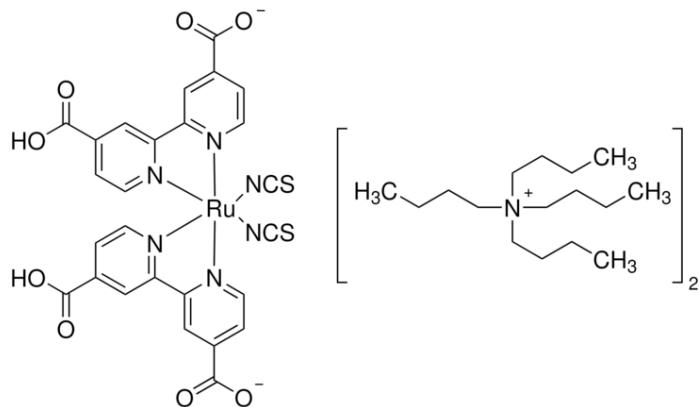


Ogniwa barwnikowe DSSC

Jędrzej Górný, Jan Kurek, Rafał Staroszczyk

1 Budowa ogniw DSSC

Ognivo DSSC ma budowę warstwową. Pierwszą warstwą jest szkło w FTO. Jest to przezroczysta warstwa przewodząca. Wykorzystano FTO zamiast typowego ITO ze względu na lepszą stabilność przy wyższych temperaturach, które są częścią późniejszych procesów w wytwarzaniu ogniw. Kolejną warstwą to warstwa blokująca TiO₂. Jest ona fizycznie nieprzepuszczalna dla elektrolitu, przez co unika się zwarcia elektrycznego ogniw. Kolejna warstwa również składa się z TiO₂, ale w postaci porowej w celu zwiększenia powierzchni dla kolejnej warstwy, która jest barwnik. Obie warstwy TiO₂ pełnią rolę ETL (electron transporting layer). Wykorzystano jako barwnik N-719 na bazie rutenu. Kolejna warstwa to elektrolit, którego najważniejszą częścią jest anion jodkowy. Następymi warstwami są platyna oraz FTO na szkle. Tworzą one przeciwelektrodę dla TiO₂. Warstwa FTO nie jest wymagana, ale wykorzystano to samo szkło dla obydwu stron. Platyna jest wykorzystana jako HTL (hole transporting layer) ze względu na swoją strukturę energetyczną.

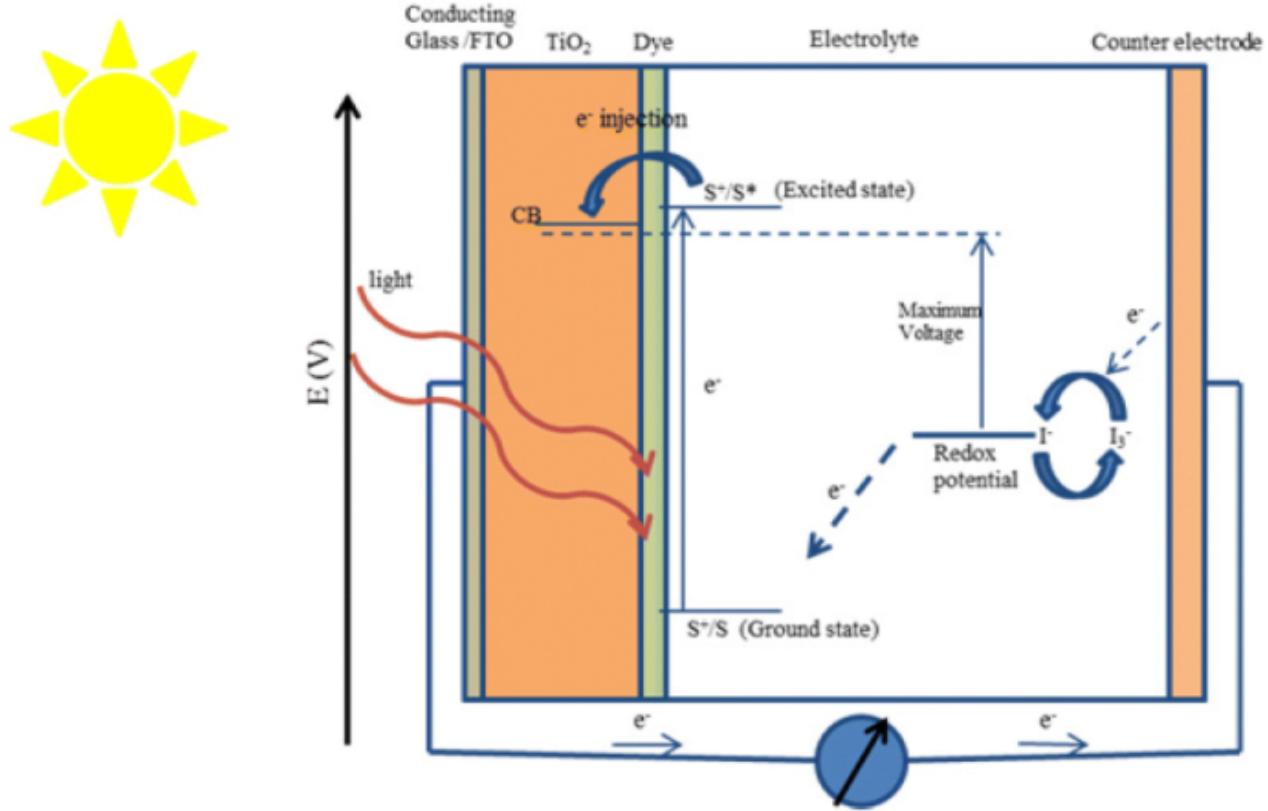


Rysunek 1: Wykorzystany barwnik N-719

2 Zasada działania

Pełne działanie ogniw DSSC tworzy cykl. W pierwszym kroku następuje wzbudzenie elektronu w barwniku ze stany HOMO do LUMO. Elektron ten jest następnie przenoszony na TiO₂, z którym barwnik jest w kontakcie. Elektron wydostaje się z ogniva poprzez FTO i trafia do zewnętrznego układu. W elektrolicie zachodzi reakcja utleniania-redukacji

$3 I^- \longrightarrow I_3^- + 2 e^-$. W produkcie jod ma stopień utlenienia $\frac{1}{3}$. Po drugiej stronie ogniska wprowadzane są elektryny. Są one wykorzystywane do odwrócenia powyższej reakcji i odnowienia elektrolitu. Zamyka to pełen obwód.



