



POLITECHNIKA  
LUBELSKA  
WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI  
I INFORMATYKI



WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI  
I INFORMATYKI  
KATEDRA URZĄDZEŃ ELEKTRYCZNYCH  
I TECHNIKI WYSOKICH NAPIĘĆ

# LABORATORIUM

## Inżynieria Materiałowa

### Protokół do ćwiczenia nr 4

# Badanie właściwości ogniw słonecznych

Grupa dziekańska:.....

Data wykonania ćwiczenia:.....

Grupa laboratoryjna: .....

Godzina wykonania ćwiczenia: .....

Skład zespołu wykonującego ćwiczenie:

1. ....
2. ....
3. ....
4. ....

## 1. PRZEPROWADZENIE POMIARÓW

### 1.1. Opis stanowiska pomiarowego

Układ pomiarowy został umieszczony w zaciemnionym pomieszczeniu pomiarowym, wraz z zainstalowaną w nim żarówką halogenową. Na przesuwanej prowadnicy umieszczono fotoogniwo oraz czujnik luksomierza. Umożliwia to dokładny pomiar natężenia światła przy maksymalnym przesunięciu prowadnicy w prawo. Pomiar parametrów ogniwa fotowoltaicznego odbywa się przy maksymalnym przesunięciu prowadnicy w lewo. Wszystkie pomiary należy wykonywać przy zamkniętym pomieszczeniu pomiarowym.

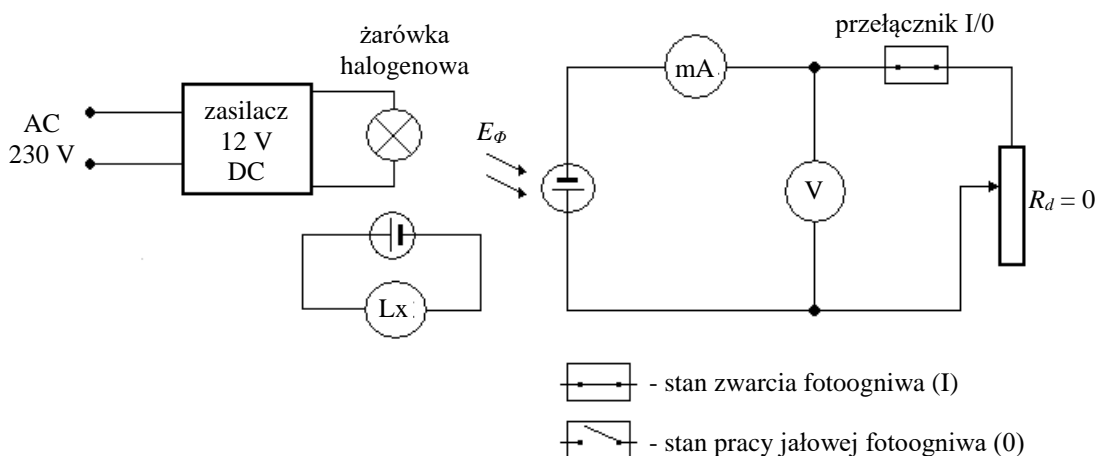
Jako źródło światła została wykorzystana żarówka halogenowa o mocy maksymalnej  $P_{max} = 35$  W, przy zasilaniu napięciem stałym 12 V, która przy maksymalnej mocy emituje strumień światła o natężeniu  $E_{\phi} \approx 19$  klx. Żarówka zasilana jest z zasilacza prądu stałego (DC) NDN DF1730SL.

W układzie pomiarowym zostały wykorzystane następujące mierniki:

- miliwoltomierz cyfrowy MXD-4660A,
- miliamperomierz cyfrowy APPA 207,
- luksomierz cyfrowy.

Jako obciążenie w obwodzie pomiarowym wykorzystany został rezystor dekadowy o zakresie rezystancji  $(0 \div 1)$  M $\Omega$ .

