

Sprawozdanie z laboratorium proekologicznych źródeł energii

Temat:

Wyznaczanie charakterystyk prądowo-napięciowych modułu ogniwo fotowoltaicznych i sprawności konwersji energii padającego promieniowania.

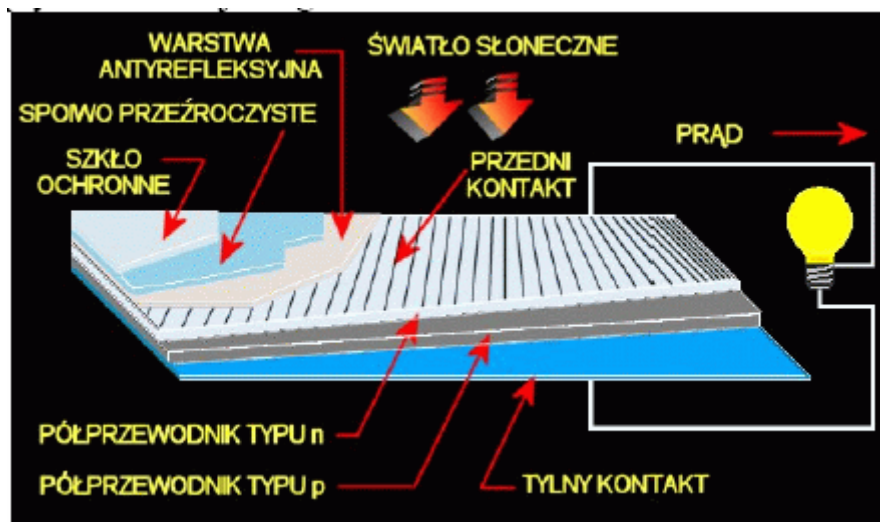
Michał Stobiecki, Michał Ryms
Grupa 5; sem. VI
Wydz. Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej

I. Wstęp teoretyczny

1. Budowa ogniwa fotowoltaicznego.

Ogniwo fotowoltaiczne służy do zamiany 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 płytką półprzewodnikową zrobioną np. z krystalicznego lub polikrystalicznego krzemu, w której została uformowana bariera potencjału w postaci złącza p-n. Grubość płytek zawiera się w granicach 200-400 mikrometrów. Na przednią i tylną stronę płytki nanosi się metaliczne kontakty, pozwalające płytce działać jako ogniwo fotowoltaiczne.



Rys.1 Budowa ogniwa fotowoltaicznego

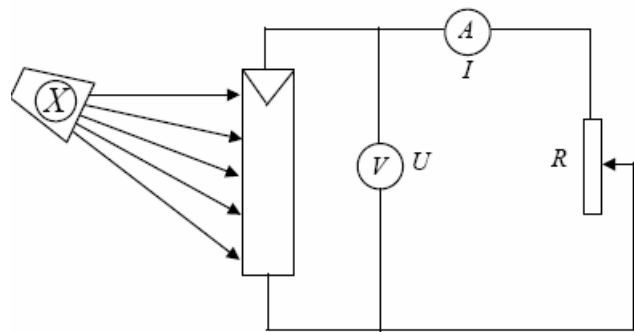
Największe sprawności przetwarzania promieniowania słonecznego (do 30%) uzyskuje się z ogniw wytworzonych z arsenku galu (GaAs), lecz są bardzo kosztowne typy ogniw, wykorzystywane przede wszystkim w technice satelitarnej. Ogniwa z krzemu monokrystalicznego wykonywane są z okrągłych płytek, przycinanych w kwadraty dla zwiększenia upakowania na powierzchni modułu. Monokrystaliczne ogniwa fotowoltaiczne wykazują najwyższe sprawności konwersji ze wszystkich ogniw krzemowych, ale są odpowiednio droższe w produkcji.