Rysunek 2: Schemat działania ogniska DSSC [1]

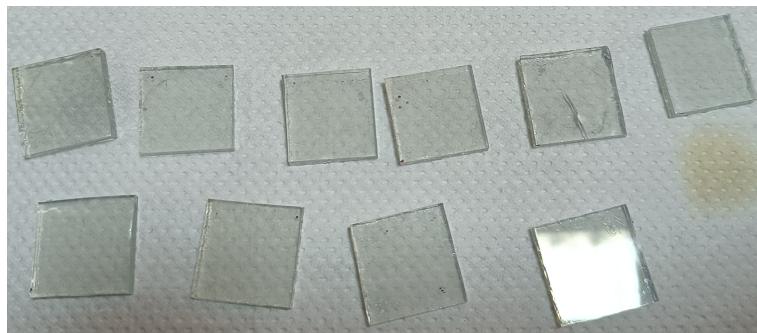
3 Metoda wytwarzania

3.1 Szkło z FTO

Szkło z FTO jest dostępne komercyjnie i nie jest wytwarzane na miejscu. Z większego kawałka wycinane są kwadraty o boku 20 mm. Na każde ognisko potrzebne są dwa szkiełka i są one numerowane po stronie szkła. Są one następnie czyszczone. Typowo pierwszym krokiem jest mycie specjalistycznym mydłem w celu usunięcia tłuszczu. Tym razem jednak ten krok pominięto, ponieważ jest on czasochłonny, a samo szkło było świeżo odpakowane i nie zostało jeszcze zanieczyszczone. Następnie w myjce ultradźwiękowej przeprowadzono dwa czyszczenia. W tym celu szkiełka umieszczone w osobnym zbiorniku z wydzielonymi miejscami na nie w celu uniknięcia stykania się ich ze sobą. Pierwsze czyszczenie było w acetonie przez 20 min. Po jego zakończeniu wymieniono aceton w zbiorniku na izopropanol i kontynuowano czyszczenie przez kolejne 90 min. Gdy już zakończono je szkiełka zostały przedmuchane sprężonym powietrzem, aby pozbyć się resztek izopropanolu i odstawiono do wyschnięcia. Ostatnim krokiem było naświetlanie szkiełek przy pomocy UV. Zostawiono je następnie do następnego dnia.

3.2 Warstwa blokująca TiO_2

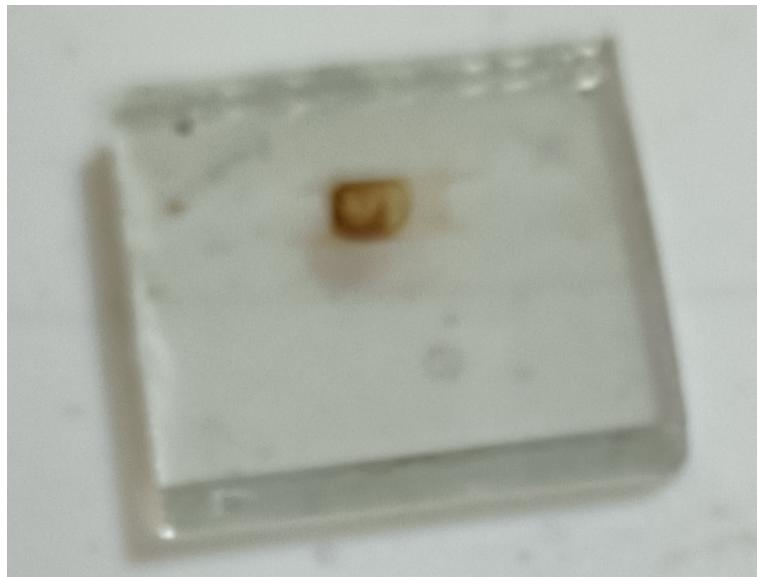
Pierwszym krokiem w przygotowaniu warstwy jest naklejenie na warstwę FTO taśmy Scotch w celu wydzielenia późniejszej elektrody. Wykorzystuje się tą taśmę, ponieważ nie pozostawia ona resztek kleju. Warstwa TiO_2 została nałożona metodą spincoatera statycznie, to jest najpierw nałożono roztwór, a następnie obracano próbkę z prędkością 1200 RPM przez 20 s. Wykorzystano roztwór TiO_2 w IPA w stosunku 1 : 9. Z próbek zdjęto taśmę, aby uniknąć jej uszkodzenia, a następnie wygrzewano w temperaturze 400 °C przez 15 min. Po tym czasie zostały one zdjęte do ochłodzenia.



