



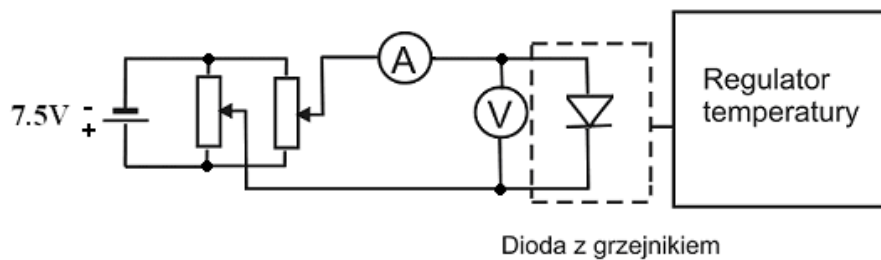
Ćw. 2. Pomiary charakterystyk I-V-T złącza p-n

Cel ćwiczenia

Pomiary charakterystyk prądowo-napięciowych krzemowego złącza p-n w kilku różnych temperaturach. Wyznaczenie przerwy energetycznej złącza.

Układ pomiarowy

Schemat układu pomiarowego przedstawia Rys. 1.



Rysunek 1. Układ do pomiarów charakterystyk I-V-T diody krzemowej.

W skład stanowiska pomiarowego wchodzi:

- regulator temperatury o zakresie regulacji od 0°C do 100°C,
- skrzynka pomiarowa, w której znajduje się badana dioda krzemowa wraz z grzejnikiem,
- multimetry METEX wyposażone w wyjście RS232 umożliwiające komunikację z komputerem,
- komputer służący do rejestracji i wizualizacji danych pomiarowych.

Zadania do wykonania

1. Połączyć układ wg schematu przedstawionego na Rys. 1.
2. W obecności prowadzącego włączyć regulator temperatury i potencjometrem, znajdującym się na płycie czołowej regulatora, ustawić żadaną wartość temperatury. Potencjometr ten został wykalibrowany w ten sposób, że pozycji 0 odpowiada 0°C, zaś pozycji 10 odpowiada 100°C.
3. Dla ustalonej temperatury zmierzyć charakterystykę prądowo – napięciową diody krzemowej, spolaryzowanej w kierunku przewodzenia.
4. Powtórzyć pomiary dla kilku różnych temperatur ustalonych przez prowadzącego.

Uwaga: Nie przekraczać temperatury 60°C !



Opracowanie wyników pomiarów

1) Wykorzystując wyniki pomiarów narysować charakterystyki I-V (wykresy punktowe) dla różnych temperatur. Następnie obliczyć i zaznaczyć na wykresach niepewności pomiaru prądu $u(I) = \frac{\text{dokładność pomiaru prądu}}{\sqrt{3}}$ i napięcia $u(U) = \frac{\text{dokładność pomiaru napięcia}}{\sqrt{3}}$, korzystając z formuł podanych w instrukcjach do multimetrów.

2) Z wykresów I-V dla różnych temperatur wyznaczyć wysokości potencjału wbudowanego V_{bi} w złączu $p-n$ z przecięcia osi napięcia z przedłużeniem prostej najlepiej dopasowanej do charakterystyki w zakresie dużych napięć:

$$V_{bi} = -\frac{b}{a},$$

gdzie a i b – współczynniki regresji w równaniu $y = ax + b$. Obliczyć niepewność pomiaru potencjału wbudowanego, korzystając z niepewności wynikających z regresji liniowej Δa i Δb :

$$u(V_{bi}) = \sqrt{\left[\frac{b}{a^2}\Delta a\right]^2 + \left[\frac{1}{a}\Delta b\right]^2}.$$

3) Narysować wykres zależności $V_{bi} = f(T)$ i zaznaczyć na nim prostokąty niepewności dla każdego punktu – niepewność wartości potencjału wbudowanego wziąć z poprzedniego punktu, niepewność temperatury $u(T) = \frac{\text{dokładność podziałki na skali}}{\sqrt{3}}$. Na jego podstawie wyznaczyć temperaturowy współczynnik dV_{bi}/dT (korzystając z regresji liniowej $dV_{bi}/dT = a$, gdzie a – współczynnik kierunkowy prostej aproksymującej punkty na wykresie). Określić niepewność współczynnika temperaturowego $u(dV_{bi}/dT) = \Delta a$. Otrzymaną wartość współczynnika temperaturowego porównać z danymi literaturowymi.

4) Narysować charakterystyki $\ln I = f(V)$ dla poszczególnych temperatur, przy czym prąd wyrazić w [A] a napięcie w [V] (uwaga: w programie komputerowym wartości prądu i napięcia podane są odpowiednio w [mA] i [mV]). Następnie wyznaczyć wartości prądów nasycenia I_0 , znając wartość współczynnika przecięcia b prostej $y = ax + b$, otrzymanej z dopasowania liniowej części charakterystyki $\ln I = f(V)$. Wyznaczyć również współczynnik idealności n_s .



Ponieważ dla napięć takich, że $\frac{qV}{kT} \geq 3$ można we wzorze $I = I_0 \left[\exp\left(\frac{qV}{nkT}\right) - 1 \right]$ pominąć 1, wówczas: $I \cong I_0 \exp\left(\frac{qV}{nkT}\right)$. Logarytmując obie strony równania otrzymujemy:

$$\begin{cases} \ln I = f(V) \\ y = ax + b \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \ln I = \ln I_0 + \frac{q}{nkT} \cdot V \\ y = ax + b \end{cases} \rightarrow \begin{cases} a = \frac{q}{nkT} \\ b = \ln I_0 \end{cases}$$

Zatem $I_0 = \exp(b)$ natomiast $n = q/akT$.

Uwaga: Za T podstawiać wartości temperatur w [K] a nie w [°C].

5) Obliczyć niepewności wartości prądu nasycenia, korzystając ze wzoru:

$$u(I_0) = e^b \cdot \Delta b,$$

gdzie Δb to niepewność wynikająca z regresji liniowej.

6) Obliczyć niepewności n, korzystając ze wzoru:

$$u(n) = q/k \sqrt{\left(\frac{u(a)}{a^2} \frac{1}{T}\right)^2 + \left(\frac{u(T)}{T^2} \frac{1}{a}\right)^2},$$

gdzie $u(a)$ to niepewność wynikająca z regresji liniowej a $u(T)$ – niepewność pomiaru temperatury (w K).

7) Sporządzić wykres zależności $\ln\left(\frac{I_0}{T^2}\right) = f\left(\frac{1}{T}\right)$. Następnie aproksymować otrzymane punkty wykresu linią prostą o równaniu $y = ax + b$. Znając współczynnik kierunkowy prostej obliczyć wartość przerwy wzbronionej E_g półprzewodnika, z którego wykonano złącze p-n ze wzoru:

$$E_g = -2ka,$$

gdzie k – stała Boltzmannna.

Obliczyć niepewność przerwy wzbronionej za pomocą wzoru:

$$u(E_g) = 2k\Delta a,$$

gdzie Δa to niepewność wynikająca z regresji liniowej.

Porównać otrzymaną wartość E_g badanego złącza p-n z wartością przerwy energetycznej krzemu.



Materiały pomocnicze

1. Opis teoretyczny do ćwiczenia.

Opracowanie: Z. Gumienny, E. Popko, E. Zielony