



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



NCBR
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

LABORATORIUM

MATERIAŁOZNAWSTWO ELEKTROTECHNICZNE

Ćwiczenie nr 5

Badanie właściwości ogniw fotowoltaicznych

Lublin 2025 r.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Utwór dostępny jest na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 4.0 Międzynarodowe.

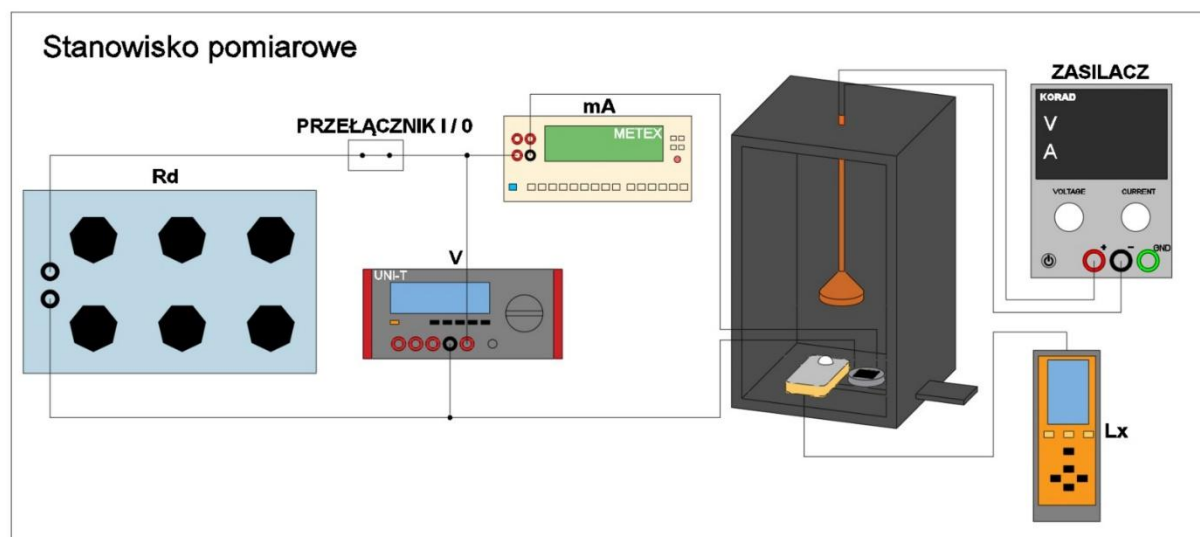
Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z budową, zasadami działania oraz właściwościami elementów słonecznych opartych na półprzewodnikowym złączu p-n, a także z niektórymi metodami ich badania.

Zakres ćwiczenia

W ramach ćwiczenia przeprowadzone zostaną badania elementów słonecznych opartych na półprzewodnikowym złączu p-n. Ćwiczenie składa się z dwóch części. W pierwszej części dokonuje się pomiarów natężenia oświetlenia E_ϕ , prądu zwarcia I_{ZF} oraz napięcia jałowego fotoogniwa U_{0F} dla różnych wartości napięcia zasilającego U_Z , w celu sporządzenie charakterystyk prądu zwarcia i napięcia jałowego w funkcji natężenia oświetlenia. W drugiej części wykonuje się pomiary prądu oraz napięcia fotoogniwa przy obciążeniu go różnymi wartościami rezystancji. Pomiary zostaną przeprowadzone dla czterech różnych napięć zasilających. Na podstawie uzyskanych wyników opracowane zostaną charakterystyki prądowo-napięciowe fotoogniwa, a także wyznaczona zostanie wartość mocy w zależności od rezystancji obciążenia R_d . Ostatnim etapem ćwiczenia będzie analiza uzyskanych wyników pomiarów i sformułowanie wyników.

Stanowisko pomiarowe



Rysunek 1. Schemat układu do pomiaru prądu zwarcia i napięcia jałowego fotoogniwa.

W układzie pomiarowym zostały wykorzystane następujące elementy:

- Zasilacz KORAD KD3005D
- miliwoltomierz cyfrowy Unit-T UT803,
- miliamperomierz cyfrowy Metex MXD-4660A,
- luksomierz cyfrowy AXIO AX-L230,
- Jako obciążenie w obwodzie pomiarowym wykorzystany został rezystor dekadowy o zakresie rezystancji ($0 \div 1$) MΩ.

