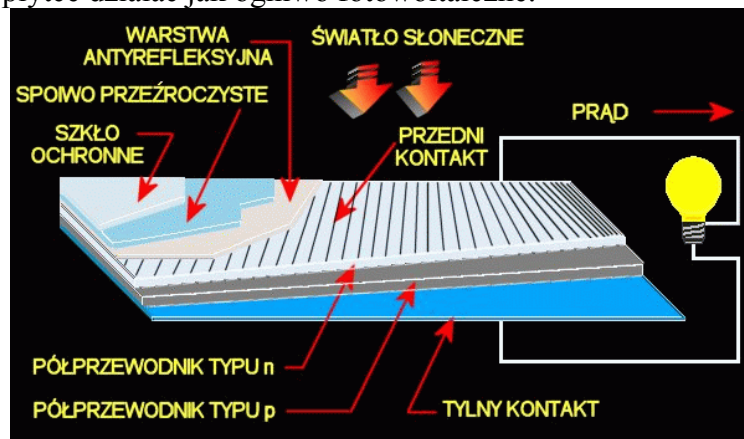


1 PV

WYZNACZANIE CHARAKTERYSTYK PRĄDOWO-NAPIĘCIOWYCH MODUŁU OGNIW FOTOWOLTAICZNYCH I SPRAWNOŚCI KONWERSJI ENERGII PADAJĄCEGO PROMIENIOWANIA

Cel: Celem ćwiczenia jest wyznaczenie punktu maksymalnej mocy na charakterystyce prądowo-napięciowej ogniwa (modułu) słonecznego i sprawności konwersji energii padającego promieniowania w warunkach stałego oświetlenia i stałej temperatury ogniwa.

Ogniwo fotowoltaiczne służy do zamiany (konwersji) energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną. Działanie fotoogniwa słonecznego opiera się na przeniesieniu elektronów w materiałach półprzewodnikowych ze złącem p-n z pasma podstawowego do pasm przewodzenia za pomocą energii uzyskiwanej z absorpcji światła słonecznego. Typowe ogniwo fotowoltaiczne (Rys.1) jest to płytką półprzewodnikową np. z krzemu krystalicznego lub polikrystalicznego, w której została uformowana bariera potencjału np. w postaci złącza p-n. Grubość płytek zawiera się w granicach 200-400 mikrometrów. Na przednią i tylną stronę płytki naniesione są metaliczne kontakty, pozwalające płytce działać jak ogniwo fotowoltaiczne.



Rys.1 Budowa ogniwa fotowoltaicznego

Największe sprawności przetwarzania promieniowania słonecznego (do 30%) uzyskuje się z ogniw wytworzonych z arsenku galu (GaAs), ale ogniwa te są drogie i wykorzystywane są przede wszystkim w technice satelitarnej. Ogniwa z krzemu monokrystalicznego wykonywane są z płytek okrągłych, a następnie przycinane na kwadraty dla zwiększenia upakowania na powierzchni modułu. Monokrystaliczne ogniwa fotowoltaiczne wykazują wyższe sprawności konwersji ze wszystkich ogniw krzemowych, ale są droższe w produkcji. Ogniwo fotowoltaiczne jest podstawowym elementem modułu i całego systemu fotowoltaicznego. Pojedyncze ogniwo dostarcza mocy od 1 do 2 W. Dla uzyskania większych napięć lub prądów ogniwa łączone są szeregowo lub równolegle w moduł fotowoltaiczny. Moduły są hermetyzowane, aby uchronić je przed korozją, wilgocią, zanieczyszczeniami i innymi wpływami atmosfery. Obudowy są zazwyczaj sztywne i hermetyczne, ponieważ dla modułów fotowoltaicznych oczekuje się żywotności 20-30 lat.

Panel fotowoltaiczny może być zaprojektowany do pracy przy praktycznie dowolnym napięciu, aż do kilkuset woltów, dzięki szeregowemu łączeniu ogniw. Dla pewnych zastosowań moduły fotowoltaiczne mogą pracować przy napięciu stałym 12 lub 14 woltów, podczas gdy dla zastosowań energetycznych, panele modułów mogą pracować przy napięciu sieciowym.

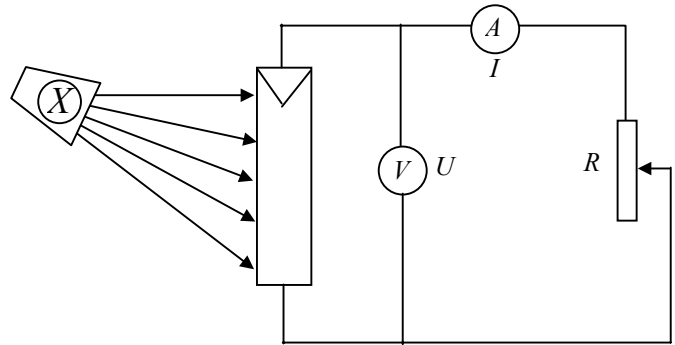
Układ pomiarowy:

Charakterystykę I-U można wyznaczyć w układzie, w którym źródłem napięcia jest generator fotowoltaiczny (ogniwo PV lub moduł PV), zaś regulowanym, zmiennym obciążeniem (odbiornikiem mocy), opornik R (Rys.2).

