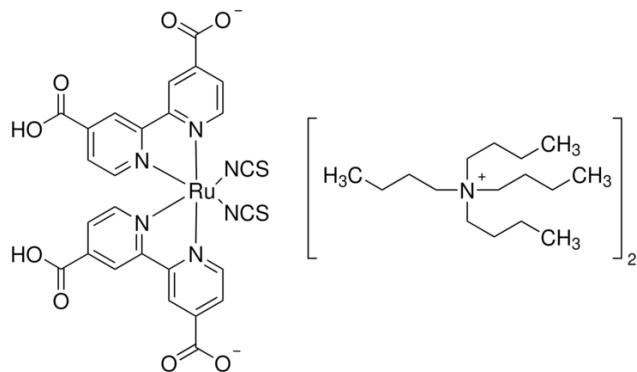


# Ogniwa barwnikowe DSSC

Jędrzej Górný, Jan Kurek, Rafał Staroszczyk

## 1 Budowa ogniw DSSC

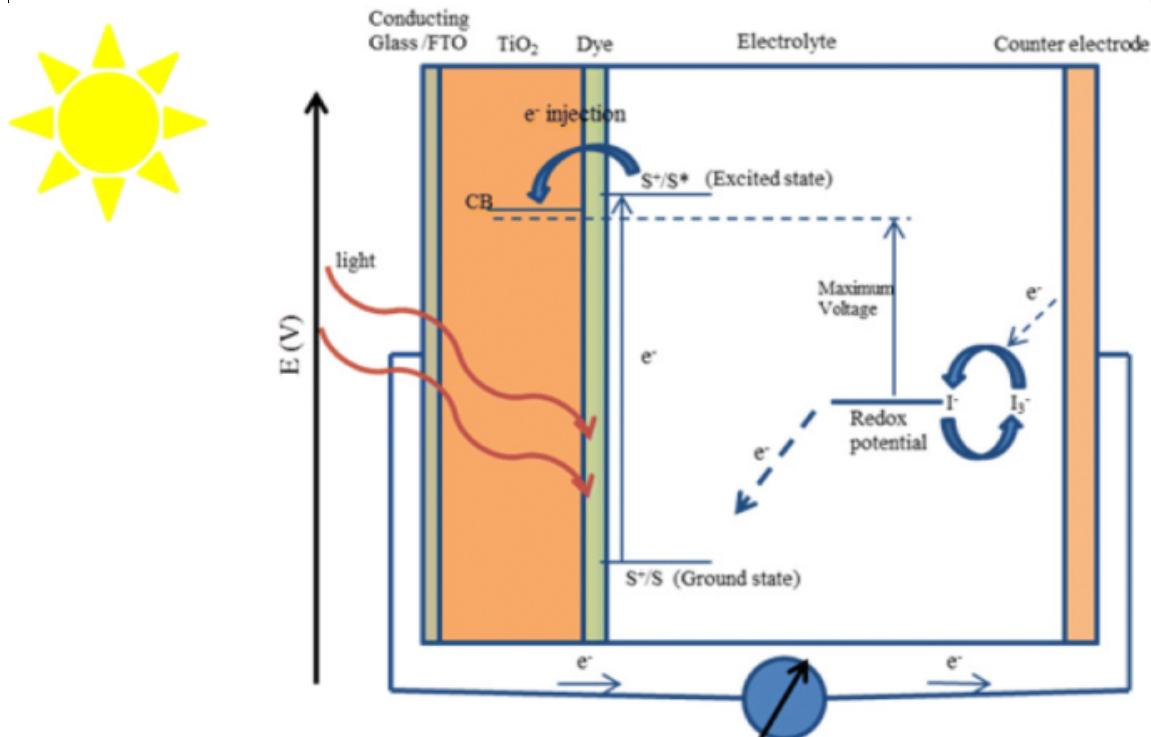
Ognivo DSSC ma budowę warstwową. Pierwszą warstwą jest szkło w FTO. Jest to przezroczysta warstwa przewodząca. Wykorzystano FTO zamiast typowego ITO ze względu na lepszą stabilność przy wyższych temperaturach, które są częścią późniejszych procesów w wytwarzaniu ogniw. Kolejną warstwą to warstwa blokująca TiO<sub>2</sub>. Jest ona fizycznie nieprzepuszczalna dla elektrolitu, przez co unika się zwarcia elektrycznego ogniw. Kolejna warstwa również składa się z TiO<sub>2</sub>, ale w postaci porowatej w celu zwiększenia powierzchni dla kolejnej warstwy, którą jest barwnik. Obie warstwy TiO<sub>2</sub> 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 TiO<sub>2</sub>. 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 ogniska DSSC tworzy cykl. W pierwszym kroku następuje wzbudzenie elektronu w barwniku ze stany HOMO do LUMO. Elektron ten jest następnie przenoszony na  $\text{TiO}_2$ , z którym barwnik jest w kontakcie. Elektron wydostaje się z ogniska poprzez FTO i trafia do zewnętrznego układu. W elektrolicie zachodzi reakcja utleniania-redukcji  $3\text{I}^- \longrightarrow \text{I}_3^- + 2\text{e}^-$ . W produkcie jod ma stopień utlenienia  $\frac{1}{3}$ . Po drugiej stronie ogniska wprowadzane są elektrony. Są one wykorzystywane do odwrócenia powyższej reakcji i odnowienia elektrolitu. Zamyka to pełen obwód.