Wykonanie ćwiczenia

1. Pomiar prądu zwarcia i napięcia jałowego fotoogniwa

Pomiary należy przeprowadzić dla 11 różnych wartości natężenia oświetlenia E_Φ zmieniając napięcie zasilające źródła światła U_z w zakresie od 2V do 12V z krokiem 1V, zgodnie z konfiguracją stanowiska pomiarowego przedstawionego na rysunku 1. Dla każdej zmierzonej wartości natężenia oświetlenia, należy również zmierzyć prąd zwarcia I_{ZF} oraz napięcie jałowe ogniwa U_{0F} . Aby wykonać ćwiczenie, należy wykonać następujące kroki:

1. Ustawić wartość rezystancji na rezystorze dekadowym R_d na wartość „0” ($R_d=0$), co oznacza, że badane fotoogniwo nie jest obciążone.
2. Włączyć luksomierz przyciskiem **ON**.
3. Włączyć zasilacz w celu zasilenia żarówki halogenowej przyciskiem **POWER**.
4. Na zasilaczu wciskając, a następnie obracając pokrętkę (**VOLTAGE**) ustawić wymagane napięcia zasilające w zakresie od 2V do 12V.
5. Wsunąć tackę, na której znajdują się czujnik luksomierza oraz badane ogniwo. Wsuniecie tacki powoduje, że źródło światła skierowane jest prostopadle do czujnika luksomierza (żarówka halogenowa znajduje się nad czujnikiem).
6. Odczytać wartość natężenia światła i zapisać wyniki w tabeli 1. Zwrócić uwagę na wyświetlaną wartość na luksomierzu. W przypadku gdy na wyświetlaczu wyświetla się komunikat „OL” wcisnąć przycisk **RANGE**, aby ustawić odpowiedni zakres pomiarowy.
7. Wsunąć tackę, na której znajduje się czujnik luksomierza oraz badane ogniwo.

Wsunięcie tacki powoduje, że źródło światła skierowane jest prostopadle do badanego ogniwa (żarówka halogenowa znajduje się nad fotoogniwem).

8. Ustawić **przełącznik 1** w pozycji „1” (stan zwarcia). Odczytać wartość prądu zwarcia I_{ZF} na amperomierzu i zapisać wynik w tabeli 1.
9. Ustawić **przełącznik 1** w pozycji „0” (stan jałowy). Odczytać wartość napięcia jałowego U_{OF} na woltomierzu i zapisać wynik w tabeli 1.
10. Powtórzyć pomiar dla wszystkich ustawionych wartości napięcia zasilającego, wykonując czynności od punktu 4 i zapisując w tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki pomiarów prądu zwarcia i napięcia jałowego fotoogniwa

L.p.	U_z	E_Φ	I_{ZF}	U_{OF}
	V	lx	mA	V
1.	2,0			
2.	3,0			
3.	4,0			
4.	5,0			
5.	6,0			
6.	7,0			
7.	8,0			
8.	9,0			
9.	10,0			
10.	11,0			
11.	12,0			

Oznaczenia w tabeli:

- U_z - napięcie zasilające źródło światła,
- E_Φ - natężenie strumienia świetlnego,
- I_{ZF} - prąd zwarcia fotoogniwa,
- U_{OF} - napięcie jałowe fotoogniwa.

2. Pomiar charakterystyk prądowo-napięciowych fotoogniwa

Pomiary należy przeprowadzić zgodnie z układem przedstawionym na rysunku 1. Dla czterech wartości natężenia strumienia świetlnego E_Φ , należy wykonać pomiary charakterystyk prądowo-napięciowych. Pomiary wykonuje się dla wartości rezystancji obciążenia R_d , w zakresie od 10Ω do $1M\Omega$, podanych w tabeli 2. Aby wykonać

ćwiczenie należy:

1. Na zasilaczu ustawić zadaną wartość napięcia. Wartości napięć umieszczono w tabeli 2. Wartości natężenia strumienia świetlnego dla zadanej wartości napięcia należy odczytać z tabeli 1 i uzupełnić w tabeli 2.
2. Wsunąć tackę, na której znajduje się czujnik luksomierza oraz badane ogniwo. Wsuniecie tacki powoduje, że źródło światła skierowane jest prostopadle do badanego ogniwa (żarówka halogenowa znajduje się nad fotoogniwem).
3. Ustawić **przełącznik 1** w pozycji „1”.
4. Na rezystorze dekadowym R_d ustawić wymaganą wartość rezystancji, zgodnie z tabelą 2.
5. Odczytać wartość prądu I_1 na amperomierzu oraz wartość napięcia U_1 na woltomierzu, a następnie zapisać wynik w tabeli 2.
6. Powtórzyć pomiar dla wszystkich wartości rezystancji R_d i napięć zasilających U_z . Otrzymane wyniki zapisać w tabeli 2.

