



**ĆWICZENIE  
104**

**EFEKT FOTOWOLTAICZNY – OGNIWO SŁONECZNE**

**Instrukcja wykonawcza**

**1. Wykaz przyrządów**

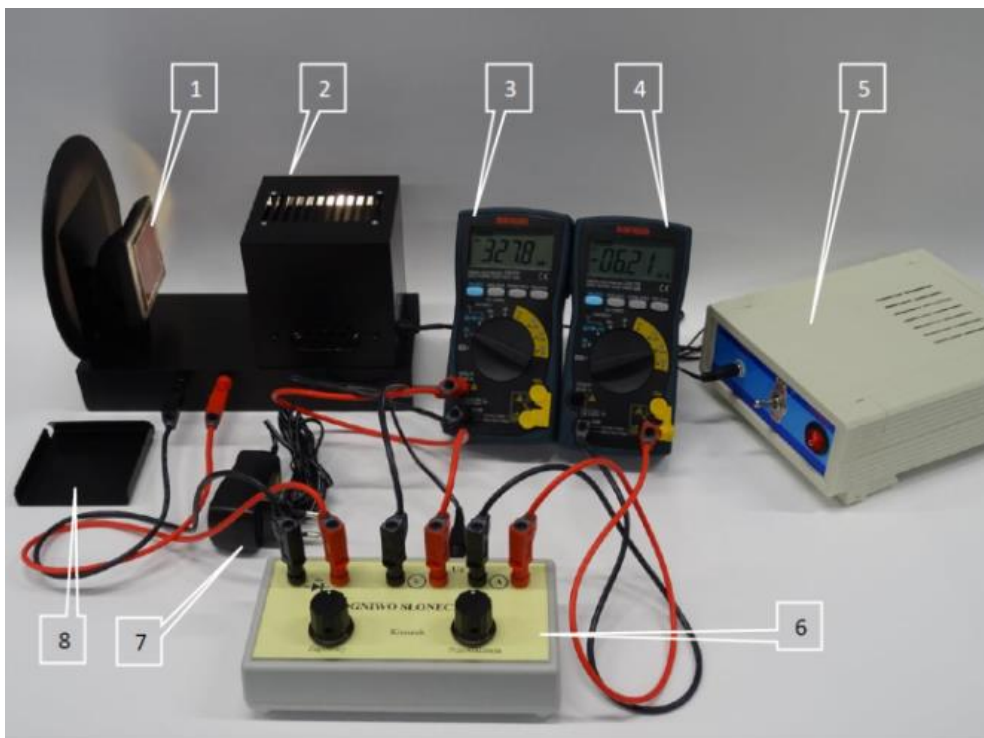
1. Panel z ogniwami
2. Oświetlacz
3. Voltomierz napięcia stałego
4. Miliamperomierz prądu stałego
5. Zasilacz stabilizowany oświetlacza
6. Układ do polaryzacji ogniwa
7. Zasilacz układu do polaryzacji ogniwa
8. Przesłona panelu

**2. Cel ćwiczenia**

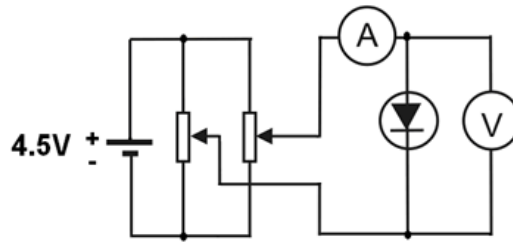
- 1) Wyznaczenie charakterystyki I-V panelu fotowoltaicznego
- 2) Wyznaczenie potencjału wbudowanego z charakterystyki ciemnej ogniwa
- 3) Wyznaczenie współczynnika wypełnienia oświetlonej charakterystyki I-V

**3. Schemat układu pomiarowego**

Na rys. 1 przedstawiono stanowisko do pomiaru charakterystyk prądowo-napięciowych panelu fotowoltaicznego. Panel fotowoltaiczny (1) umieszczony jest na ławie optycznej. Naprzeciwko panelu ustawiony jest oświetlacz (2). Zasilacz oświetlacza (5) pozwala na wybór dwóch natężeń oświetlenia. Voltomierz (3) i amperomierz (4) służą do pomiaru napięcia i prądu w obwodzie panelu. Układ (6) umożliwia polaryzację panelu przy pomocy potencjometrów znajdujących się w tym układzie.



Rys.1. Stanowisko do pomiaru charakterystyk I-V panelu słonecznego



Rys. 2. Schemat zastępczy układu do polaryzacji ogniwa.

