

Laboratorium z proekologicznych źródeł energii

Ćwiczenie pierwsze

Temat: Wyznaczanie charakterystyk prądowo-napięciowych modułu ogniw fotowoltaicznych i sprawności konwersji energii padającego promieniowania.

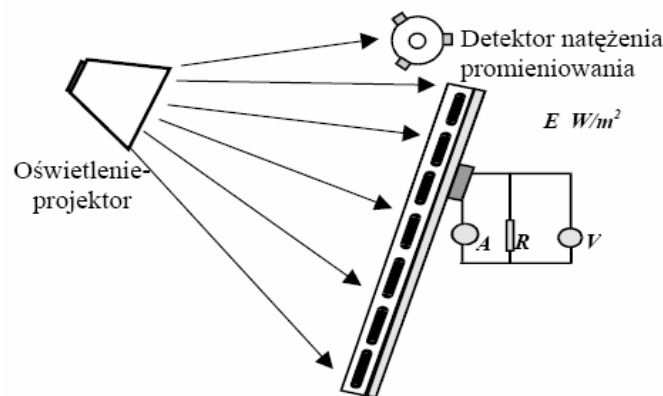
Przykładowe Sprawozdanie

Politechnika Gdańska
Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej
VI semestr

1. Wstęp teoretyczny

Zjawisko fotowoltaiczne polega na generacji swobodnych nośników ładunku elektrycznego tj. przeniesieniu elektronów z pasma walencyjnego do wyżej energetycznie położonego pasma przewodnictwa, dzięki absorpcji energii z padającego na dany materiał światła. W praktyce wykorzystuje się półprzewodniki ze względu na stosunkowo niewielką szerokość pasma zabronionego między pasmem walencyjnym i przewodnictwa, w porównaniu z innymi materiałami nie przewodzącymi w podstawowym stanie (izolatorami). Elektrony w atomach danego materiału absorbują pewną ilość energii od padającego promieniowania, jeśli ilość ta jest większa niż szerokość pasma zabronionego, to elektrony są w stanie przejść do pasma przewodnictwa, gdzie biorą udział w transporcie ładunku przez tenże materiał, czyli w przewodzeniu prądu.

Złącza półprzewodników pozwalają uformować bariery potencjału, które umożliwiają separację ładunków powstających w wyniku fotogeneracji par elektron-dziura (wybity z pasma walencyjnego elektron pozostawia wolne miejsce o ładunku 'dodatnim' - dziurę). Do separacji nośników używa się najczęściej półprzewodników domieszkowanych (mniejsza przerwa energetyczna-pasmo zabronione), przy czym jeden jest typu n (domieszkowany pierwiastkiem o większej o 1 liczbie elektronów na powłoce walencyjnej), a drugi typu p (domieszkowany pierwiastkiem o liczbie elektronów na powłoce walencyjnej mniejszej o 1). Jeśli takie złącze umieścimy w obwodzie elektrycznym i odpowiednio oświetlimy – w obwodzie popłynie prąd. Połączenie wielu takich złącz nazywane jest ogniwnem fotowoltaicznym. Schematycznie realizację ćwiczenia przedstawia poniższy rysunek.



Ogniwo fotowoltaiczne jest podstawowym elementem modułu i całego systemu fotowoltaicznego. Pojedyncze ogniwo dostarcza mocy od 1 do 2W. Dla uzyskania większych mocy ogniwa łączy się szeregowo bądź równoległe w moduły. Są one hermetyzowane dla ochrony przed wilgocią i korozją.

2. Metodyka pomiarowa i wyniki pomiarów.

Charakterystykę U-I ogniwa można wyznaczyć w obwodzie, w którym źródłem napięcia jest badane ogniwo, oświetlane światłem o znanej (zmierzonej) mocy; jako obciążenie występuje rezystancja o znanej i regulowanej wartości.

Pomiary prądu i napięcia przy zmieniającym się obciążeniu pozwalają wyznaczyć pożądaną charakterystykę.

Poniżej przedstawiono wyniki pomiarów dla dwóch natężeń promieniowania padającego E, tabela zawiera również obliczoną moc ogniwa.