Tabela 2. Wyniki pomiarów charakterystyk prądowo - napięciowych fotoogniwa

L.p.	$U_{z1} = 8 \text{ V}$ $E_{\phi 1} = \dots\dots\dots$			$U_{z2} = 9 \text{ V}$ $E_{\phi 2} = \dots\dots\dots$			$U_{z3} = 11 \text{ V}$ $E_{\phi 3} = \dots\dots\dots$			$U_{z4} = 12 \text{ V}$ $E_{\phi 4} = \dots\dots\dots$		
	R_d	I_1	U_1	R_d	I_1	U_1	R_d	I_1	U_1	R_d	I_1	U_1
	Ω	mA	V	Ω	mA	V	Ω	mA	V	Ω	mA	V
1.	10			10			10			10		
2.	20			20			20			20		
3.	30			30			30			30		
4.	40			40			40			40		
5.	50			50			50			50		
6.	60			60			60			60		
7.	80			80			80			80		
8.	100			100			100			100		
9.	120			120			120			120		
10.	150			150			150			150		
11.	200			200			200			200		
12.	300			300			300			300		
13.	400			400			400			400		

5



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Utwór dostępny jest na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 4.0 Międzynarodowe.

14.	500			500			500			500		
15.	700			700			700			700		
16.	1 000			1 000			1 000			1 000		
17.	1 500			1 500			1 500			1 500		
18.	2 000			2 000			2 000			2 000		
19.	4 000			4 000			4 000			4 000		
20.	6 000			6 000			6 000			6 000		
21.	8 000			8 000			8 000			8 000		
22.	10 000			10 000			10 000			10 000		

Oznaczenia w tabeli:

R_d - rezystancja obciążenia w obwodzie pomiarowym,

I_1 - prąd płynący przez rezystancję obciążenia,

U_1 - spadek napięcia na rezystancji obciążenia.

Opracowanie wyników

Na podstawie uzyskanych wyników (tabela 1) należy wykreślić charakterystyki prądu zwarcia w funkcji natężenia oświetlenia $I_{ZF} = f(E_\Phi)$ oraz napięcia jałowego w funkcji natężenia oświetlenia $U_{OF} = f(E_\Phi)$. Z wyników uzyskanych z tabeli 2 wyznaczyć charakterystykę prądowo-napięciową fotoogniwa $I = f(U)$. Charakterystyki prądowo-napięciowe dla różnych napięć zasilających powinny być przedstawione na wspólnym wykresie, przy czym należy wybrać skalę liniową. Aby wyznaczyć charakterystyki mocy w zależności od rezystancji obciążenia R_d należy skorzystać ze wzoru:

$$P(R_d) = U \cdot I \quad (1)$$

Wyniki obliczeń mocy zestawień w tabeli 3. Na podstawie uzyskanych wyników obliczeń, na wspólnym wykresie, należy przedstawić zależność mocy od rezystancji obciążenia $P = f(R_d)$ dla każdej wartości natężenia światła. Wykresy powinny być wykonane w skali logarytmicznej, ze względu na szeroki zakres zadanych rezystancji obciążenia. Na podstawie sporządzonych wykresów należy wyznaczyć wartość optymalnej rezystancji dopasowania obciążenia R_{opt} . Na podstawie uzyskanych wyników i charakterystyk opracować wnioski z wykonanego ćwiczenia.

Tabela 3. Wyniki obliczeń

L.p.	R_d	$E_{\Phi 1} = \dots\dots\dots$	$E_{\Phi 2} = \dots\dots\dots$	$E_{\Phi 3} = \dots\dots\dots$	$E_{\Phi 4} = \dots\dots\dots$
	Ω	P_1	P_2	P_3	P_4
		mW	mW	mW	mW
1	10				
2	20				
3	30				
4	40				
5	50				
6	60				
7	80				
8	100				
9	120				
10	150				
11	200				
12	300				
13	400				
14	500				
15	700				
16	1 000				
17	1 500				
18	2 000				
19	4 000				
20	6 000				
21	8 000				
22	10 000				

Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- schematy układów pomiarowych,
- tabele wyników przeprowadzonych pomiarów,
- przykładowe obliczenia,
- wykresy zależności: $I_{sc} = f(E_{\Phi})$, $U_{oc} = f(E_{\Phi})$, $I = f(U)$, $P = f(R_d)$,
- uwagi i wnioski odnośnie otrzymanych wyników.