Rysunek 3: Próbki po nałożeniu warstwy blokującej TiO_2 ; jest ona widoczna jedynie pod pewnymi kątami

3.3 Warstwa porowata TiO_2

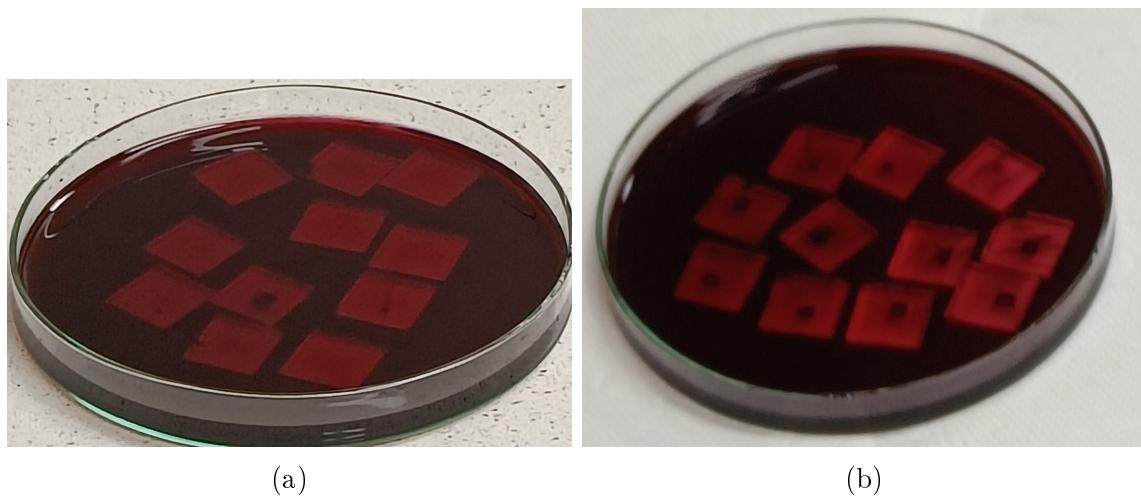
W pierwszej kolejności naklejono nową taśmę w taki sposób, aby wydzielona powierzchnia w całości znajdowała się na warstwie blokującej. Ma to na celu uniknięcie kontaktu między elektrolitem a FTO; zmniejszenie powierzchni nie ma znaczenia dla funkcjonowania ogniwa. Wykorzystano metodę rakli (ang. doctor blade, właściwie ductor blade). W tym celu na wydzieloną powierzchnię próbki nałożono kropelkę pasty z zawiesiną nanocząstek TiO_2 . Nadmiar pasty został zdjęty poprzez przesunięcie szkiełkiem mikroskopowym po powierzchni. Grubość warstwy jest ograniczona otaczającą obszar aktywny taśmą. Następnie zdjęto taśmę i wygrzano próbki w temperaturze 500 °C przez 30 min. Podobnie jak poprzednio po tym czasie odstawiono je do ochłodzenia.



Rysunek 4: Próbka po nałożeniu warstwy porowatej TiO_2 ; widoczna jest wydzielona powierzchnia ogniw

3.4 Warstwa barwnika

Próbki zanurzono w roztworze N-719 w etanolu i zostawiono je w nim przez kilkanaście godzin. Porowata struktura TiO_2 znacznie zwiększa powierzchnię kontaktu, przez to większa ilość barwnika jest w stanie się na nim osadzić. Następnego dnia po wyjęciu próbek z roztworu zostały one przemyte etanolem z nadmiaru barwnika. Pełna nazwa N-719 to Di-tetrabutylammonium cis-bis(isothiocyanato)bis(2,2'-bipyridyl-4,4'-dicarboxylato)ruthenium(II)



Rysunek 5: Próbki w barwniku: (a) przed i (b) po kąpieli w barwniku.

3.5 Warstwa platyny

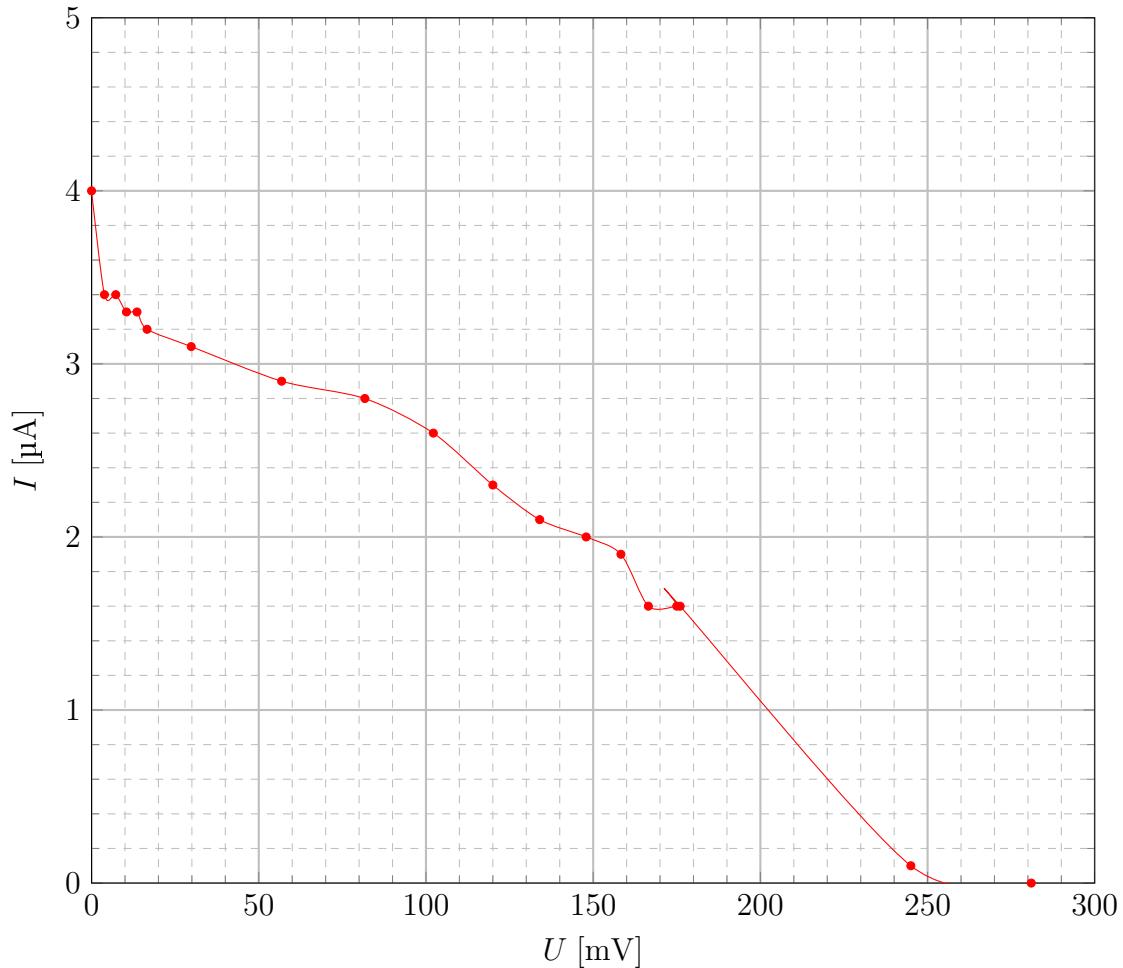
Jedyną warstwą nałożoną na drugie szkiełko jest platyna. Tworzy to przeciwelektrodę. Warstwa FTO nie jest tu ściśle wymagana, dlatego nie ma potrzeby używania taśmy w celu wydzielenia podłączenia do FTO, ale połączenie będzie bezpośrednie do platyny. Wykorzystano metodę kroplową (ang. drop casting) z roztworem platyny. Wytwarzanie wielu ze szkiełek przeprowadzono inną metodą, gdzie temperatura była zmienna w zakresie 100 °C do 500 °C. Dla wyższych temperatur występował efekt Leidenfrosta, gdzie rozpuszczalnik wrzał gwałtownie na granicy kropli i szkła tworząc izolującą granicę pary. Uniemożliwiało to równomierne rozprowadzenie roztworu na powierzchni.