Rysunek 2: Schemat działania ogniwa DSSC [1]

### 3 Metoda wytwarzania

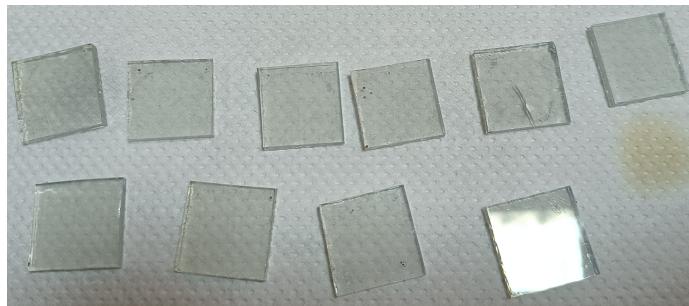
### 3.1 Szkło z FTO

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. Sa 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 $\text{TiO}_2$

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  $\text{TiO}_2$  została nałożona metodą spin-coatera statycznie, to jest najpierw nałożono roztwór, a następnie obracano próbkę z prędkością 1200 RPM przez 20 s. Wykorzystano roztwór  $\text{TiO}_2$  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.

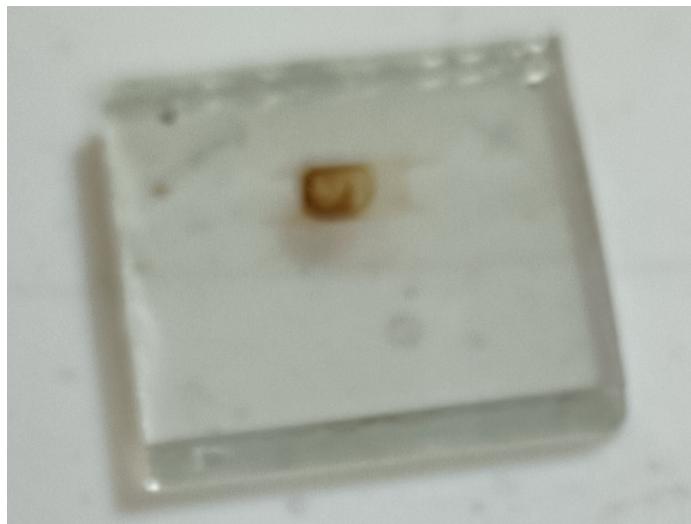


Rysunek 3: Próbki po nałożeniu warstwy blokującej  $\text{TiO}_2$ ; jest ona widoczna jedynie pod pewnymi kątami

### 3.3 Warstwa porowata $\text{TiO}_2$

W pierwszej kolejności naklejono nową taśmę w taki sposób, aby wydzielona powierzchnia w całości znajdowała się na warstwie blokującej. Ma to na celu uniknięcie