Ogniwo fotowoltaiczne jest podstawowym elementem modułu i całego systemu fotowoltaicznego. Pojedyncze ogniwo potrafi dostarczyć mocy rzędu 1 do 2W. Dla uzyskania większych napięć lub prądów ogniwa te łączy się szeregowo lub równoległe w tzw. moduł fotowoltaiczny. Moduły są hermetyzowane, aby uchronić je przed korozją, wilgocią, zanieczyszczeniami i innymi wpływami atmosfery. Obudowy są zazwyczaj sztywne i hermetyczne, a ich żywotność szacuje się na 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.

2. Budowa układu pomiarowego.

Układ pomiarowy: Charakterystykę prądowo-napięciową I-U można wyznaczyć w układzie, w którym źródłem napięcia jest generator fotowoltaiczny (ogniwo PV lub moduł PV), a regulowanym, zmiennym obciążeniem (odbiorcą 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 :



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

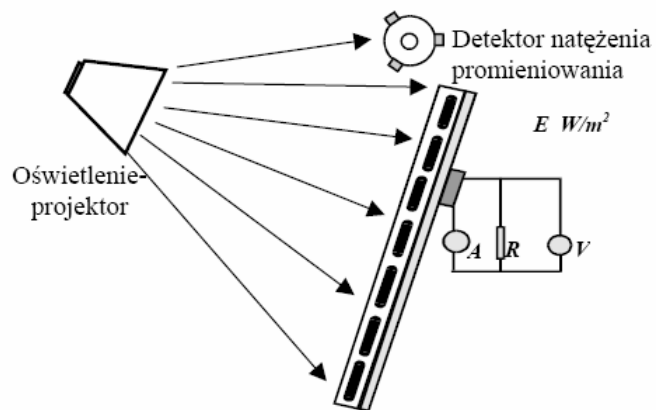
$$U = U_A + U_R$$

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

II. Budowa stanowiska pomiarowego oraz przebieg ćwiczenia

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

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



Rys.3 Schemat stanowiska pomiarowego

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

1. Metodyka badawcza

Celem ćwiczenia było wyznaczenie punktu maksymalnej mocy na charakterystyce prądowo-napięciowej ogniwa słonecznego i sprawności konwersji energii padającego promieniowania w warunkach stałego oświetlenia i stałej temperatury ogniwa.

W tym celu należało podłączyć mierniki wg schematu (Rys.4). Umieścić pyranometr w uchwycie na tablicy i podłączyć do miernika, ustawić lampę prostopadle do tablicy z ogniwem i wykonać pomiary pod obciążeniem, następnie odłączyć opornicę od modułu i podłączając jeden z mierników do modułu odczytać napięcie otwartego obwodu oraz prąd zwarcia.

2. Przebieg ćwiczenia

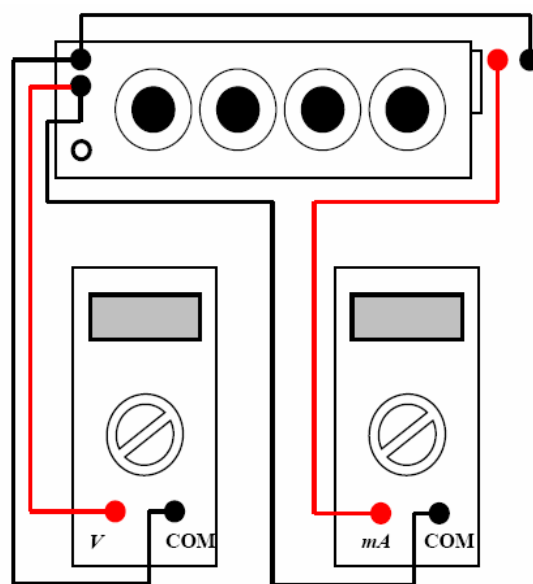
- Dla ustalonego w czasie natężenia promieniowania, padającego na moduł ogniw fotowoltaicznych należało dokonać pomiaru:
 - natężenia promieniowania $E [W/m^2]$,
 - zwiększając opór R od zera do R_{max} co 100 lub co 200Ω , zmierzyć natężenie I oraz napięcie U przy każdej wartości oporu R
 - przy rozwartym obwodzie obciążenia zmierzyć napięcie otwartego obwodu U_{oc} (open cell).
 - prąd zwarcia $I_{sc} [A]$ (short circuit) zmierzyć dla $R = 0$.
- Dla każdego natężenia promieniowania należało sporządzić charakterystyki prądowo-napięciową $I(U)$ i wyznaczyć punkty mocy maksymalnej $P_M = U_M \cdot I_M$.
- Należało też wyznaczyć maksymalną sprawność ogniw korzystając z zależności:

$$\eta = \frac{U_M \cdot I_M}{E \cdot S} \cdot 100\%$$

$$FF = \frac{U_M \cdot I_M}{I_{sc} \cdot U_{oc}}$$

gdzie: S – powierzchnia ogniw fotowoltaicznych.

FF – współczynnik wypełnienia charakterystyki



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

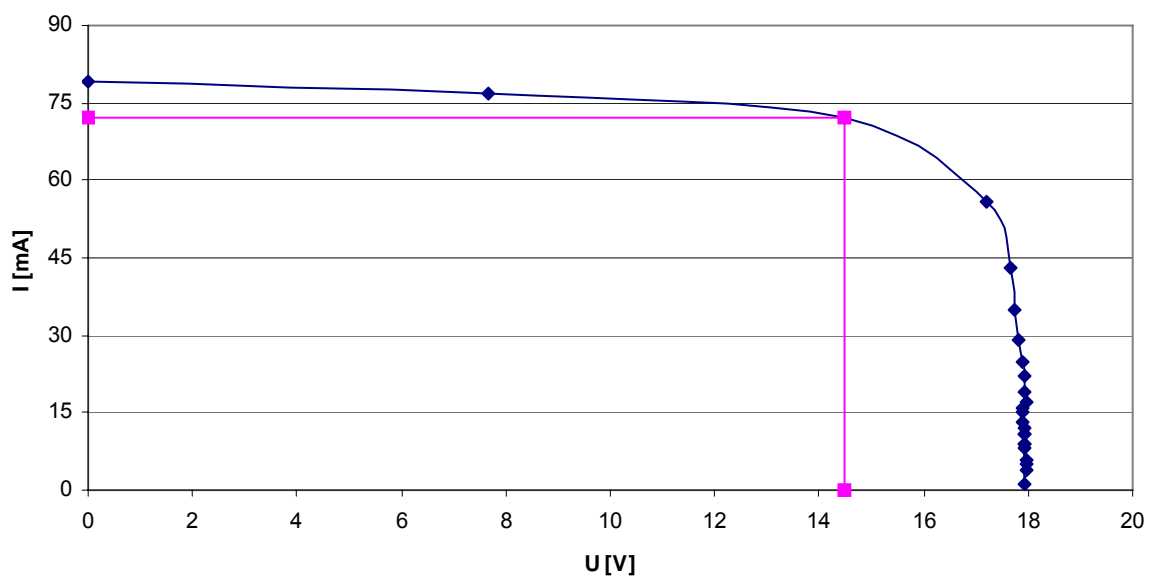
3. Opracowanie wyników pomiarowych

W poniższej tabeli zebrano dane pomiarowe dla średniej wartości natężenia promieniowania rzędu 200W/m^2 .