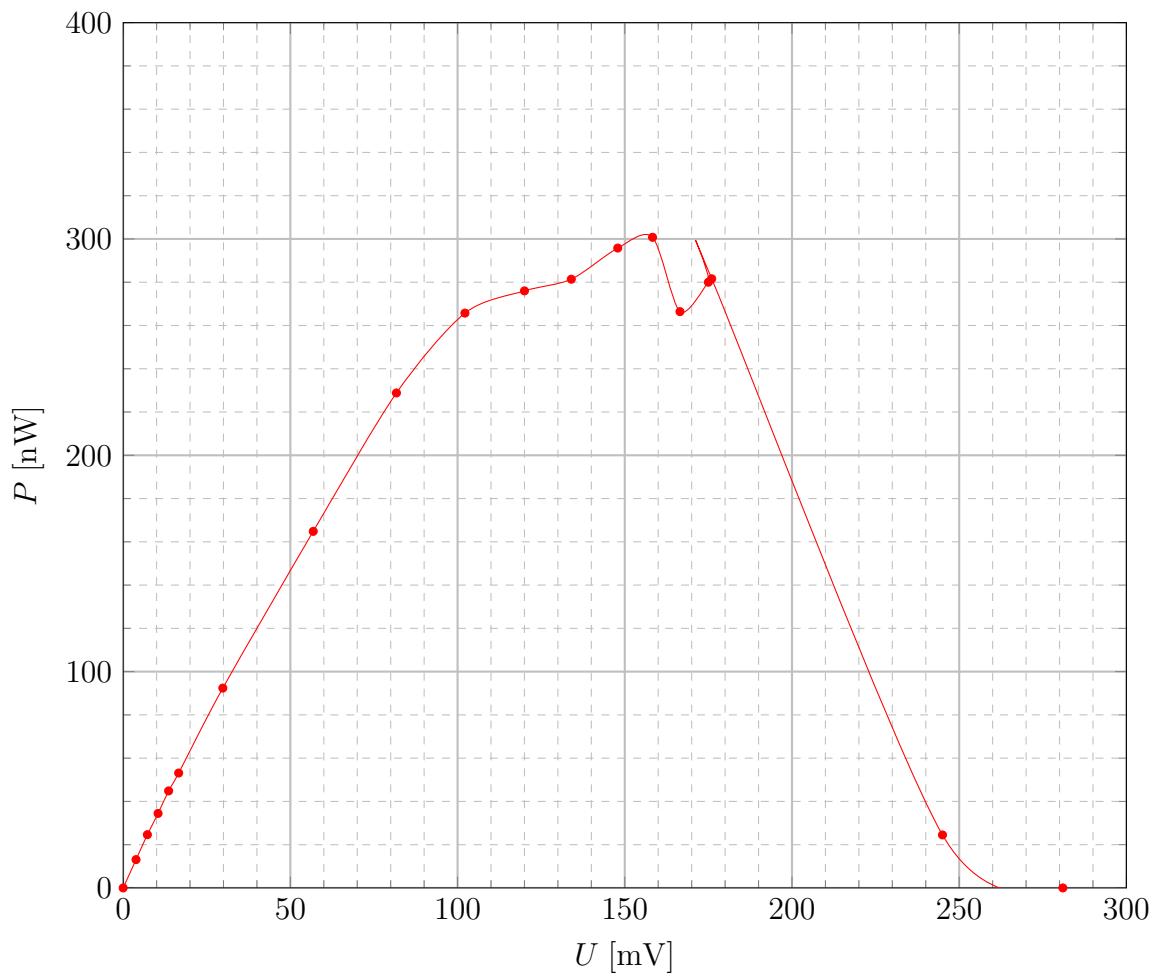
Rysunek 6: Warstwa platyny na szkle

4 Charakterystyka otrzymanych ogniw

4.1 Ogniwo numer 1



Rysunek 7: Zależność prądu od napięcia

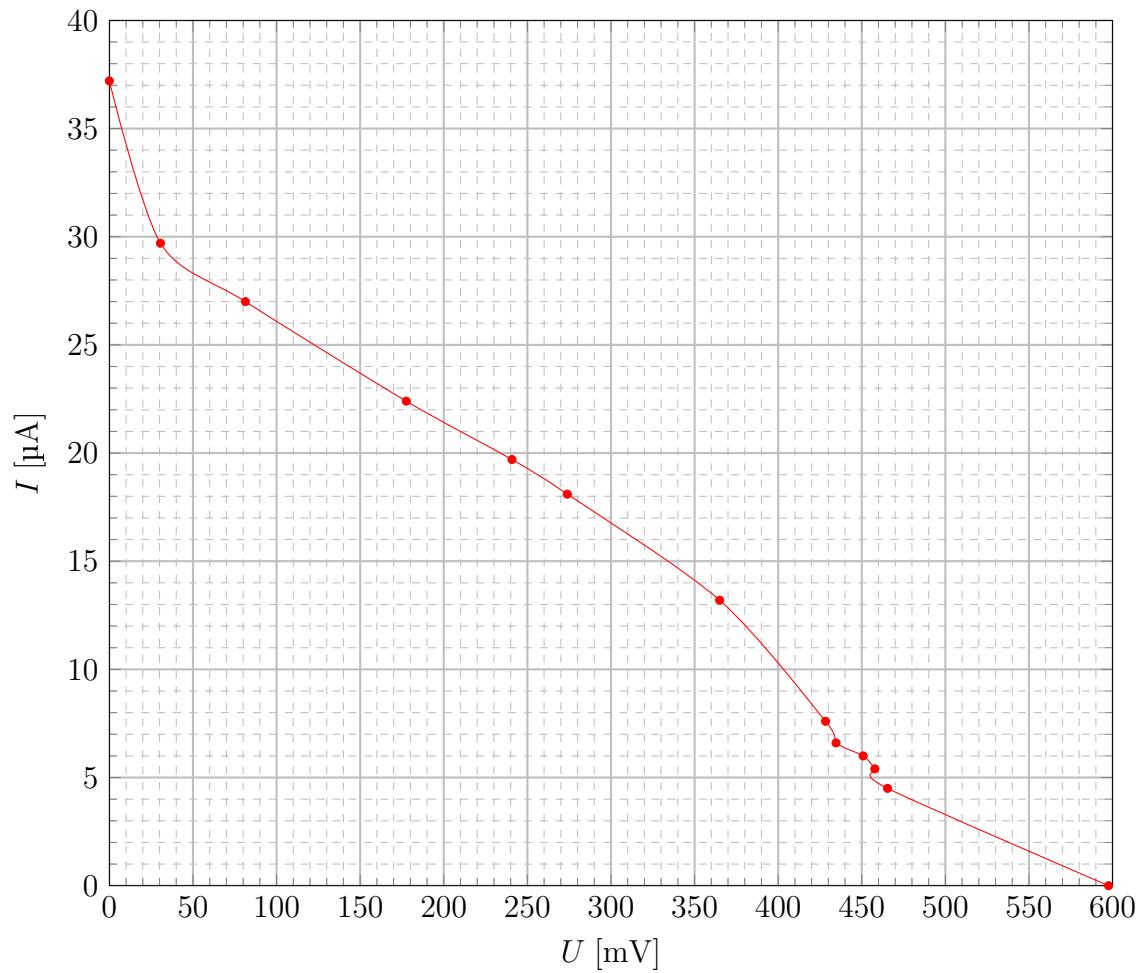