### 1.2. Pomiar prądu zwarcia i napięcia jałowego fotoogniwa



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

Pomiary należy przeprowadzić dla 11 wartości natężenia oświetlenia  $E_{\phi}$ . W tym celu należy zmieniać napięcie zasilające źródło światła  $U_z$  w dopuszczalnym dla niego zakresie  $(0 \div 12)$  V. Dla każdej wartości natężenia strumienia światła należy zmierzyć prąd zwarcia  $I_{SC}$  oraz napięcie jałowe ogniwa  $U_{oc}$ . Przy pomiarze prądu zwarcia w obwodzie włączona pozostaje rezystancja

dekadowa  $R_d$ , ustawiona na zero ( $R_d = 0$ ). W celu zmierzenia napięcia jałowego należy odłączyć z obwodu obciążenie  $R_d$ , używając zainstalowanego w obwodzie przełącznika: *Stan zwarcia / Stan pracy jałowej*. Wyniki należy zanotować w zamieszczonej w instrukcji tabeli pomiarowej i na ich podstawie wykreślić charakterystyki  $I_{SC} = f(E_\phi)$  oraz  $U_{OC} = f(E_\phi)$ .

Tabela 1. Wyniki pomiarów prądu zwarcia i napięcia jałowego fotoogniwa

L.p.	$U_z$	$E_\phi$	$I_{SC}$	$U_{OC}$
	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:

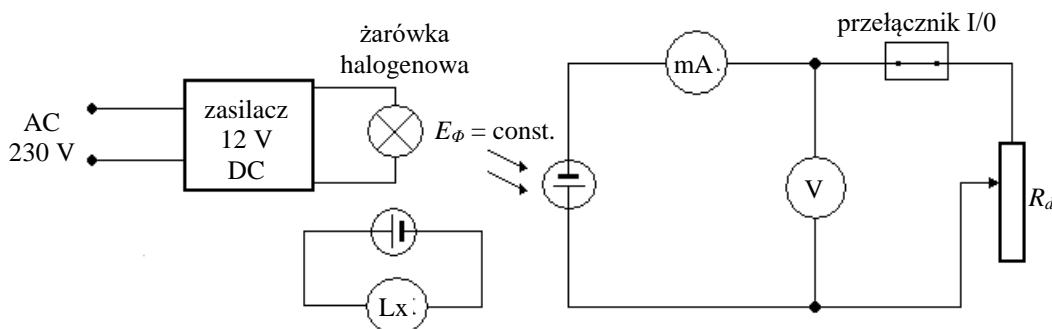
$U_z$  - napięcie zasilające źródło światła,

$E_\phi$  - natężenie strumienia świetlnego,

$I_{SC}$  - prąd zwarcia generowany fotoelektrycznie,

$U_{OC}$  - napięcie jałowe generowane fotoelektrycznie.

### 1.3. Pomiar charakterystyk prądowo - napięciowych fotoogniwa



Rys. 2. Schemat układu do pomiaru charakterystyk prądowo - napięciowych fotoogniwa

Ćw. 4. Badanie właściwości ogniw słonecznych

W przedstawionym układzie pomiarowym należy dla 4 wartości natężenia strumienia świetlnego  $E_{\phi}$  wykonać pomiary charakterystyk prądowo - napięciowych. Wartości natężenia strumienia świetlnego uzyskujemy przez regulację napięcia zasilającego źródło światła  $U_z$ . Pomiary należy wykonać dla zamieszczonych w tabeli wartości rezystancji obciążenia  $R_d$  w zakresie  $(0 \div 1) \text{ M}\Omega$ . Wyniki należy zanotować w zamieszczonej w instrukcji tabeli pomiarowej i na ich podstawie wykreślić na wspólnym wykresie charakterystyki  $I = f(U)$ .