E [W/m^2]	R [Ω]	U [V]	I [mA]	P [mW]	U_{oc} [V]	I_{sc} [mA]	η
200	100	7,66	77	590	18,5	79	6,525
	200	14,50	72	1044			
	300	17,20	56	963			
	400	17,55	43	755			
	500	17,71	35	620			
	600	17,81	29	516			
	700	17,88	25	447			
	800	17,92	22	394			
	900	17,94	19	341			
	1000	17,97	17	305			
	1100	17,90	16	286			
	1200	17,91	15	269			
	1300	17,91	13	233			
	1400	17,92	12	215			
	1500	17,92	11	197			
	1600	17,93	11	197			
	1700	17,94	10	179			
	1800	17,94	9	161			
	1900	17,95	9	162			
	2000	17,95	8	144			
2500	17,97	6	108				
3000	17,98	5	90				
4000	17,97	4	72				

Tabela danych eksperymentalnych dla E=200

Uzyskane wyniki pomiarów przedstawiono na wykresie zależności $I(U)$ (Rys.1).



Rys.1 Charakterystyka prądowo-napięciowa modułu ogniw fotowoltaicznych z zaznaczonym punktem maksymalnej mocy PMM

Maksimum (wierzchołek) krzywej przesunięto pionowo w górę do krzywej $I(U)$, znajdując na niej PMM (punkt maksymalnej mocy). Odczytano współrzędne punktu PMM oraz wyliczono maksymalną moc na charakterystyce I-U korzystając ze wzoru:

$$P_M = I_{PMM} \cdot U_{PMM}$$

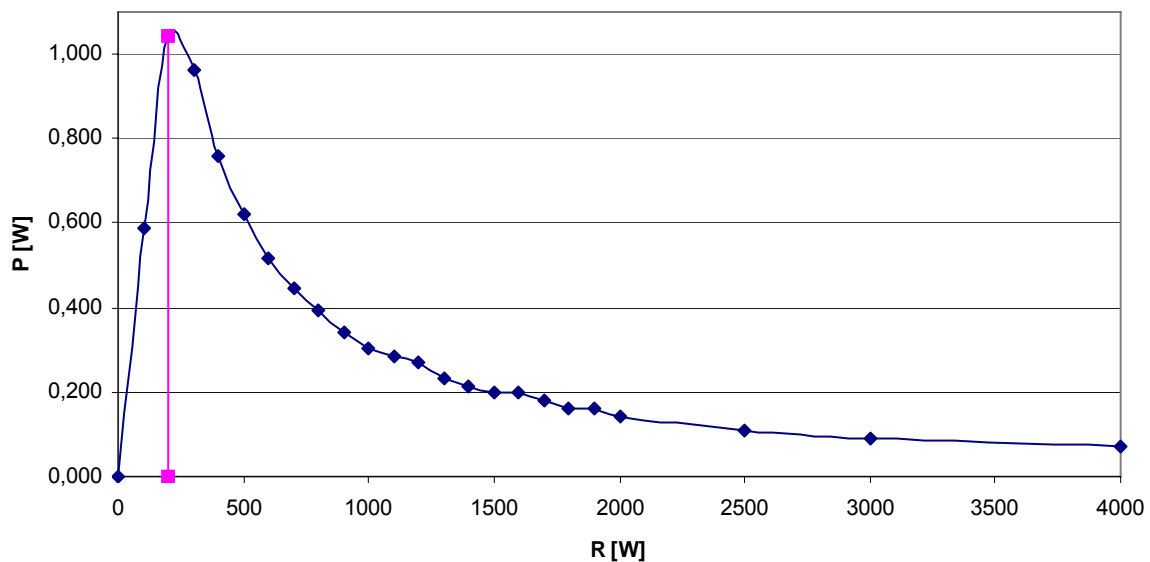
$$P_M = 14,5V \cdot 72mA = 1044mW$$

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

$$P = I \cdot U$$

h) Uzyskane wyniki ujęliśmy w tabelkę i przedstawiliśmy na wykresie (Rys.2) w postaci krzywej $P(R)$, gdzie opór R :

$$R = \frac{U}{I}$$



Rys.2 Wyznaczanie maksymalnej mocy modułu ogniw fotowoltaicznych

Maksymalną sprawność ogniw:

