

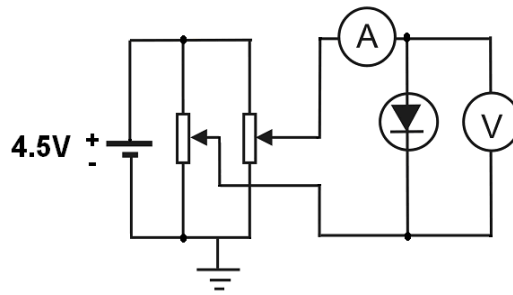


## Fizyka 3.3

### V. FOTODIODA

#### 1. Zasada pomiaru.

Celem ćwiczenia jest pomiar charakterystyk prądowo–napięciowych (I-V) fotodiody nieoświetlonej i oświetlonej oraz sprawdzenie prawa odwrotnych kwadratów. Na rys. 1 przedstawiono układ do pomiaru charakterystyk prądowo–napięciowych fotodiody.



Rys.1.Układ do pomiaru charakterystyk I-V fotodiody.

#### 2. Zadania do wykonania.

1. Zmierzyć charakterystykę prądowo-napięciową nieoświetlonej fotodiody w zakresie od -4V w kierunku zaporowym i do 20mA w kierunku przewodzenia.
2. Zmierzyć charakterystykę prądowo-napięciową oświetlonej fotodiody w zakresie od -100mV w kierunku zaporowym do 20 $\mu$ A w kierunku przewodzenia (woltomierz ustawić na zakres mV a amperomierz na zakres  $\mu$ A) dla sześciu różnych natężeń oświetlenia. Ponieważ natężenie oświetlenia fotodiody jest proporcjonalne do prądu płynącego przez diodę LED, najlepiej zacząć od wartości maksymalnej dla prądu diody LED tj. ok. 37mA i zakres podzielić na sześć części. Fotodiody należy ustawić tak, aby była w minimalnej odległości i na tej samej wysokości co źródło światła (czerwona dioda LED). Układ zasilania diody LED jest taki sam jak układ zasilania fotodiody. Aby dioda LED zaświeciła, należy spolaryzować ją napięciem w kierunku przewodzenia.
3. Dla maksymalnego prądu płynącego przez diodę LED zmierzyć zależność fotoprądu zwarcia od odległości pomiędzy fotodiody a diodą LED w zakresie odległości od 10cm do 30cm, co 5cm.

**Uwaga: Ponieważ w obszarze prądu zwarcia są bardzo małe zmiany napięcia, można przyjąć, że prąd zwarcia występuje przy napięciu ok. -10mV.**

### 3. Opracowanie wyników:

1. Narysować charakterystykę I-V fotodiody nieoświetlonej dla kierunków zaporowego i przewodzenia oraz obliczyć i zaznaczyć na wykresie niepewności pomiaru dla prądu i napięcia, korzystając z formuł podanych w instrukcjach do multimetrów oraz wzorów:  $u(I) = \frac{\text{dokładność pomiaru prądu}}{\sqrt{3}}$  oraz

$$u(U) = \frac{\text{dokładność pomiaru napięcia}}{\sqrt{3}}.$$

Następnie z charakterystyk I-V obliczyć oporność szeregową ( $R_S$ ) fotodiody znając równanie prostej  $y = ax + b$  (aproxymującej punkty charakterystyki I-V w zakresie dużych napięć)  $R_S = \frac{1}{a}$ , gdzie  $a$  –

współczynnik kierunkowy prostej, oraz jej niepewność  $u(R) = \frac{\Delta a}{a^2}$ , gdzie  $\Delta a$  to niepewność współczynnika kierunkowego wyznaczona z regresji liniowej.

Potem wyznaczyć wysokość bariery potencjału  $V_{bi}$  z przecięcia osi napięcia z przedłużeniem prostej najlepiej dopasowanej do charakterystyki w zakresie dużych napięć ( $V_{bi} = -\frac{b}{a}$ ) oraz niepewność bariery potencjału  $u(V_{bi}) = \sqrt{\left[\frac{b}{a^2} \Delta a\right]^2 + \left[\frac{1}{a} \Delta b\right]^2}$

Potem wyznaczyć wysokość bariery potencjału  $V_{bi}$  z przecięcia osi napięcia z przedłużeniem prostej najlepiej dopasowanej do charakterystyki w zakresie dużych napięć ( $V_{bi} = -\frac{b}{a}$ ) oraz niepewność bariery potencjału  $u(V_{bi}) = \sqrt{\left[\frac{b}{a^2} \Delta a\right]^2 + \left[\frac{1}{a} \Delta b\right]^2}$

