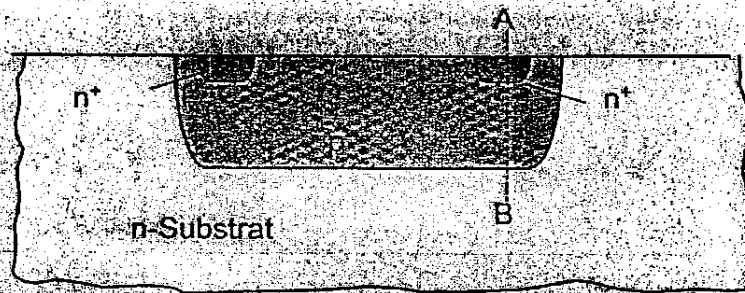
4.1

Um einen Halbleiter zu dotieren, wird z. B. das Diffusionsverfahren eingesetzt.

- a) 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.

4.2

Zur Herstellung eines n-Kanal-MOS-Transistors wurden in ein homogen dotiertes n-Substrat eine p-Wanne (Well) und zwei n^+ -Bereiche eindiffundiert.



Die p-Wannendiffusion mit Bor-Atomen wurde aus der Gasphase heraus durchgeführt. Die n^+ -Source- und n^+ -Drain-Gebiete wurden aus einer dünnen Oberflächenbelegung heraus mit Phosphor-Atomen diffundiert.

- a) Tragen Sie qualitativ entlang eines Längsschnittes durch das Bauelement, wie durch die gestrichelte Linie AB in der Skizze angedeutet, die Dotierstoffkonzentration auf (von der Halbleiteroberfläche bis in das Substrat). Berücksichtigen Sie dabei die n^+ -Diffusionen, die p-Wannen-Diffusion und die homogene Substratdotierung (N_A, N_D, N_{Sub}).

Kennzeichnen Sie die Wannentiefe x_{n^+} der n^+ -Gebiete und die Tiefe x_p der p-Wanne. Geben Sie an, wie die Dotierungsprofile zu einem späteren Zeitpunkt des Diffusionsvorgangs $t_2 > t_1$ aussehen würden.