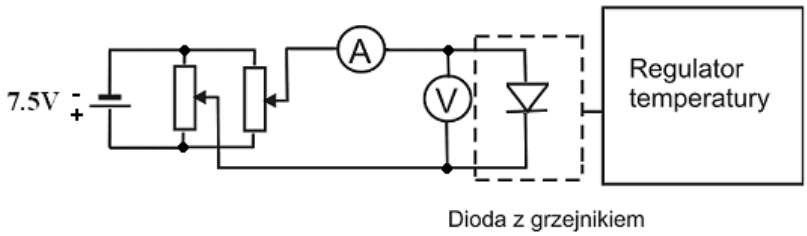
Laboratorium Fotowoltaiki dla NI

I. POMIAR CHARAKTERYSTYK I-V-T ZŁĄCZA P-N

1. Zasada pomiaru.

W ćwiczeniu należy zmierzyć charakterystyki prądowo – napięciowe diody krzemowej (złącza p-n) w kilku różnych temperaturach. Schemat układu pomiarowego przedstawia rys.1.



Rys.1.Układ do pomiaru charakterystyk I-V-T diody krzemowej.

W skład stanowiska pomiarowego wchodzi:

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

2. Zadania do wykonania.

a) Połączyć układ wg schematu przedstawionego na rys.1.

b) W obecności prowadzącego włączyć regulator temperatury i potencjometrem, znajdującym się na płycie czołowej regulatora, ustawić żądaną wartość temperatury. Potencjometr ten został wykalibrowany w ten sposób, że pozycji 0 odpowiada 0^0C, zaś pozycji 10 odpowiada 100^0C.

c) Zmierzyć charakterystykę prądowo – napięciową diody krzemowej w kierunku przewodzenia.

d) Powtórzyć pomiary dla kilku różnych temperatur ustalonych przez prowadzącego.

Nie przekraczać temperatury 60^0C!

3. Opracowanie wyników.

1. Wykorzystując wyniki pomiarów narysować charakterystyki I-V (wykresy punktowe) dla różnych temperatur. Następnie obliczyć i zaznaczyć na wykresach niepewności pomiaru prądu $u(I) = \frac{dokładność\ pomiaru\ prądu}{\sqrt{3}}$ i napięcia $u(U) = \frac{dokładność\ pomiaru\ napięcia}{\sqrt{3}}$, 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:

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

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 $u(T) = \frac{dokładność\ podziałki\ na\ skali}{\sqrt{3}}$. 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). Odczytać i zapisać wartość niepewności współczynnika temperaturowego. Otrzymaną wartość współczynnika temperaturowego porównać z danymi literaturowymi.

3. 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, korzystając z równania prostej y = ax + b, otrzymanego z aproksymacji liniowej części charakterystyki $\ln I = f(V)$.

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: $$I \cong I_0 \exp\left(\frac{qV}{nkT}\right)$$

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

Uwaga: Za *T* podstawiać wartości temperatur w [K] a nie w [^{0}C].

Obliczyć niepewności wartości prądu nasycenia, korzystając ze wzoru:

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

gdzie Δb to niepewność wynikająca z regresji liniowej.

4. Sporządzić wykres $\ln\left(\frac{I_o}{T^2}\right) = f\left(\frac{1}{T}\right)$. Następnie aproksymować otrzymane punkty wykresu linią prostą y = ax + b i znając współczynnik kierunkowy prostej obliczyć wartość przerwy wzbronionej E_g półprzewodnika, z którego wykonano złącze p-n. Do obliczenia E_g wykorzystać wzór nr (1):

$$I_0 = CT^2 \cdot \exp\left(\frac{-E_g}{2kT}\right) \quad \text{,gdzie C =const.} \qquad (1)$$

Dzieląc równanie (1) obustronnie przez T^2 a następnie logarytmując jego obie strony, otrzymujemy:

$$\ln\left(\frac{I_0}{T^2}\right) = \ln C - \frac{E_g}{2kT}$$

$$\begin{cases} \ln\left(\dfrac{I_0}{T^2}\right) = \ln C - \dfrac{E_g}{2k} \cdot \dfrac{1}{T} \\ y = ax + b \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = -\dfrac{E_g}{2k} \\ b = \ln C \end{cases}, \quad \text{stąd } E_g = -2ak.$$

Obliczyć niepewność wartości przerwy wzbronionej za pomocą wzoru:

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

gdzie Δa to niepewność wynikająca z regresji liniowej.