| E [W/m ²] | U [V] | I [mA] | U _{oc} [V] | I _s [mA] | R [Ω] | P [mW] | S _P [mW] |
|-----------------------|-------|--------|---------------------|---------------------|-------|---------|---------------------|
| 202 | 18,58 | 2 | 18,8 | 95 | 10900 | 37,16 | 0,11 |
| | 18,37 | 3 | | | 5900 | 55,11 | 0,11 |
| | 18,32 | 4 | | | 4000 | 73,28 | 0,11 |
| | 18,24 | 9 | | | 2000 | 164,16 | 0,11 |
| | 18,05 | 22 | | | 800 | 397,1 | 0,10 |
| | 17,93 | 29 | | | 600 | 519,97 | 0,10 |
| | 17,69 | 44 | | | 400 | 778,36 | 0,11 |
| | 16,39 | 81 | | | 200 | 1327,59 | 0,11 |
| | 13,51 | 84 | | | 160 | 1134,84 | 0,09 |
| | 12,06 | 85 | | | 140 | 1025,1 | 0,09 |
| | 10,52 | 86 | | | 120 | 904,72 | 0,08 |
| | 8,9 | 88 | | | 100 | 783,2 | 0,07 |
| | 6,3 | 89 | | | 70 | 560,7 | 0,06 |
| | 4,5 | 90 | | | 50 | 405 | 0,06 |
| | 2,7 | 91 | | | 30 | 245,7 | 0,05 |
| 0,19 | 93 | 2 | 17,67 | 0,05 | | | |
| 171 | 17,88 | 2 | 17,9 | 79 | 10900 | 35,76 | 0,10 |
| | 17,83 | 2 | | | 8000 | 35,66 | 0,10 |
| | 17,82 | 3 | | | 6000 | 53,46 | 0,10 |
| | 17,78 | 4 | | | 4000 | 71,12 | 0,10 |
| | 17,71 | 9 | | | 2000 | 159,39 | 0,10 |
| | 17,52 | 19 | | | 900 | 332,88 | 0,10 |
| | 17,35 | 29 | | | 600 | 503,15 | 0,10 |
| | 16,63 | 55 | | | 300 | 914,65 | 0,10 |
| | 14,25 | 70 | | | 200 | 997,5 | 0,09 |
| | 12,42 | 72 | | | 170 | 894,24 | 0,08 |
| | 10,44 | 73 | | | 150 | 762,12 | 0,07 |
| | 9,1 | 75 | | | 120 | 682,5 | 0,07 |
| | 7,66 | 75 | | | 100 | 574,5 | 0,06 |
| | 5,4 | 77 | | | 70 | 415,8 | 0,05 |
| | 3,15 | 78 | | | 40 | 245,7 | 0,05 |
| 0,79 | 79 | 10 | 62,41 | 0,05 | | | |

Niepewności pomiarowe:

- pomiaru prądu: niepewność eksperymentatora: $\Delta e=0$, niepewność wzorcowania:

$$\Delta w=0.01\text{mA}; S_I=\sqrt{\frac{1}{3}\Delta e^2 + \frac{1}{3}\Delta w^2} = 0,00577\text{mA};$$

- pomiaru napięcia: $\Delta e = 0$, $\Delta w = 0,001\text{V}$; $S_U=\sqrt{\frac{1}{3}\Delta e^2 + \frac{1}{3}\Delta w^2} = 0,000577\text{V}$;

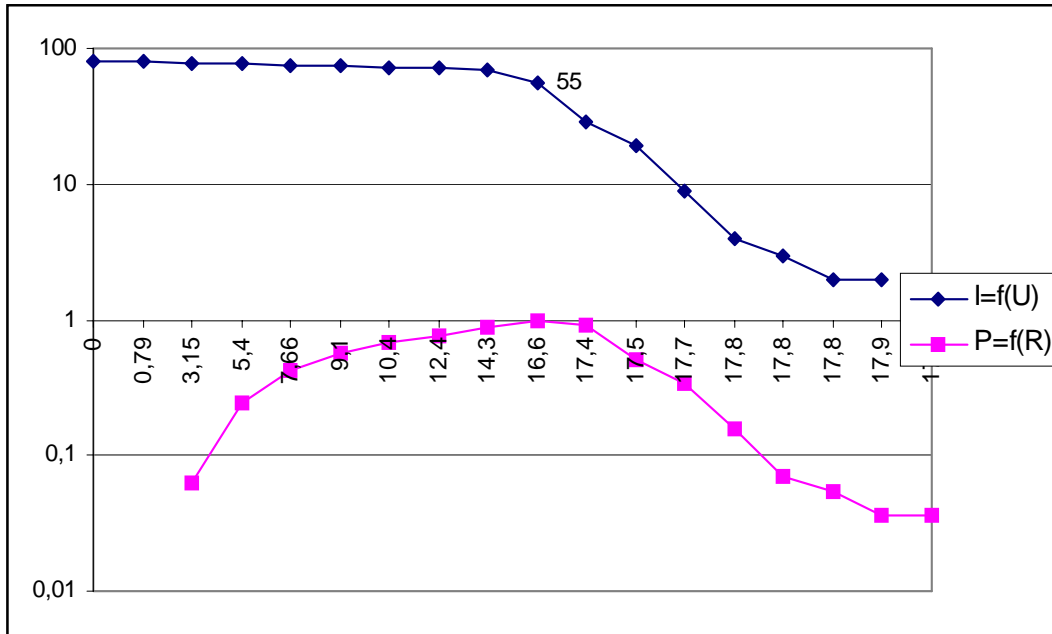
- pomiaru oświetlenia: $\Delta e = 0$, $\Delta w = 0,1\text{W/m}^2$; $S_E=\sqrt{\frac{1}{3}\Delta e^2 + \frac{1}{3}\Delta w^2} = 0,0577\text{W/m}^2$;

- pomiaru rezystancji: $\Delta e = 0$, $\Delta w = 0,1\Omega$; $S_R=\sqrt{\frac{1}{3}\Delta e^2 + \frac{1}{3}\Delta w^2} = 0,0577\Omega$.

