

## ÜBUNGSBLATT 9

### Beispiel 33 (Photodetektor):

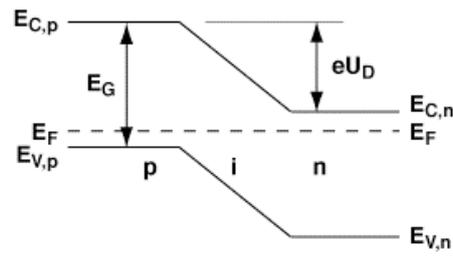
Gegeben sind pn-Photodioden aus den 3 verschiedenen Halbleitermaterialien GaAs, Si und Ge. Die Dotierung ist sowohl im n als auch im p Gebiet gleich  $N_a=N_d=10^{16} \text{ cm}^{-3}$ . Die Rekombinationszeiten  $\tau_n$  für Elektronen und  $\tau_p$  Löcher und die Diffusionskoeffizienten  $D_n$  für Elektronen und  $D_p$  für Löcher sind bei 300K gegeben:

GaAs:	$\tau_n = \tau_p = 10^{-8} \text{ s,}$	$D_n=100\text{cm}^2/\text{s,}$	$D_p=20\text{cm}^2/\text{s}$
Si:	$\tau_n = \tau_p = 10^{-7} \text{ s,}$	$D_n=30\text{cm}^2/\text{s,}$	$D_p=15\text{cm}^2/\text{s}$
Ge:	$\tau_n = \tau_p = 10^{-7} \text{ s,}$	$D_n=50\text{cm}^2/\text{s,}$	$D_p=30\text{cm}^2/\text{s}$

- (a) Vergleiche die Dunkelstrom  $J_{s,\text{dark}}$  (= Sperrstrom  $J_s$ ) im Fall der Diffusionsnäherung.
- (b) Die 3 Photodioden werden alle mit Licht der gleichen Leistungsdichte von  $1\text{mW}/\text{cm}^2$  beleuchtet, allerdings sind die verwendeten Wellenlängen unterschiedlich:
- |          |        |
|----------|--------|
| GaAs ... | 800nm  |
| Si ...   | 1000nm |
| Ge ...   | 1700nm |
- Berechnen Sie den zusätzlichen (Sperr)Strom  $J_{\text{photo}}$  unter der Annahme dass 90% aller Photonen zur Bildung eines Elektronen-Loch-Paares (e-h) führen und dass 100% aller e-h-Paare in der Raumladungszone getrennt werden und zum zusätzlichen Strom beitragen.
- (c) Berechnen Sie welcher Photodetektor bei den jeweiligen oben angegebenen Lichtwellenlängen und einer Temperatur von 300K das beste Signal-Rausch Verhältnis  $\text{SNR} = J_{s,\text{photo}}/J_{s,\text{dark}}$  hat.

### Beispiel 34 ( CV-Methode):

- (a) Berechnen Sie die Kapazität der pn-Diode in Abhängigkeit von einer extern angelegten Spannung.
- (b) Bestimmen Sie für eine homogen dotierte  $n^+p$  Siliziumdiode mit der Querschnittsfläche  $A$  aus der Messung der (spannungsabhängigen) Sperrschiebkapazität die Dotierung des p-Gebiets und die Diffusionsspannung.
- (c) Erklären Sie (siehe Skript) wie man mit der CV-Methode das Dotierprofil (Dotierstoffkonzentration  $N_D(x)$  als Funktion der Position  $x$  im Halbleiterkristall) einer NICHT homogen dotierten Probe experimentell bestimmen kann.

Beispiel 35 (pin-Diode):

Gegeben ist eine abrupte pin-Diode. Die Akzeptorkonzentration ist bekannt ( $2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ). Die p-Schicht ist  $1 \mu\text{m}$  dick, die i-Schicht  $0.1 \mu\text{m}$  und die n-Schicht  $3 \mu\text{m}$ . Weitere Angaben:  $T=300 \text{ K}$ ,  $E_G = 1.12 \text{ eV}$ ,  $\epsilon_r = 12$ ,  $N_C = 5.1 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ,  $N_V = 2.9 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ .

- Berechnen Sie die Donorkonzentration, wenn die Diffusionsspannung  $0.75 \text{ V}$  beträgt.
- Berechnen Sie die Ausdehnung der Raumladungszone in das n- und p-Gebiet ohne äußere Spannung!
- Bei welcher von außen anzulegenden Spannung erreicht die Raumladungszone einen der Kontakte?
- Vergleichen Sie pin-Dioden mit herkömmlichen pn-Dioden hinsichtlich Spannungsfestigkeit und Sperrschichtkapazität!

Beispiel 36 (Schottky-Kontakt)

Gegeben ist ein idealer Schottky Kontakt (ohne Oberflächenzustände!) aus n-Typ Si ( $N_d=10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ). Die Austrittsarbeit des Metalls ist  $4.3 \text{ eV}$  und die Elektronenaffinität von Si ist  $\chi=4 \text{ eV}$ , das Bandgap von Si ist  $E_{\text{gap}} = 1.12 \text{ eV}$

- Berechnen Sie die Barrierenhöhe, die Built-in Spannung und Größe der Verarmungszone bei  $T=300 \text{ K}$  für den idealen Schottky Kontakt
- Nehmen Sie nun an dass es an der Kontaktfläche zwischen Si und dem Metall eine große Anzahl an Oberflächenzuständen gibt, die das Fermi-niveau an der Grenzfläche Metall-Halbleiter in die Mitte des Halbleiters zwingt (Midgap-Pinning). Berechnen Sie die Barrierenhöhe, die Built-in Spannung und Größe der Verarmungszone bei  $T=300 \text{ K}$ .
- Zeichnen sie für die beiden Fälle das Energiebanddiagramm.