Rysunek 8: Zależność mocy od napięcia

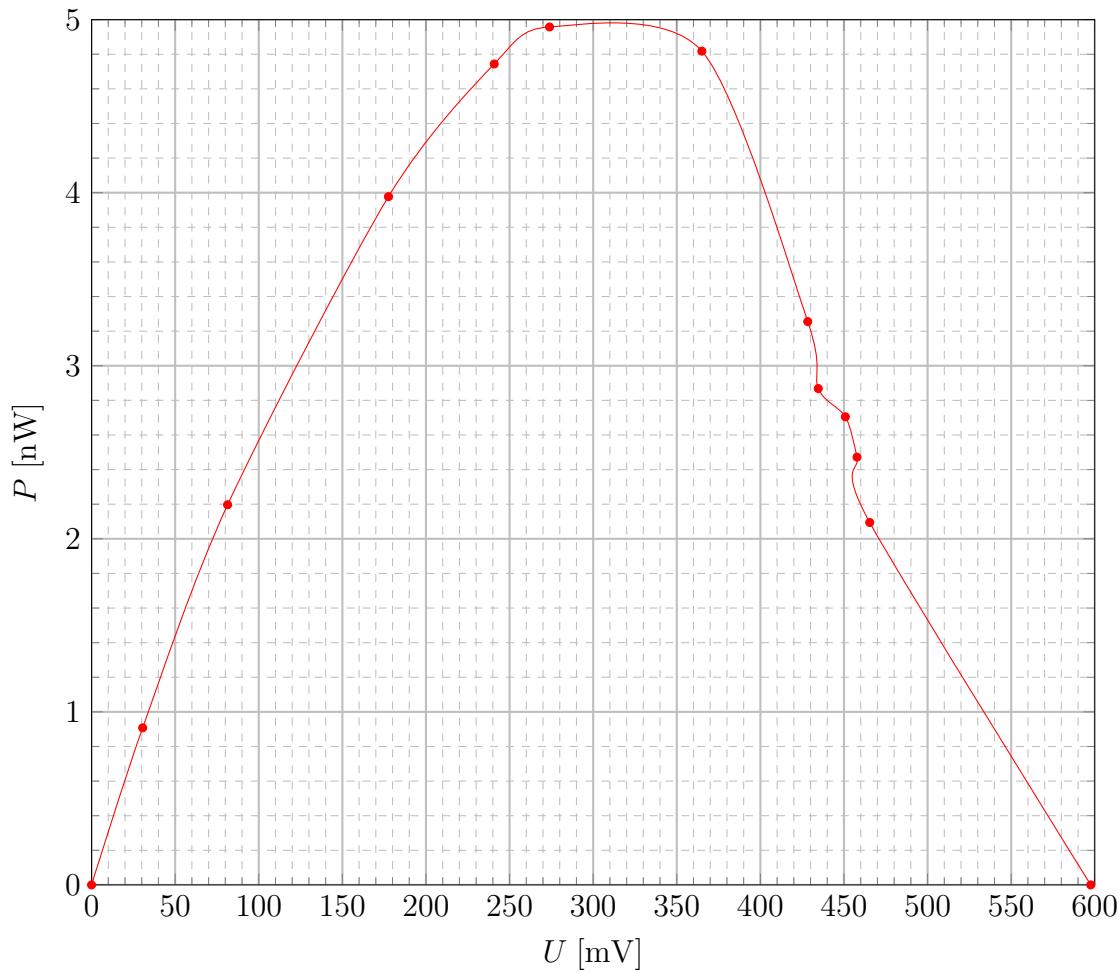
U_{OC} [mV]	I_{SC} [μ A]	U_{MPP} [mV]	I_{MPP} [μ A]	FF [%]	P_{MPP} [nW]
281.0	4.0	158.3	1.9	26.8	300.77