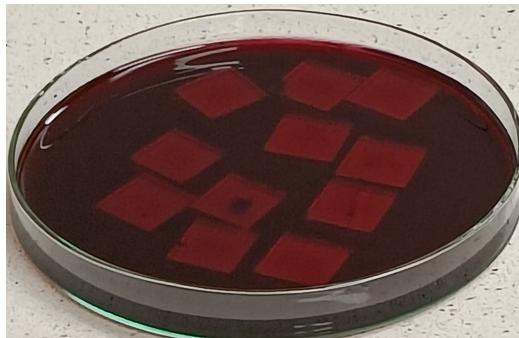
kontaktu między elektrolitem a FTO; zmniejszenie powierzchni nie ma znaczenia dla funkcjonowania ogniska. Wykorzystano metodę rakli (ang. doctor blade, właściwie ductor blade). W tym celu na wydzieloną powierzchnię próbki nałożono kropelkę pasty z zawiesiną nanocząstek TiO<sub>2</sub>. Nadmiar pasty 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 porowej TiO<sub>2</sub>; widoczna jest wydzielona powierzchnia ogniska

### 3.4 Warstwa barwnika

Próbki zanurzono w roztworze N-719 w etanolu i zostawiono je w nim przez kilka-naście godzin. Porowata struktura TiO<sub>2</sub> 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)



(a)



(b)

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

### 3.5 Warstwa platyny

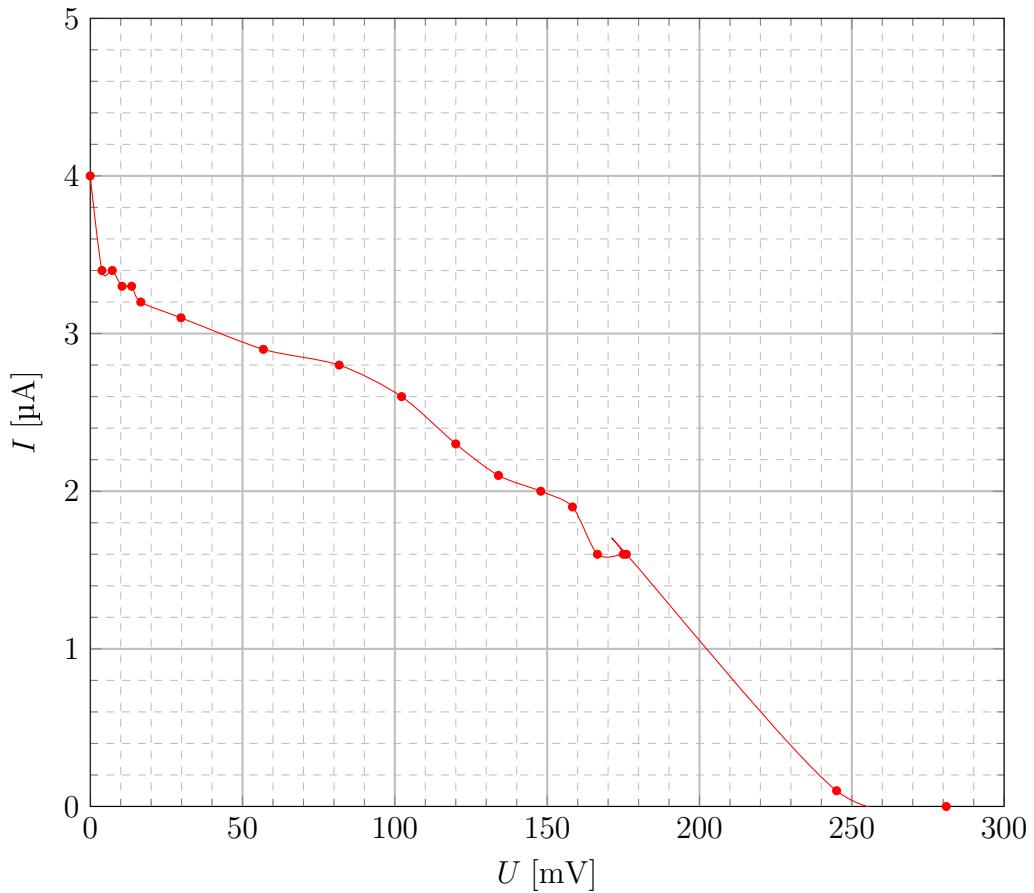
Jedyną warstwą nałożoną na drugie szkiełko jest platyna. Tworzy to przeciwelektrydę. Warstwa FTO nie jest tu ściśle wymagana, dlatego nie ma potrzeby używania taśmy w celu wydzielenia podłączenia do FTO, ale połączenie będzie bezpośrednie do platyny. Wykorzystano metodę kroplową (ang. drop casting) z 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.



