

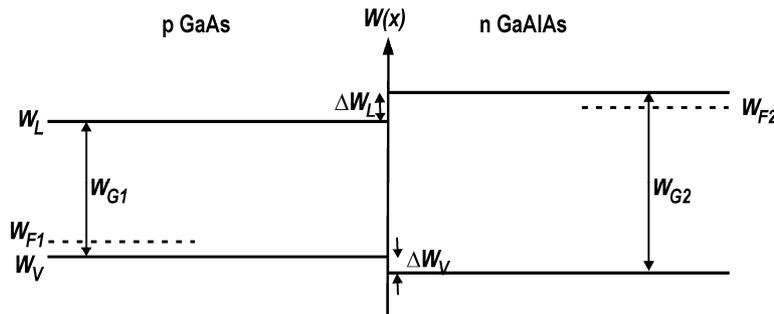
## Übungsblatt 10

### Aufgabe 1) pn-Laserdiode

Eine pn-Laserdiode sei als Heterostruktur aufgebaut, d.h. auf der p- und n-Seite werden unterschiedliche Materialien mit unterschiedlichen Bandabständen verwendet. Die p-Seite ist aus GaAs mit einem Bandabstand  $W_{G1} = 1.4 \text{ eV}$ ,  $\epsilon_r = 12.9$  und mit  $n_A = 0.2 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  dotiert.

Die n-Seite ist aus GaAlAs mit  $W_{G2} = 1.8 \text{ eV}$ ,  $\epsilon_r = 11.5$  und mit  $n_D = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  dotiert.

Im sogenannten Flachbandfall, wird eine äußere Spannung so angelegt, dass die Bänder am Übergang nicht verbogen sind, siehe Figur 1.



Figur 1

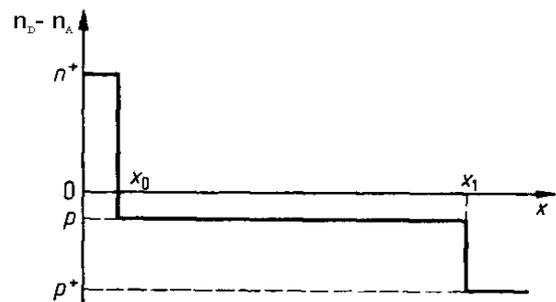
Die Leitungsbandkante erfährt am abrupten Übergang einen Sprung  $\Delta W_L = 0.26 \text{ eV}$ , die Valenzbandkante einen Sprung  $\Delta W_V = 0.14 \text{ eV}$ . Die Temperatur beträgt  $T = 300 \text{ K}$ . Die p- und n-Seite haben die gleichen äquivalenten Zustandsdichten. Die Eigenleitungsträgerdichte in GaAs sei  $n_i = 1.8 \cdot 10^6 \text{ cm}^{-3}$ . Es gilt Störstellenerschöpfung.

- Skizzieren Sie unter Angabe der entsprechenden Gleichungen die Verläufe der Raumladungsdichte  $\rho(x)$ , des elektrischen Feldes  $E(x)$ , des Potentials  $\varphi(x)$  und das Banddiagramm  $W(x)$ , wenn keine äußere Spannung angelegt ist. Es gelte die Schottky-Näherung. Beachten Sie beim Skizzieren des elektrischen Feldes die Randbedingung an der Materialgrenzfläche.
- Betrachten Sie nun den Flachbandfall und skizzieren Sie den Verlauf der Quasi-Ferminiveaus im pn-Übergang. Markieren Sie die Raumladungs- und Diffusionsgebiete. Welche Spannung muss an die Diode angelegt werden, damit es zum Flachbandfall kommt? Wo muss der „+“-Pol der Spannung angelegt werden? Liegt in diesem Fall optischer Gewinn vor?
- Berechnen Sie die maximale Feldstärke  $E_{max}$  in der Diode, wenn keine äußere Spannung angelegt ist. Beachten Sie dabei, dass die in b) berechnete „Flachbandspannung“ gerade der Diffusionsspannung der Diode entspricht.

### Aufgabe 2) IMPATT-Diode

Eine Lawinenlaufzeitdiode aus Silizium ( $\epsilon_r = 11,9$ ) ist n<sup>+</sup>pp<sup>+</sup>-strukturiert. Für den Oszillatorbetrieb gelten drei Anforderungen:

- An der Stelle  $x_0$  muss die elektrische Feldstärke den zur Lawinenmultiplikation notwendigen Wert von  $E_0 = 4 \cdot 10^5 \text{ V/cm}$  erreichen.
- In der gesamten p-Zone muss die elektrische



Figur 2

Feldstärke mindestens den zur Aufrechterhaltung einer gesättigten Ladungsträgergeschwindigkeit von  $v_s = 10^7$  cm/s erforderlichen Wert  $E_1 = 5 \cdot 10^4$  V/cm erreichen.

iii) Die Laufzeit  $\tau$  der Ladungsträger in der p-Zone muss gleich der halben Periodendauer der Schwingungen sein, die der Oszillator erzeugen soll. Die Zone bei  $x_0$ , in der die Multiplikation erfolgt, sei vernachlässigbar kurz gegen die Länge der p-Zone.

- a) Wie lang muss  $x_p = x_1 - x_0$  (der p-Bereich) sein, damit der Oszillator bei 10 GHz arbeitet?
- b) Wie stark muss die p-Zone dotiert sein, damit im Arbeitspunkt die Feldstärke  $E_0$  bei  $x_0$  und die Feldstärke  $E_1$  bei  $x_1$  herrscht? Nehmen Sie an, dass keine freien Ladungsträger in der p-Zone existieren und die Störstellen erschöpft sind.
- c) Wie groß ist die Spannung  $U_c$  an der RLZ bei der gerade Multiplikation bei  $x_0$  einsetzt? Vernachlässigen Sie den Spannungsabfall in der n<sup>+</sup>- und p<sup>+</sup>-Zone sowie die Diffusionsspannung.