Amperomierz mierzy natężenie prądu I , płynącego w obwodzie wyjściowym - na obciążeniu, zaś woltomierz napięcie U , które jest sumą spadku potencjału na amperomierzu U_A i na obciążeniu U_R :

$$U = U_A + U_R, \quad (1)$$

Pomijając spadek napięcia na amperomierzu, układ ten pozwala zmierzyć prąd płynący przez opór obciążenia i napięcie na obciążeniu dla różnych wartości R .



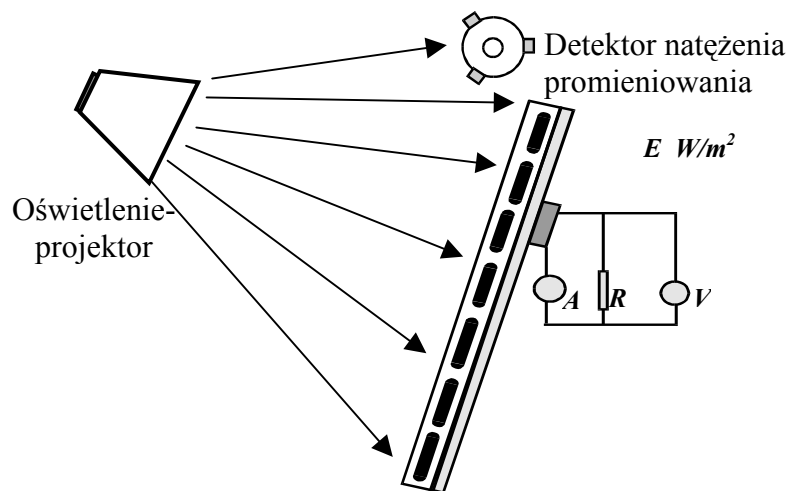
Rys.2. Układ elektryczny do pomiaru charakterystyk prądowo-napięciowych modułu ogniw fotowoltaicznych

Stanowisko

Stanowisko do wyznaczania charakterystyk prądowo-napięciowych modułu ogniw fotowoltaicznych i sprawności konwersji energii słonecznej składa się z:

1. układu do pomiaru natężenia promieniowania słonecznego: czujnika natężenia promieniowania
2. modułu ogniw fotowoltaicznych o powierzchni ogniw 0.09 m^2 ,
3. układu obciążenia modułu:
 - oporu (obciążenia),
 - woltomierza (pomiar U , U_{oc}),
 - amperomierza (pomiar I , I_{sc}).

Moduł składa się z 12 ogniw fotowoltaicznych ogniw krzemowych połączonych szeregowo-równolegle.



Rys.3 Schemat stanowiska pomiarowego

Przygotowanie układu do pomiarów.

Podłączyć mierniki wg schematu (Rys.4):

- Umieścić pyranometr w uchwycie na tablicy, następnie podłączyć do miernika.
- Ustawić lampę.
- Po wykonaniu szeregu pomiarów pod obciążeniem, odłączyć opornicę od modułu i podłączając jeden z mierników do modułu odczytać napięcie otwartego obwodu oraz prąd zwarcia.

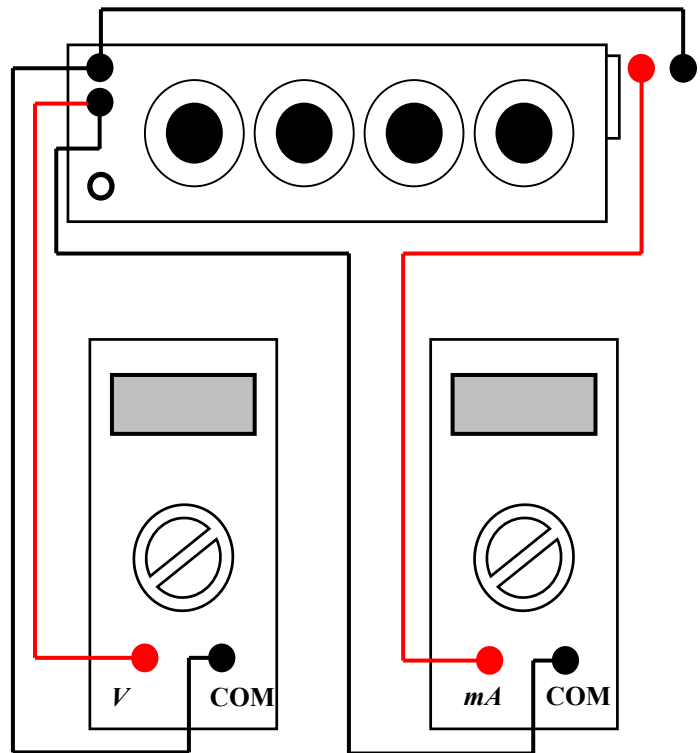
Przebieg ćwiczenia:

a) Dla ustalonego w czasie natężenia promieniowania, padającego na moduł ogniw fotowoltaicznych należy dokonać pomiaru:

- natężenia promieniowania $E \text{ W/m}^2$,
- zwiększając opór R od zera do R_{max} co $0,1 \Omega$ lub co $0,2 \Omega$, zmierzyć I oraz U przy każdej wartości R
- przy rozwartym obwodzie obciążenia ($R=10^5 \Omega$ lub nieskończoność), zmierzyć napięcie otwartego obwodu U_{oc} (open cell).
- prąd zwarcia $I_{sc} \text{ A}$ (short circuit) zmierzyć dla $R = 0$.

b) Dla danego z natężenia promieniowania sporządzić charakterystykę prądowo-napięciową $I(U)$ i znaleźć punkt mocy maksymalnej $P_M = U_M I_M$.

c) Wyznaczyć maksymalną sprawność ogniw:



Rys.4. Schemat podłączenia mierników (należy pamiętać o tym, że ogniwo wytworzy prąd stały).

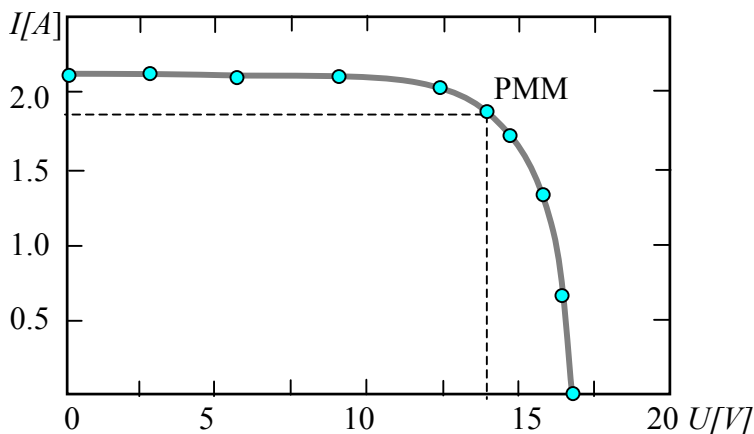
$$\eta = \frac{U_M I_M}{E \cdot S} 100\% \quad (2)$$

gdzie S jest powierzchnią ogniw fotowoltaicznych.

Tabela danych eksperymentalnych

Lp.	$E \text{ W/m}^2$	$U \text{ V}$	$I \text{ A}$	$U_{oc} \text{ V}$	$I_{sc} \text{ A}$	$P \text{ W}$
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						

d) Uzyskane wyniki pomiarów przedstawić graficznie w postaci krzywej $I(U)$ przedstawionej na Rys.5.



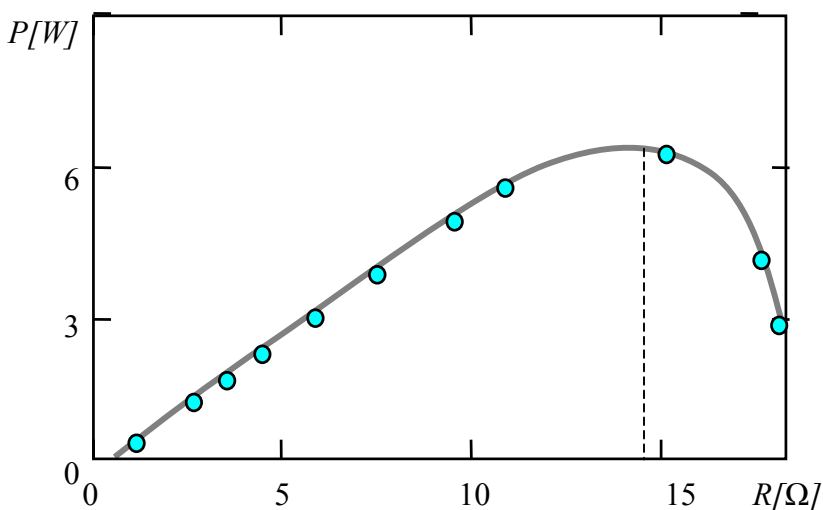
Rys.5 Przykładowa charakterystyka prądowo-napięciowa modułu ogniw fotowoltaicznych z zaznaczonym punktem maksymalnej mocy PMM

e) Na podstawie pomiarów I oraz U przedstawionych w tabeli, obliczyć moc P , wydzieloną na rezystancji obciążenia R :

$$P = I \cdot U \quad (3)$$

f) Uzyskane wyniki ująć w tabelkę i przedstawić na wspólnym wykresie (Rys.5) w postaci krzywej $P(R)$, gdzie opór R :

$$R = \frac{U}{I} \quad (4)$$



Rys.6 Wyznaczanie maksymalnej mocy modułu ogniw fotowoltaicznych

g) Maksimum (wierzchołek) tej krzywej przesunąć pionowo w górę do krzywej $I(U)$ i zaznaczyć na niej PMM (punkt maksymalnej mocy).

g) Odczytać współrzędne punktu PMM oraz wyliczyć maksymalną moc na charakterystyce I-U:

$$P_M = I_{PMM} \cdot U_{PMM} \quad (5)$$