### 3 Przebieg pomiarów

#### 3.1. Pomiary charakterystyki ciemnej

a) Zmontować układ pomiarowy wg schematu przedstawionego na rys. 1 i 2. W układzie do polaryzacji panelu znajdują się gniazda. Należy do nich podłączyć: woltomierz, do gniazd, pomiędzy którymi jest etykieta  $\text{V}$ , amperomierz do gniazd, pomiędzy którymi jest etykieta  $\text{A}$ , panel do gniazd, pomiędzy którymi jest etykieta  $\text{☉}$

- b) Ustawić potencjometry układu polaryzującego panel w lewym skrajnym położeniu.  
 c) Sprawdzić czy na wyjściu zasilacza układu do polaryzacji ogniwa jest ustawione napięcie 4.5V i włączyć zasilacz do sieci.  
 d) Zmierzyć charakterystykę prądowo napięciową, tzn. zależność prądu od napięcia dla panelu zasłoniętego przysłoną.
- Dla polaryzacji w kierunku zaporowym, obracając potencjometrem (zaporowy) zmieniać napięcie co 0.2V aż do wartości równej 4V. Dla każdej wartości napięcia odczytać wartość prądu, korzystając z najmniejszego zakresu amperomierza.
  - Po wykonaniu pomiaru skrócić potencjometr w lewe skrajne położenie.
  - Dla polaryzacji w kierunku przewodzenia zmieniać prąd od 0mA do 10mA co 1mA i od 10mA co 5mA do 100mA. Dla każdej wartości prądu, odczytać wartość napięcia.
  - Po wykonaniu pomiaru skrócić potencjometr w lewe skrajne położenie.

#### 3.2. Pomiary charakterystyki jasnej

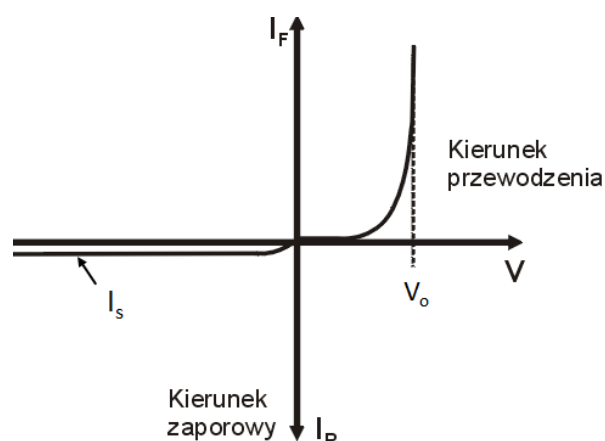
- 1) Powtórzyć punkty A) a)-c)
- 2) Zdjąć przysłonę z panelu słonecznego.
- 3) Włączyć zasilacz oświetlacza. Ustawić przełącznik w zasilaczu w dolnym położeniu. Położenie to odpowiada mniejszemu natężeniu oświetlenia. Górne położenie odpowiada większemu natężeniu oświetlenia.
- 4) Zmierzyć charakterystykę prądowo – napięciową dla panelu oświetlanego.
  - Dla polaryzacji w kierunku zaporowym zmieniać napięcie od 0V co 0.05V aż do wartości równej -0.6V. Dla każdej wartości napięcia odczytać wartość prądu, korzystając z najmniejszego zakresu miliamperomierza, ponieważ maksymalny prąd zwarcia wynosi tylko kilka mA. Należy pamiętać, że jest to prąd wsteczny, zatem amperomierz powinien wskazywać „-I”.
  - Dla polaryzacji w kierunku przewodzenia (od 0V) zmieniać prąd co 0.1mA aż osiągnie się wartość napięcia rozwarcia (prąd wtedy jest równy zero) i nie więcej niż +0.2mA. Wtedy charakterystyka będzie dobrze widoczna w IV ćwiartce wykresu I-V (por. rys. 6b). Dla każdej wartości prądu, odczytać wartość napięcia.

5) Powtórzyć pomiary charakterystyki I-V dla większego natężenia oświetlenia. W tym celu należy przełączyć w zasilaczu oświetlacza ustawić w górnym położeniu i powtórzyć punkt 4).

#### 4. Opracowanie wyników

##### 4.1. Wyznaczenie charakterystyki ciemnej i potencjału wbudowanego

- 1) Sporządzić wykres ciemnej charakterystyki I-V panelu słonecznego.
- 2) Dla kilku wybranych punktów narysować prostokąt niepewności przyjmując za niepewności  $I$  oraz  $V$  dokładności mierników  $\Delta I$  oraz  $\Delta V$
- 3) Z wykresu odczytać potencjał wbudowany  $V_0$ , z przecięcia prostej najlepiej dopasowanej do wykresu I-V w zakresie dużych prądów w kierunku przewodzenia.