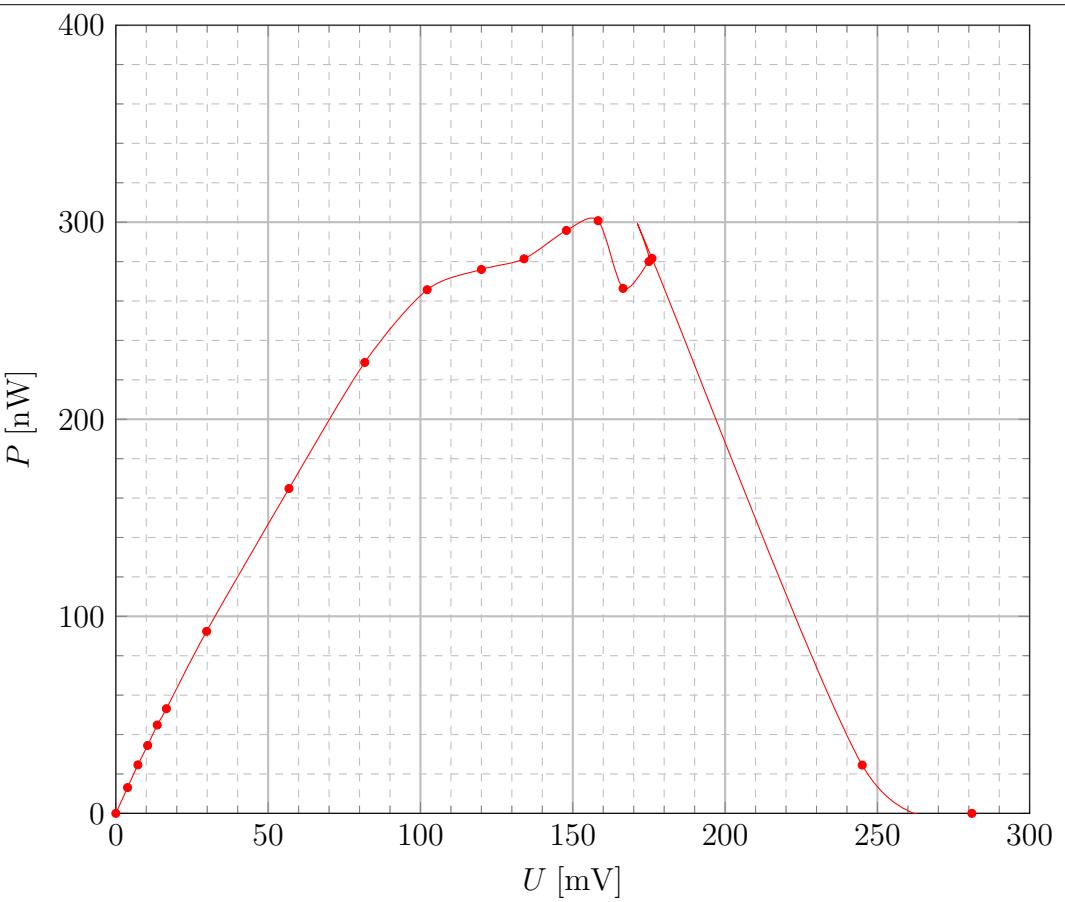
Rysunek 6: Warstwa platyny na szkle

## 4 Charakterystyka otrzymanych ogniw

### 4.1 Ogniwo numer 1



Rysunek 7: Zależność prądu od napięcia

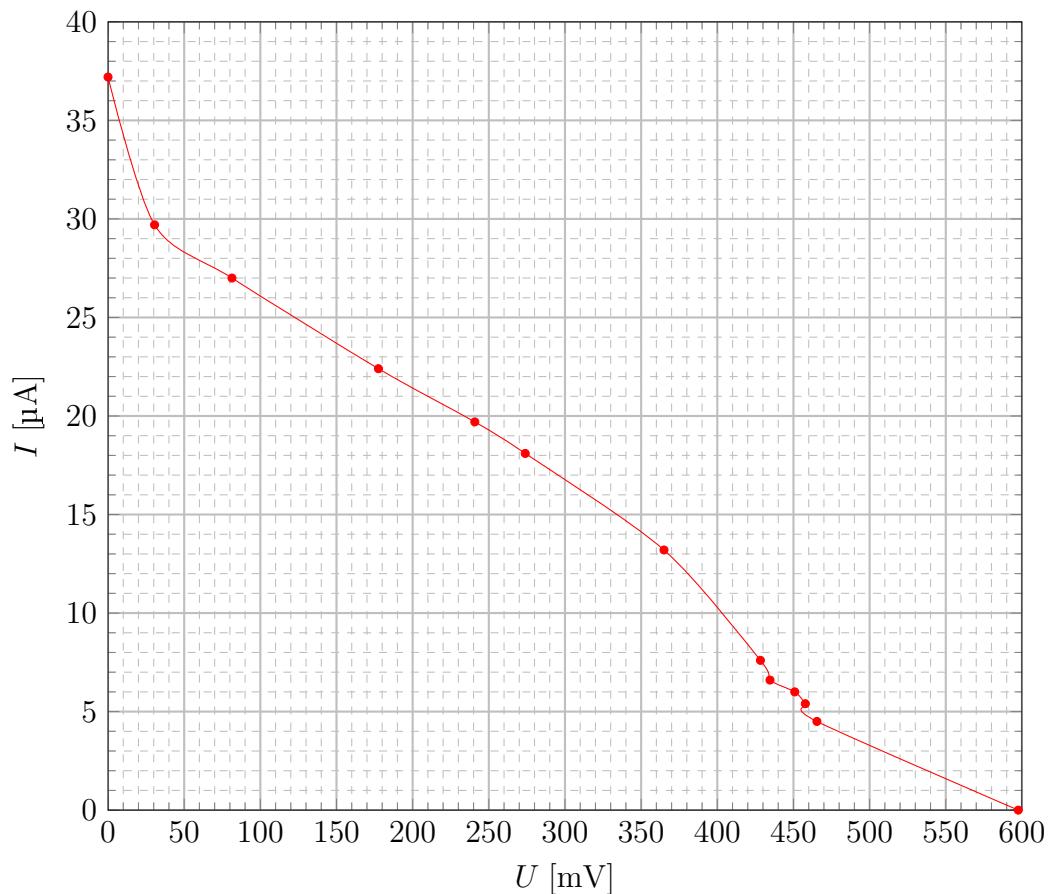