Tabela 2. Wyniki pomiarów charakterystyk prądowo - napięciowych fotoogniwa

L.p.	$U_{z1} = 8 \text{ V}$ $E_{\phi 1} = \dots\dots\dots$			$U_{z2} = 9 \text{ V}$ $E_{\phi 2} = \dots\dots\dots$			$U_{z3} = 11 \text{ V}$ $E_{\phi 3} = \dots\dots\dots$			$U_{z4} = 12 \text{ V}$ $E_{\phi 4} = \dots\dots\dots$		
	$R_d$	$I_1$	$U_1$	$R_d$	$I_2$	$U_2$	$R_d$	$I_3$	$U_3$	$R_d$	$I_4$	$U_4$
	$\Omega$	mA	V	$\Omega$	mA	V	$\Omega$	mA	V	$\Omega$	mA	V
1.	0			0			0			0		
2.	10			10			10			10		
3.	20			20			20			20		
4.	30			30			30			30		
5.	40			40			40			40		
6.	50			50			50			50		
7.	60			60			60			60		
8.	80			80			80			80		
9.	100			100			100			100		
10.	120			120			120			120		
11.	150			150			150			150		
12.	200			200			200			200		
13.	300			300			300			300		
14.	400			400			400			400		
15.	500			500			500			500		
16.	700			700			700			700		
17.	1 000			1 000			1 000			1 000		
18.	1 500			1 500			1 500			1 500		
19.	2 000			2 000			2 000			2 000		
20.	4 000			4 000			4 000			4 000		
21.	6 000			6 000			6 000			6 000		
22.	8 000			8 000			8 000			8 000		
23.	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.

#### 1.4. Opracowanie wyników pomiarów

Wszystkie charakterystyki prądowo - napięciowe należy przedstawić na wspólnym wykresie. Dla każdej z nich należy wyznaczyć wartości mocy w zależności od rezystancji obciążenia  $R_d$ , korzystając ze wzoru:

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

oraz wartość optymalnej rezystancji dopasowania obciążenia  $R_{opt}$ , dla której moc wydzielona w obwodzie fotoogniwa, przy stałym natężeniu strumienia świetlnego jest maksymalna. Wyniki obliczeń mocy zestawić w tabeli 3 i na ich podstawie na wspólnym wykresie przedstawić zależność mocy od rezystancji obciążenia  $P = f(R_d)$  dla każdej wartości natężenia światła. Przy wykonywaniu charakterystyk rezystancję należy przyjąć w skali logarytmicznej, ze względu na szeroki zakres obciążeń.

Tabela 3. Wyniki obliczeń

L.p.	$R_d$	$E_{\phi 1} = \dots\dots\dots$	$E_{\phi 2} = \dots\dots\dots$	$E_{\phi 3} = \dots\dots\dots$	$E_{\phi 4} = \dots\dots\dots$
	$\Omega$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$
		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				

#### Ćw. 4. Badanie właściwości ogniw słonecznych

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

## 2. 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.

## 3. PYTANIA KONTROLNE

- Przedstawić budowę złącza p - n oraz wyjaśnić zjawisko powstawania tzw. bariery potencjału.
- Charakterystyka prądowo - napięciowa oświetlonego złącza p - n (wykres i wzór).
- Przedstawić budowę typowego fotoogniwa krzemowego oraz jego zastępczy obwód elektryczny.
- W jakich warunkach wykonujemy pomiary prądu zwarcia i napięcia jałowego fotoogniwa (układ pomiarowy, otrzymane charakterystyki)?
- Pomiar charakterystyk prądowo - napięciowych fotoogniwa (warunki pomiarów, układ pomiarowy, otrzymane charakterystyki).
- Jak się wyznacza punkt mocy maksymalnej (otrzymane charakterystyki)?

#### 4. LITERATURA

- Pluta Z.: *Słoneczne instalacje energetyczne*. Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej 2008.
- Klugmann E.: *Alternatywne źródła energii. Energetyka fotowoltaiczna*. Białystok, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko 1999.
- Świt C., Pułtorak J.: *Przyrządy półprzewodnikowe*. Warszawa, WNT 1976.
- Streetman B.: *Przyrządy półprzewodnikowe*. Warszawa, WNT 1976.
- Cieślak J.: *Półprzewodnikowe elementy optoelektroniczne*. Warszawa, Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej 1981.
- Gaponow W. I.: *Elektronika - część I. Podstawy fizyczne*. Warszawa, PWN 1965.
- Watson J.: *Elektronika*. Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności 2006.
- Stecewicz T., Kotlicki A.: *Elektronika w laboratorium naukowym*. Warszawa, PWN 1994