$$\eta = [(14,5V \cdot 72mA)/(200W/m^2 \cdot 0,08m^2)] \cdot 100 = 6,525$$

$$FF = [(14,5V \cdot 72mA)/(79mA \cdot 18,5V)] = 0,7$$

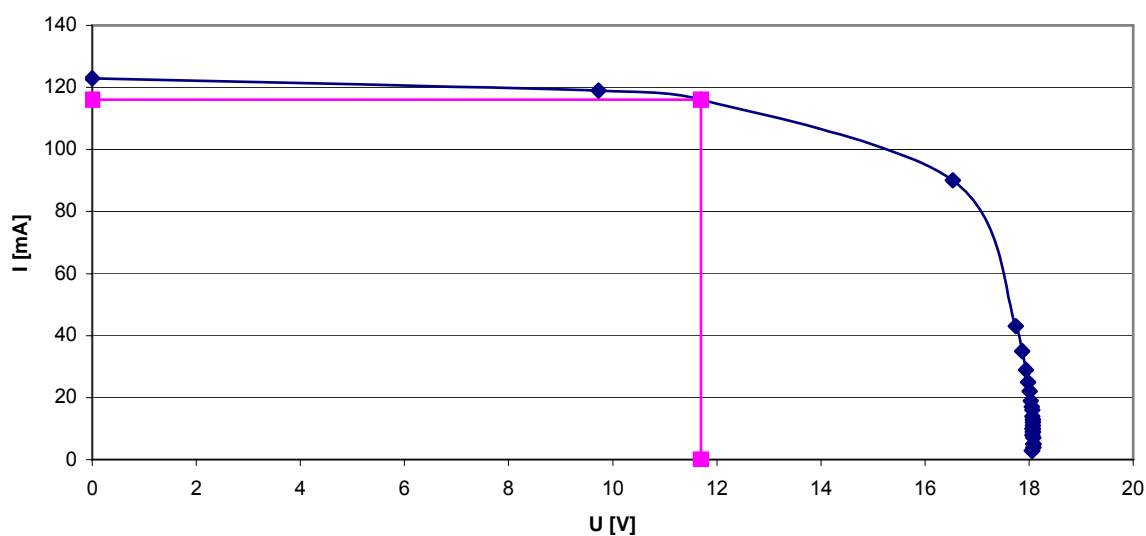
gdzie: $S = 0,08m^2$

FF – współczynnik wypełnienia charakterystyki

Tabela danych eksperymentalnych dla E=250

R [Ω]	E [W/m^2]	U [V]	I [mA]	U_{oc} [V]	Isc [mA]	P [mW]	η
100	250	9,73	119	18,44	123	1158	6,786
200		11,70	116			1357	
300		17,53	57			999	
400		17,74	43			763	
500		17,87	35			625	
600		17,94	29			520	
700		17,98	25			450	
800		18,01	22			396	
900		18,03	19			343	
1000		18,05	17			307	
1100		18,06	16			289	
1200		18,06	14			253	
1300		18,07	13			235	
1400		18,07	12			217	
1500		18,07	11			199	
1600		18,06	10			181	
1700		18,07	10			181	
1800		18,07	9			163	
1900		18,07	9			163	
2000		18,06	8			144	
2500	18,08	7	127				
3000	18,08	5	90				
3500	18,08	5	90				
4000	18,08	4	72				
4500	18,06	3	54				
5000	18,05	3	54				

d) Uzyskane wyniki pomiarów przedstawiamy graficznie w postaci krzywej $I(U)$ przedstawionej na Rys.3.