Rysunek 8: Zależność mocy od napięcia

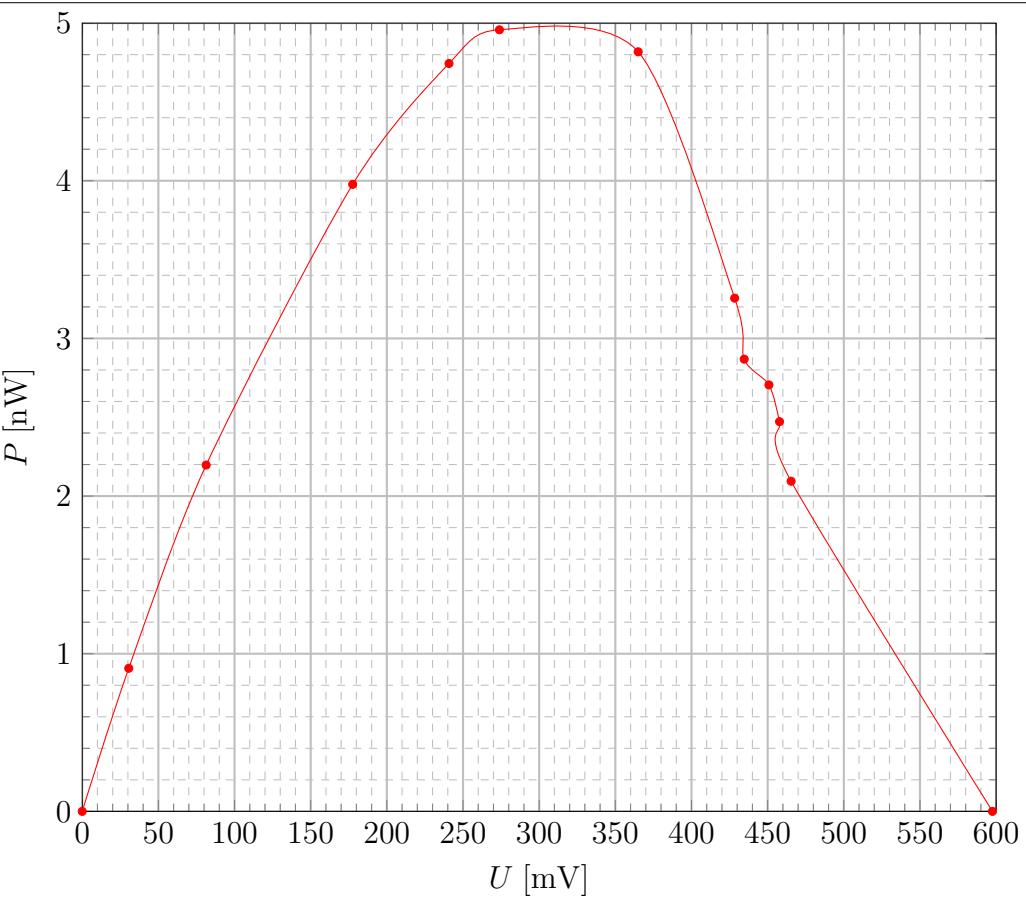
$U_{OC}$ [mV]	$I_{SC}$ [ $\mu$ A]	$U_{MPP}$ [mV]	$I_{MPP}$ [ $\mu$ A]	FF [%]	$P_{MPP}$ [nW]
281.0	4.0	158.3	1.9	26.8	300.77