Tabela 1: Parametry ogniwa

4.2 Ogniwo numer 9



Rysunek 9: Zależność prądu od napięcia

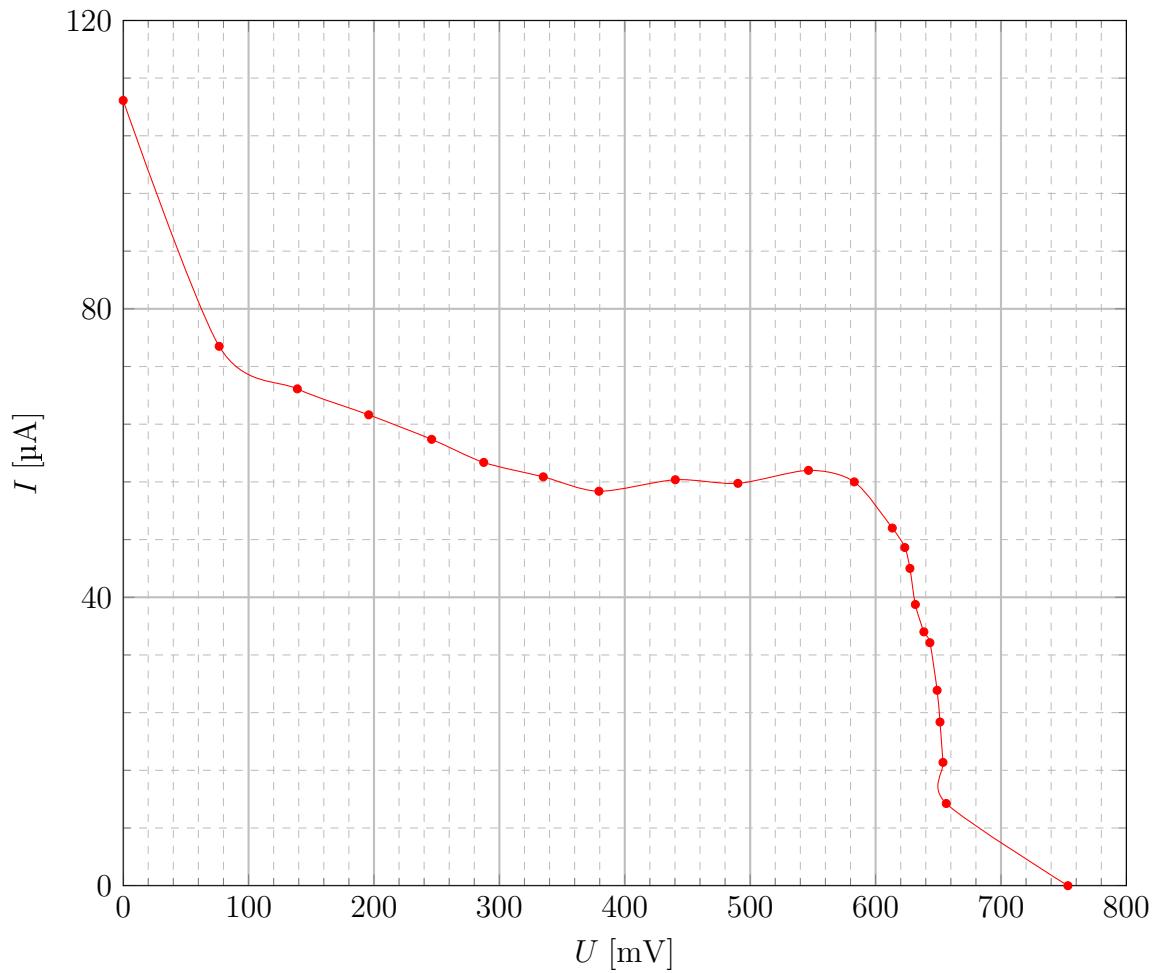


Rysunek 10: Zależność mocy od napięcia

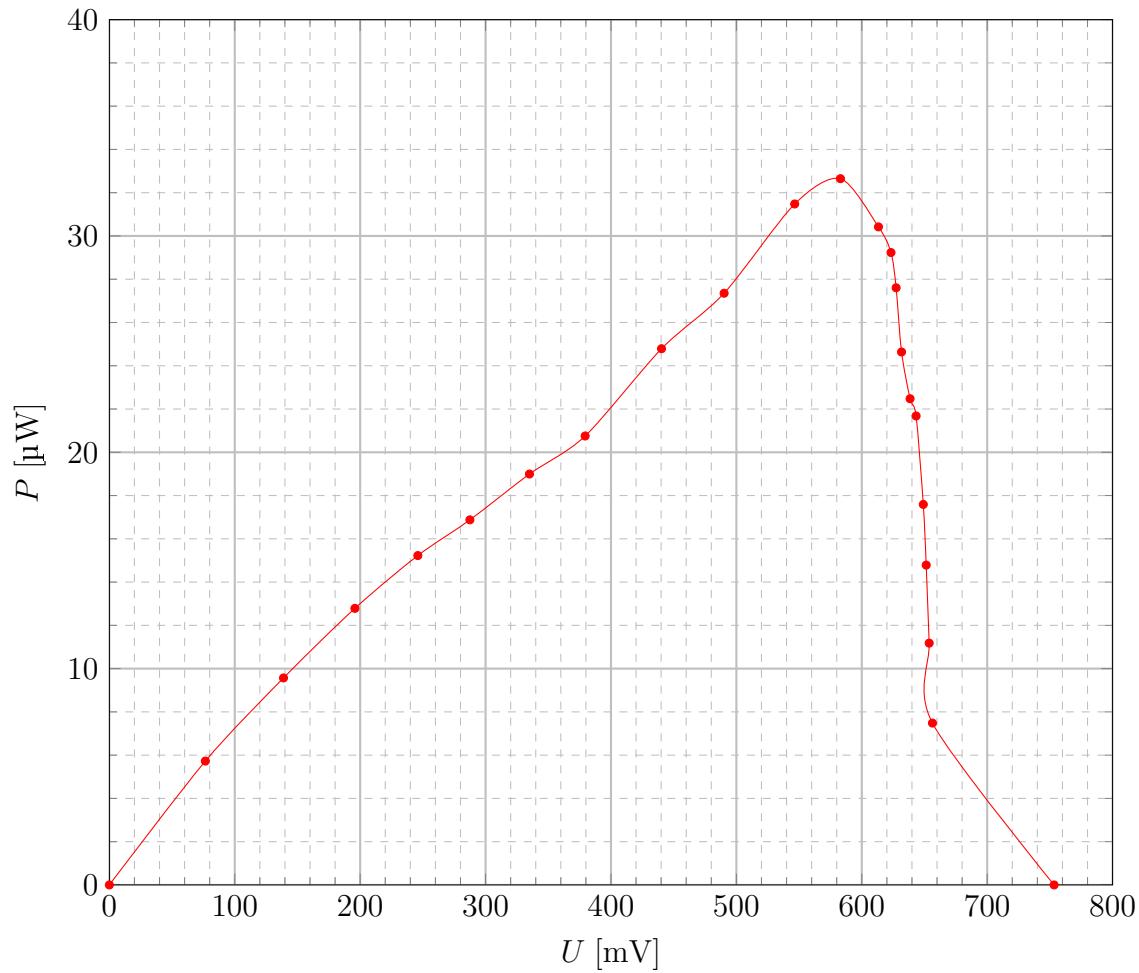
U_{OC} [mV]	I_{SC} [μA]	U_{MPP} [mV]	I_{MPP} [μA]	FF [%]	P_{MPP} [μW]
597.6	37.2	273.9	18.1	22.3	4.96

