

## 7. Übung- Klausurvorbereitung

### 1. Technologie

- 1.1 Bei der Herstellung von Halbleiterbauelementen spielen Diffusionsvorgänge eine wesentliche Rolle.  
Welche vier Diffusionsmechanismen gibt es im Festkörper?  
(1 Punkt)
- 1.2 Eine p-Wanne wird aus einer vorbelegten Bor-Schicht in ein homogen dotiertes n-Substrat eindiffundiert.  
Ermitteln Sie die Tiefe  $x_{pn}$  des PN-Übergangs als Funktion der konstanten Substratdotierung  $N_B$ , der Diffusionskonstanten  $D$ , der Diffusionszeit  $t$  und der Oberflächenbelegung  $N_0$ .  
(2 Punkte)
- 1.3 Die eindiffundierte p-Wanne (aus 1.2) soll zur Herstellung eines CMOS-Inverters verwendet werden.
- Zeichnen Sie den Querschnitt des planaren CMOS-Inverters.
  - Bezeichnen Sie die unterschiedlichen Materialien sowie die Gebiete unterschiedlicher Dotierung.
  - Kennzeichnen Sie n- und p-Kanal.
- (2 Punkte)

### 2. Physikalische Grundlagen

- 2.1 Was versteht man unter einem nicht-entarteten Halbleiter und welche Näherung darf man für diesen verwenden?  
(1 Punkt)
- 2.2 Ein kontaktloser, feldfreier Siliziumkristall sei homogen dotiert mit  $N_A=10^{15}\text{cm}^{-3}$ . Mit einer konstanten und homogenen optischen Generationsrate  $G_{\text{opt}}$  werden Ladungsträger generiert.
- Zeichnen Sie für diesen Fall das Bändermodell inklusive der Quasi-Ferminiveaus  $W_{Fn}$ ,  $W_{Fp}$  einmal bei schwacher Injektion und einmal bei starker Injektion!
  - Welche Formel beschreibt den Zusammenhang zwischen Quasi-Ferminiveaus und den Majoritäts- bzw. den Minoritätsträgerdichten?  
(2 Punkte)
- 2.3 In diesem feldfreien Halbleiterkristall (aus 2.2) werde nun die optische Generation von Ladungsträgern zum Zeitpunkt  $t=0$  unterbrochen. Leiten Sie das Zeitgesetz her, nach dem die Überschußladungsträger abklingen! Geben Sie dabei auch die Überschußladungsträgerkonzentration zum Zeitpunkt  $t=0$  an.  
(Tip: die Bilanzgleichung hilft weiter!)  
(2 Punkte)

### 3. PN-Übergang

- 3.1 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.  
(3 Punkte)
- 3.2 a) 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?  
b) Wie läßt sich aus der halblogarithmischen Darstellung (s. 3.1) der Generationsstrom  $I_{01}$  ermitteln?  
c) Zeichnen Sie ein Ersatzschaltbild, daß den Nichtidealitäten einer realen Diode für alle Strombereiche Rechnung trägt. Ordnen Sie die verwendeten Komponenten den drei Bereichen aus 3.1 zu.  
(2 Punkte)

### 4. MOS-Transistor

- 4.1 Zeichnen Sie für einen MOS-Varaktor das Energiebändermodell von der Oberfläche eines p-Substrates bis in das neutrale Volumen für den Fall der starken Inversion. Markieren Sie in der Skizze das Volumenpotential  $\phi_B$  und die Bandverbiegung  $\Psi_s$ . Kennzeichnen Sie den Midgap-Punkt. Wie groß ist die Bandverbiegung beim Übergang von schwacher zu starker Inversion?  
(3 Punkte)
- 4.2 Welcher Zusammenhang gilt zwischen dem Drainstrom  $I_D$  und der Drain-Source-Spannung  $U_{DS}$  im gesättigten Bereich? Welcher Parameter berücksichtigt dabei die Kanallängenmodulation?  
(1 Punkt)
- 4.3 Was versteht man unter Subthreshold-Bereich? Wie ist die Threshold-Spannung definiert?  
(1 Punkt)

Betreuer:  
Peter Sadewater

Sprechstunde: Mi 14:30- 16:00, Raum EN 133  
☎ 314-26803; ✉ [peter@imf.ee.tu-berlin.de](mailto:peter@imf.ee.tu-berlin.de)  
<http://mikro.ee.tu-berlin.de/imf-fe/peter/index.html>