Rys.3 Charakterystyka prądowo-napięciowa modułu ogniw fotowoltaicznych z zaznaczonym punktem maksymalnej mocy PMM

e) Maksimum (wierzchołek) tej krzywej przesunęliśmy pionowo w górę do krzywej $I(U)$ i zaznaczyliśmy na niej PMM (punkt maksymalnej mocy).

f) Odczytaliśmy współrzędne punktu PMM oraz wyliczyliśmy maksymalną moc na charakterystyce I-U:

$$P_M = I_{PMM} \cdot U_{PMM}$$

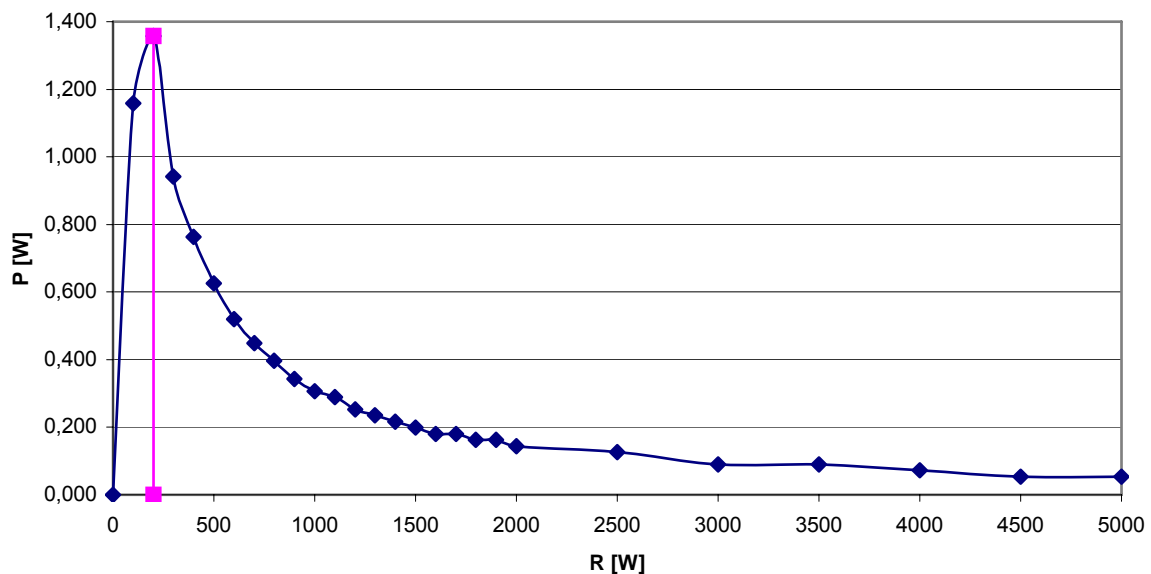
$$P_M = 11,7V \cdot 116mA = 1357mW$$

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

$$P = I \cdot U$$

h) Uzyskane wyniki ujęliśmy w tabelkę i przedstawiliśmy na wykresie (Rys.4) w postaci krzywej $P(R)$, gdzie opór R :

$$R = \frac{U}{I}$$



Rys.4 Wyznaczanie maksymalnej mocy modułu ogniw fotowoltaicznych

Maksymalną sprawność ogniw:

$$\eta = [(11,7V \cdot 116mA)/(250W/m^2 \cdot 0,08m^2)] \cdot 100 = 6,786$$

$$FF = [(11,7V \cdot 116mA)/(123mA \cdot 18,44V)] = 0,6$$

gdzie: $S = 0,08m^2$

FF – współczynnik wypełnienia charakterystyki

Wnioski:

Pomiary modułu ogniw fotowoltaicznych, pozwoliły nam na wyznaczenie mocy maksymalnej PMM, określenie sprawności fotoogniwa oraz wyznaczenie współczynnika wypełnienia charakterystyki FF.

Możemy zaobserwować wzrost sprawności ogniwa wraz ze wzrostem natężenia padającego promieniowania czemu towarzyszy wzrost mocy maksymalnej. Ponieważ oświetlenie było prostopadłe do powierzchni a więc moc jak uzyskaliśmy była maksymalna. W celu poprawienia sprawności modułu ogniw należałoby zwiększyć powierzchnie ogniwa, lub pokryć ją powłoką antyrefleksyjną ewentualnie zmniejszyć temperaturę powierzchni adsorpcyjnej.