

## 12. Zadania

### Zadanie 12.1.

Obliczyć całkowitą energię elektronu znajdującego się na trzeciej orbicie w atomie krzemu. Liczba atomowa krzemu  $Z = 14$ . Pozostałe stałe fizyczne: ładunek elementarny  $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$  C, masa elektronu  $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31}$  kg, stała Plancka  $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$  J·s, przenikalność elektryczna próżni  $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$  F/m.

Odp.  $662,544 \cdot 10^{-18}$  J (około 414 eV)

### Zadanie 12.2.

Przyjmując, że liczba atomów krzemu w  $1 \text{ m}^3$  jest rzędu  $4,99 \cdot 10^{28}$ , szerokość pasma zabronionego  $W_g = 1,12$  eV, koncentracja elektronów w paśmie przewodnictwa w temperaturze  $T_1 = 300$  K jest równa  $n_{i1} = 1,5 \cdot 10^{16}$  oszacować koncentracja swobodnych elektronów w  $1 \text{ m}^3$  w temperaturze 250 K i 350 K. Stała Boltzmanna  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  J/K.

Odp. Około  $0,9997n_{i1}$  (dla 250 K) oraz  $1,00039n_{i1}$  (dla 350 K).

### Zadanie 12.3.

Jaka konduktywność ma próbka z czystego krzemu i domieszkowana atomami akceptorowymi, jeżeli koncentracja domieszki  $N_a = 10^{24} \text{ m}^{-3}$ . Temperatura otoczenia 300 K,  $\mu_n = 1350 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{Vs}$ ,  $\mu_p = 450 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{Vs}$

Odp.

### Zadanie 12.4.

Płytką krzemu jest domieszkowana atomami donorowymi. Koncentracja domieszki  $N_d = 2 \cdot 10^{22} \text{ m}^{-3}$ . Oszacować koncentrację dziur i elektronów swobodnych w temperaturze pokojowej  $27^\circ\text{C}$ , jeżeli koncentracja nośników samoistnych w tej temperaturze jest równa  $n_i = 1,5 \cdot 10^{16} \text{ m}^{-3}$ .

Odp.  $N_n \approx N_d = 2 \cdot 10^{22} \text{ m}^{-3}$ ,  $P_n = 1,25 \cdot 10^{10} \text{ m}^{-3}$

### Zadanie 12.5.

Narysować wykres zależności potencjału termokinetycznego  $U_T$  od temperatury w zakresie  $\pm 40^\circ\text{C}$ . Ładunek elementarny  $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$  C, stała Boltzmanna  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  J/K.

Odp.

t	$^\circ\text{C}$	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
$U_T$	mV	20,07	20,93	21,80	22,66	23,52	24,38	25,24	26,10	26,96

### Zadanie 12.6.

Wiedząc, że w temperaturze 300 K ruchliwość elektronów jest równa  $\mu_n = 1350 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{Vs}$  obliczyć dla tej temperatury stałą dyfuzji. Ładunek elementarny  $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$  C, stała Boltzmanna  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  J/K.

Odp.  $D_n = 3,488 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

### Zadanie 12.7.

Obliczyć drogę dyfuzji elektronu i dziury w krzemie w temperaturze 300 K, jeżeli średni czas życia nośników jest równy 200 ns. W temperaturze 300 K  $\mu_n = 1350 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{Vs}$ ,  $\mu_p = 450 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{Vs}$ .

Odp. Dla elektronu  $L_n = 26,4 \text{ }\mu\text{m}$ , dla dziur  $L_p = 15,3 \text{ }\mu\text{m}$

Zadanie 12.8.

Jaką częstotliwość i długość fali powinno mieć padające na płytkę krzemową światło, aby wystąpiło zjawisko fotojonizacji?

Odp.  $f = 270 \cdot 10^{15}$  Hz,  $\lambda = 1$  nm

Zadanie 12.9.

Próbkę krzemu domieszkowanego atomami boru ( $N_a = 10^{15} \text{ m}^{-3}$ ) domieszkowano dodatkowo atomami fosforu ( $N_d = 10^{23} \text{ m}^{-3}$ ).

Obliczyć koncentrację swobodnych elektronów i dziur przed i po domieszkowaniu fosforem.

Odp.

Zadanie 12.10.

Jaka grubość ma warstwa inwersyjna, jeżeli płytka krzemowa pracuje w temperaturze 300 K i jest domieszkowana atomami aluminium ( $N_a = 3 \cdot 10^{22}$ ). Względna przenikalność elektryczna krzemu  $\epsilon = 11,7$  oraz ładunek elementarny  $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$  C, przenikalność elektryczna próżni  $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$  F/m, stała Boltzmanna  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  J/K.

Odp. 33 nm