Tabela 2: Parametry ogniwa

4.3 Ogniwo numer 13



Rysunek 11: Zależność prądu od napięcia

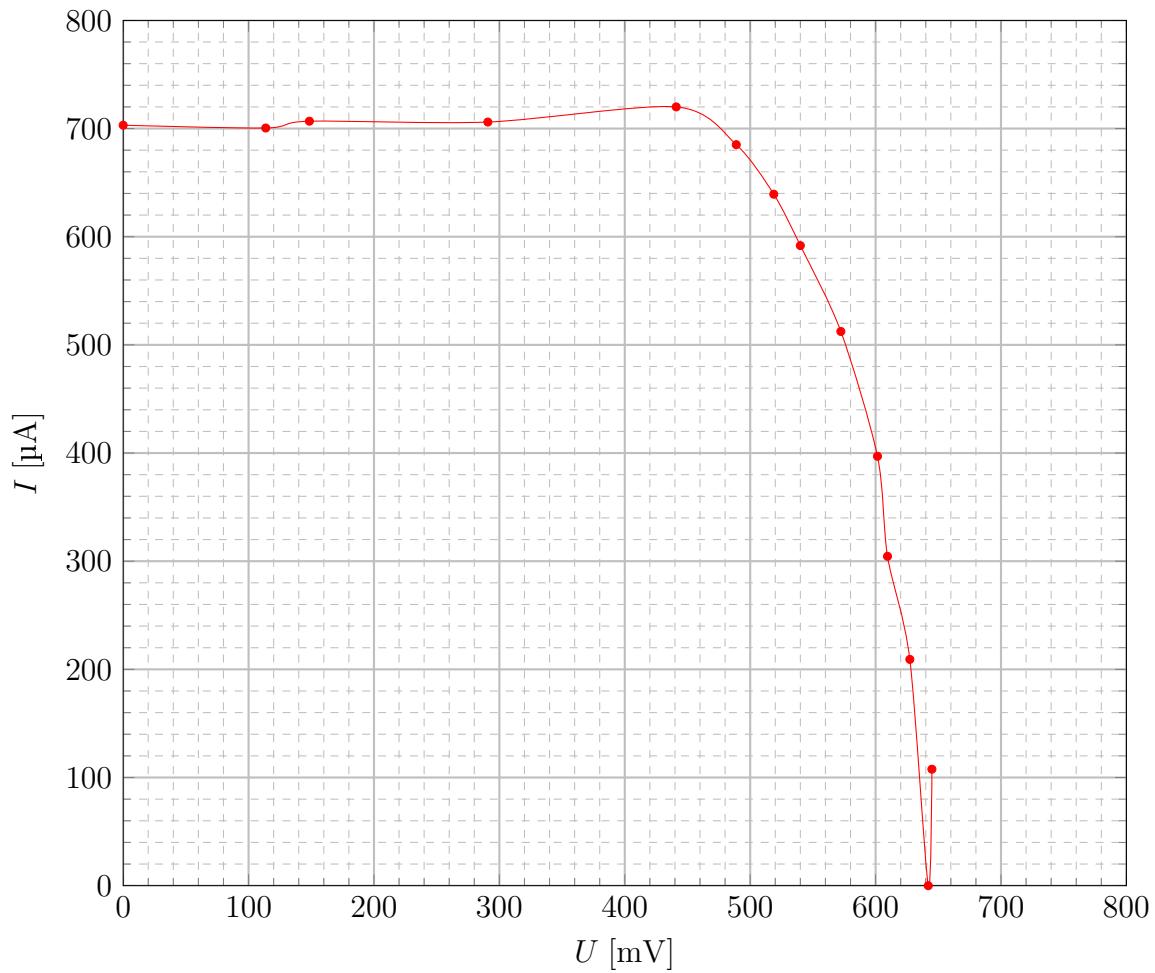


Rysunek 12: Zależność mocy od napięcia

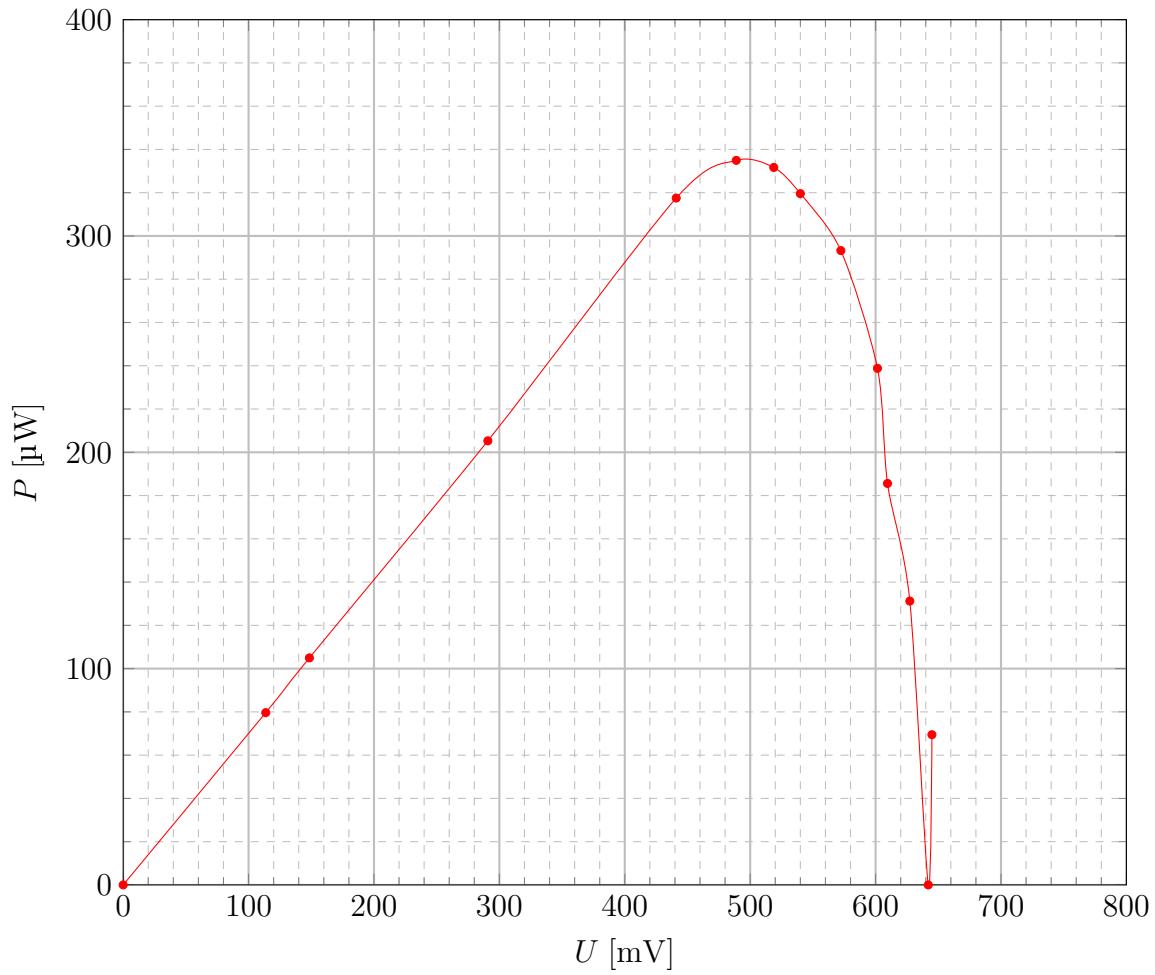
U_{OC} [mV]	I_{SC} [μA]	U_{MPP} [mV]	I_{MPP} [μA]	FF [%]	P_{MPP} [μW]
753.4	108.9	583.0	56.0	39.8	32.65

Tabela 3: Parametry ogniw

4.4 Ogniwo numer 20



Rysunek 13: Zależność prądu od napięcia



Rysunek 14: Zależność mocy od napięcia

U_{OC} [mV]	I_{SC} [μA]	U_{MPP} [mV]	I_{MPP} [μA]	FF	P_{MPP} [μW]
642.0	703.1	488.9	685.1	74.2	334.95

Tabela 4: Parametry ogniwa

5 Bibliografia

Bibliografia

- [1] K. Sharma, V. Sharma i S. S. Sharma. „Dye-Sensitized Solar Cells: Fundamentals and Current Status”. W: *Discover Nano* (2018).