

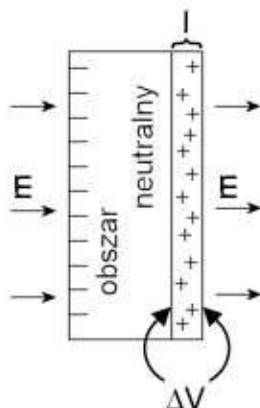
XLIV OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP I

Zadanie teoretyczne

ZADANIE T5

Jak wiadomo na powierzchni przewodnika doskonałego umieszczonego w zewnętrznym polu elektrycznym pojawiają się ładunki indukowane, dzięki czemu pole zewnętrzne nie wnika do wnętrza. W metalu, będącym przybliżoną realizacją przewodnika doskonałego, grubość warstwy powierzchniowej zawierającej dodatnie ładunki indukowane zależy od gęstości jonów na jednostkę objętości – im większa jest ta gęstość, tym cieńsza jest warstwa powierzchniowa. Grubość tej warstwy jest bardzo mała, zaś grubość warstwy zawierającej indukowany ładunek ujemny jest jeszcze mniejsza.

Rozważmy półprzewodnik typu n , w którym swobodnymi nośnikami ładunku są elektrony uwolnione przez stosunkowo niewielką liczbę obcych atomów (donorów). W takim półprzewodniku lokalna gęstość elektronów może być tak jak w metalu bardzo duża, ale gęstość ładunków dodatnich (jonów donorowych) jest znacznie mniejsza. Zatem w zewnętrznym polu elektrycznym dodatnie ładunki powierzchniowe tworzą warstwę o liczącej się grubości l (ryc.12). Na taką właśnie głębokość pole elektryczne wnika do półprzewodnika.



Ryc. 12

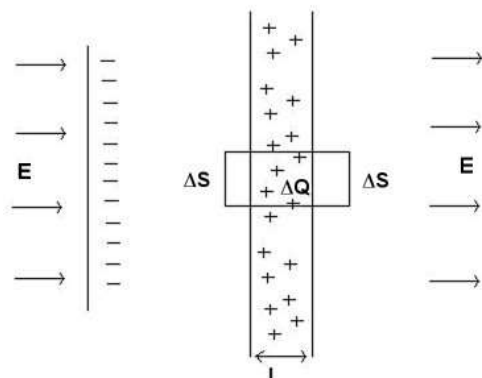
Przyjmij, że rozważny półprzewodnik w kształcie płaskiej płytki kwadratowej o boku 5 cm i grubości 0,1 mm, o gęstości donorów $N_d = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$, został umieszczony w jednorodnym polu elektrycznym $E = 10^5 \text{ V} \cdot \text{cm}^{-1}$, prostopadłym do powierzchni kwadratowej.

- Oblicz głębokość wnikania pola do półprzewodnika.
- Oblicz różnicę potencjałów między brzegiem półprzewodnika a obszarem neutralnym wewnątrz (patrz ryc.12).

Przyjmij, że każdy atom donora oddaje jeden elektron, a stała dielektryczna materiału jest równa $\epsilon = 10$.

ROZWIĄZANIE ZADANIA T5

Stosunek grubości płytki do jej pozostałych wymiarów jest równy $2 \cdot 10^{-3}$. Można więc, tak jak w przypadku kondensatora płaskiego, zaniedbać efekty brzegowe. Korzystając z prawa Gaussa $\epsilon_0 E \Delta S = \Delta Q$ (ryc.13), obliczamy gęstość powierzchniową ładunku.



Ryc.13

$$\sigma = \Delta Q / \Delta S = \epsilon_0 E . \quad (1)$$

Z drugiej strony gęstość tę można obliczyć ze wzoru

$$\sigma = N_d e l . \quad (2)$$

Głębokość wnikania pola wynosi, więc

$$l = \epsilon_0 E / N_d e = 5,5 \cdot 10^{-5} \text{ cm} , \quad (3)$$

gdzie ϵ_0 - przenikalność elektryczna próżni, e - ładunek elementarny.

Aby obliczyć różnicę potencjałów ΔV zauważymy, że natężenia pola elektrycznego w warstwie przypowierzchniowej zmienia się liniowo od zera na granicy obszaru neutralnego do wartości maksymalnej, równej $E_{\text{max}} = E / \epsilon$ przy brzegu, czyli,

$$\Delta V = (1/2) E_{\text{max}} l = \epsilon E^2 / N_d e \epsilon = 0,28 \text{ V} , \quad (4)$$

Punktacja

wzór 3	max. 6 pkt
wzór 4	max. 4 pkt

Źródło:
Zadanie pochodzi z „Druk OF” Maj / Czerwiec 1995r.

Komitet Okręgowy Olimpiady Fizycznej w Szczecinie
www.of.szcz.pl