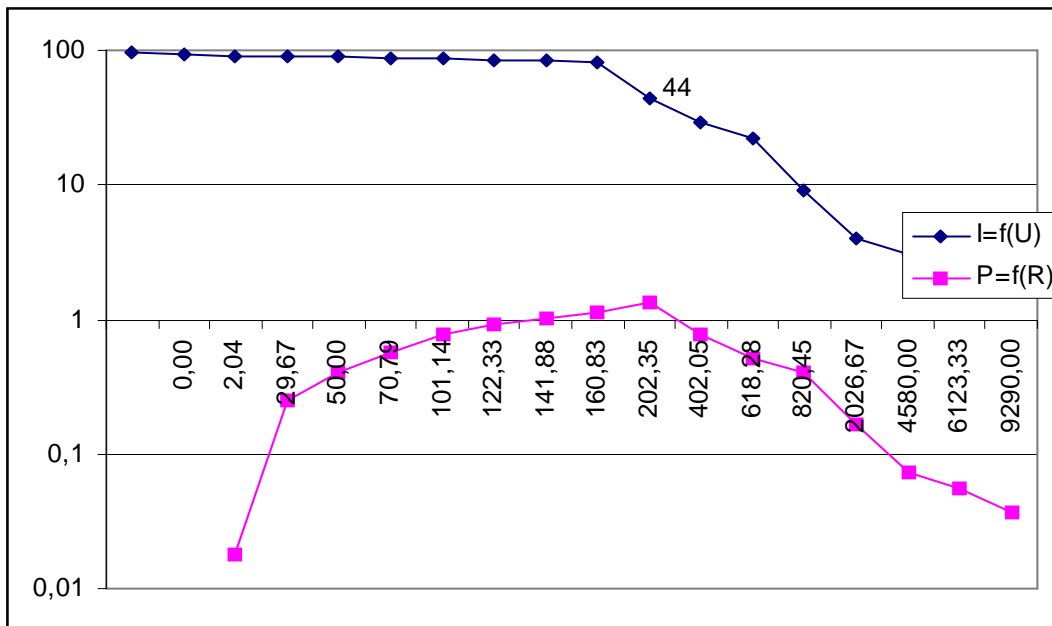
- wyznaczenia mocy ogniwa: $S_p = \sqrt{(I \cdot S_U)^2 + (U \cdot S_I)^2}$ [mW]

Poniżej przedstawiono wykresy zależności napięcia od prądu ogniwa oraz mocy od rezystancji dla dwóch natężeń oświetlenia E.

E = 202 W/m² :



E = 171 W/m²:



Wykresy te pozwalają odczytać punkty mocy maksymalnej, które dla pierwszego przypadku wynoszą: $I_{MM} = 55\text{mA}$, $U_{MM} = 16.63\text{V}$. $P_M = 0.91\text{ W}$.

Sprawność: $\eta = \frac{I_{MM} \cdot U_{MM}}{E \cdot S} * 100\% = 5,9\%$.

Odpowiednie wielkości dla drugiego przypadku wynoszą: $I_{MM} = 44\text{mA}$, $U_{MM} = 17.69\text{V}$. Stąd moc maksymalna: $P_M = 0.77\text{W}$. Sprawność w tym przypadku wynosi:

$\eta = \frac{I_{MM} \cdot U_{MM}}{E \cdot S} * 100\% = 4,2\%$.

3. Wnioski.

Obliczenia mocy oraz sprawności ogniwa ukazują spadek mocy wraz ze spadkiem natężenia oświetlenia. Spadek mocy wiąże się ze spadkiem sprawności.

Osiągnięte moce były dla użytego oświetlenia mocami maksymalnymi, ponieważ ogniwo było oświetlane prostopadle, co gwarantuje maksymalne naświetlenie.

Oczywistym jest, iż dla osiągnięcia większych mocy należy zastosować ogniwo o większej powierzchni. W podnoszeniu osiąganych mocy oraz sprawności pomocnym może okazać się również zastosowanie materiałów o mniejszej przerwie energetycznej między pasmem walencyjnym i przewodzenia przy jednoczesnym zachowaniu współczynnika absorpcji powierzchni użytego materiału, co zapewni intensywniejszą generację nośników ładunku przy danym oświetleniu.