Rys.3. Przykładowa charakterystyka I-V nieoświetlonego ogniw/panelu

W tym celu należy metodą regresji liniowej wyznaczyć współczynnik kierunkowy  $A$  i przecięcie  $B$  z osią  $I_F$ , prostej najlepiej dopasowanej do wykresu  $I = f(V)$  oraz ich niepewności  $u(A)$  i  $u(B)$ . Potencjał wbudowany wyznaczamy ze wzoru:

$$V_0 = -\frac{B}{A}. \quad (1)$$

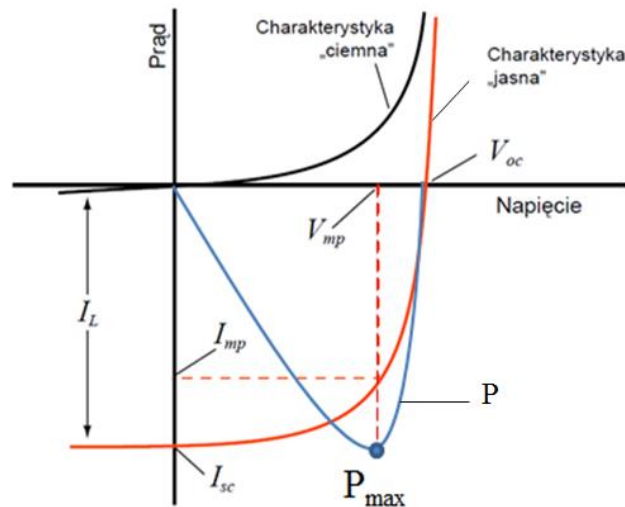
Niepewność  $u(V_0)$  wyznaczamy korzystając ze wzoru:

$$u_c(V_0) = \sqrt{\left(\frac{u(B)}{A}\right)^2 + \left(\frac{u(A)B}{A^2}\right)^2}. \quad (2)$$

##### 4.2. Wyznaczenie charakterystyki jasnej, maksymalnej mocy i współczynnika wypełnienia

- 1) Sporządzić wykresy jasnej charakterystyki I-V panelu słonecznego dla dwóch różnych natężeń oświetlenia.
- 2) Dla kilku wybranych punktów narysować prostokąt niepewności przyjmując za niepewności  $I$  oraz  $V$  dokładności mierników.
- 3) Zaznaczyć na wykresach: prądy zwarcia  $I_{sc}$  i napięcia rozwarcia  $V_{oc}$  oraz punkty dla których prądy  $I_{mp}$  i napięcia  $V_{mp}$  odpowiadają maksymalnej mocy, tak jak to przedstawiono na rys. 4.
- 4) Dla IV ćwiartki charakterystyki I-V narysować wykres mocy  $P = I \cdot V = f(V)$ .
- 5) Dla kilku wybranych punktów narysować prostokąt niepewności. Przyjąć za niepewność  $V$  dokładność woltomierza  $\Delta V$  a niepewność pomiaru mocy obliczyć korzystając ze wzoru:

$$u_{cp}(P) = \sqrt{[u(I) \cdot V]^2 + [u(V) \cdot I]^2}. \quad (3)$$



Rys.4. Przykładowa charakterystyka  $I=f(V)$  oświetlonego ogniwa/panelu słonecznego oraz wykres  $P(V)$ .

6) Korzystając ze wzoru (4) wyznaczyć współczynniki wypełnienia dla obydwu natężeń oświetlenia:

$$FF = \frac{I_{mp}V_{mp}}{I_{sc}V_{oc}} = \frac{P_{max}}{I_{sc}V_{oc}}. \quad (4)$$

6) Obliczyć niepewność współczynników wypełnienia korzystając ze wzoru:

$$u_c(FF) = \sqrt{\left(\frac{u(I_{mp})V_{mp}}{I_{sc}V_{oc}}\right)^2 + \left(\frac{I_{mp}u(V_{mp})}{I_{sc}V_{oc}}\right)^2 + \left(\frac{u(I_{sc})I_{mp}V_{mp}}{I_{sc}^2V_{oc}}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{oc})I_{mp}V_{mp}}{V_{oc}^2I_{sc}}\right)^2}. \quad (5)$$

gdzie  $u(x) = \frac{\Delta x}{x}$ .

## 6. Proponowane tabele

### 6.1. Charakterystyki ciemne

$I$	$u(I)$	$U$	$u(U)$	$V_0$	$u_c(V_0)$
[A]	[A]	[V]	[V]	[V]	[V]

## 6.2. Charakterystyki jasne

$I$	$u(I)$	$U$	$u(U)$	$P$	$u_c(P)$	$I_{sc}$	$u(I_{sc})$	$U_{oc}$	$u(U_{oc})$	$I_{mp}$	$u(I_{mp})$	$U_{mp}$	$u(U_{mp})$	$FF$	$u_c(FF)$
[A]	[A]	[V]	[V]	[W]	[W]	[A]	[A]	[V]	[V]	[A]	[A]	[V]	[V]	[%]	[%]

**Autor: prof. dr hab. Ewa Popko**