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

2. Na podstawie otrzymanej wartości  $V_{bi}$  zidentyfikować półprzewodnik, z którego wykonana jest fotodioda.

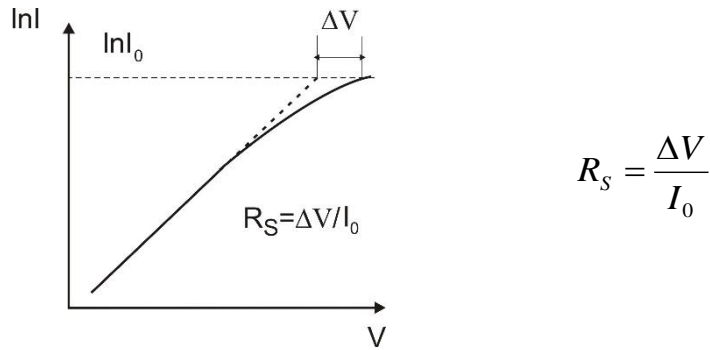
3. Na jednym wykresie narysować rodzinę charakterystyk prądowo-napięciowych oświetlonej fotodiody dla różnych wartości prądów płynących przez diodę LED oraz obliczyć i zaznaczyć na wykresie niepewności pomiaru dla prądu i napięcia, korzystając z formuł podanych w instrukcjach do multimetrów oraz wzorów:  $u(I) = \frac{\text{dokładność pomiaru prądu}}{\sqrt{3}}$  oraz  $u(U) = \frac{\text{dokładność pomiaru napięcia}}{\sqrt{3}}$ .

Następnie dla poszczególnych charakterystyk określić wartości prądów zwarcia ( $I_{SC}$ ) i napięć rozwarcia ( $V_{OC}$ ).

4. Wyznaczyć rezystancję szeregową  $R_S$  fotodiody:

a) Na podstawie pomiarów charakterystyki prądowo-napięciowej nieoświetlonej fotodiody.

W tym celu należy narysować charakterystykę  $\ln(I) = f(V)$ : wyznaczyć przyrost napięcia  $\Delta V$  dla największej wartości natężenia prądu  $I_0$  w kierunku przewodzenia, w zakresie prostoliniowym charakterystyki I-V, w którym prąd płynący przez diodę jest ograniczony jedynie opornością szeregową. Szukaną oporność szeregową  $R_S$ , obliczyć korzystając z zależności ( patrz rys.2.):

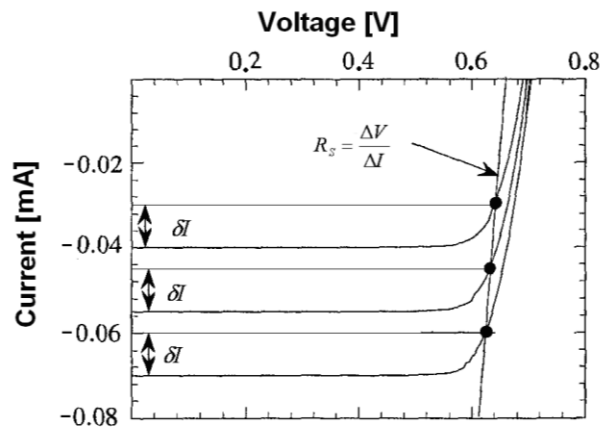


Rys.2. Sposób wyznaczenia oporności szeregowej z charakterystyki I-V.

b) Na podstawie pomiarów charakterystyki prądowo-napięciowej oświetlonej fotodiody, przy kilku różnych oświetleniach.

Różnym natężeniom oświetlenia fotodiody odpowiadają różne wartości prądów zwarcia (rys.3). Na każdej charakterystyce zaznacza się punkt odpowiadający wartości prądu zwarcia powiększonemu o pewną stałą wartość  $\delta I$  (patrz rys.3). Wówczas np.  $I_1 = I_{sc1} + \delta I$  oraz  $I_2 = I_{sc2} + \delta I$ . Następnie łączy się te punkty linią prostą. Odwrotność bezwzględnej wartości współczynnika kierunkowego tej prostej jest szukaną opornością szeregową:

$$R_S = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{V_2 - V_1}{I_2 - I_1} = \frac{V_2 - V_1}{I_{sc2} - I_{sc1}} \quad \text{lub} \quad R_S = \left| \frac{1}{a} \right|$$



Rys.3. Charakterystyki I-V oświetlonej fotodiody i sposób wyznaczenia oporności szeregowej.

c) Porównać wszystkie wartości  $R_S$ .

5. Narysować zależność fotoprądu zwarcia od kwadratu odwrotności odległości między źródłem światła a fotodiodą. Sprawdzić, czy spełnione jest prawo odwrotnych kwadratów. Zaznaczyć niepewności pomiarowe na wykresie policzone wg zależności:

$$u(I) = \frac{\text{dokładność pomiaru prądu}}{\sqrt{3}}.$$

Niepewność pomiaru odległości:

$$u(d) = \frac{0.5\text{cm}}{\sqrt{3}}.$$

Niepewność pomiaru odwrotności kwadratu odległości:

$$u\left(\frac{1}{d^2}\right) = \frac{2u(d)}{d^3}.$$