Tabela 1: Parametry ogniw

## 4.2 Ogniwo numer 9



Rysunek 9: Zależność prądu od napięcia

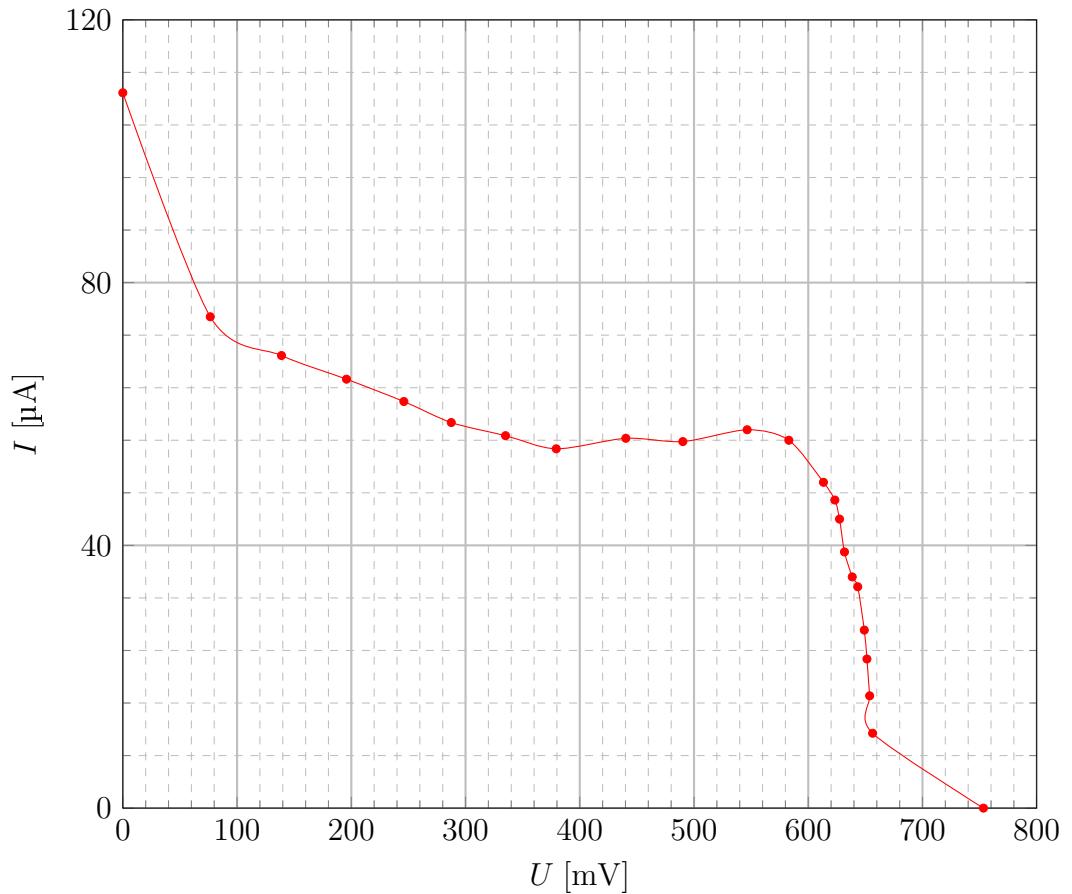


Rysunek 10: Zależność mocy od napięcia

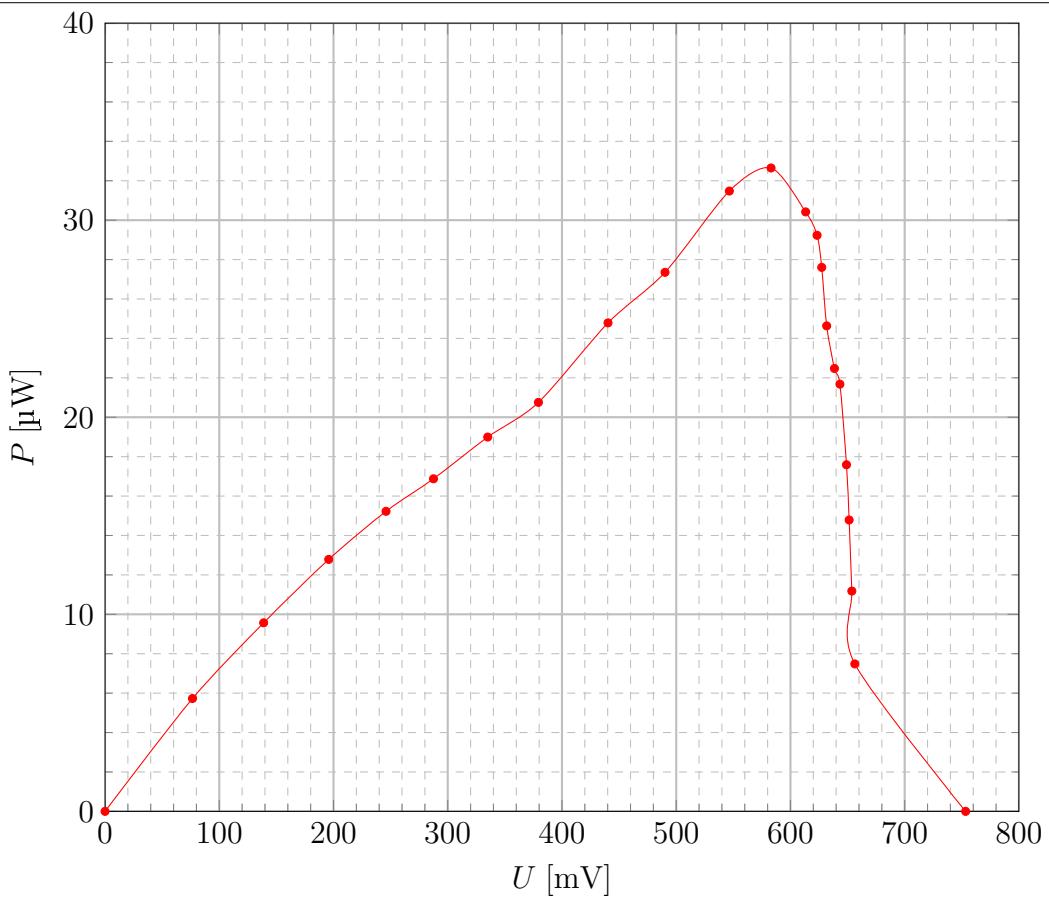
$U_{OC}$ [mV]	$I_{SC}$ [ $\mu$ A]	$U_{MPP}$ [mV]	$I_{MPP}$ [ $\mu$ A]	FF [%]	$P_{MPP}$ [ $\mu$ W]
597.6	37.2	273.9	18.1	22.3	4.96

Tabela 2: Parametry ogniw

### 4.3 Ogniwo numer 13



Rysunek 11: Zależność prądu od napięcia

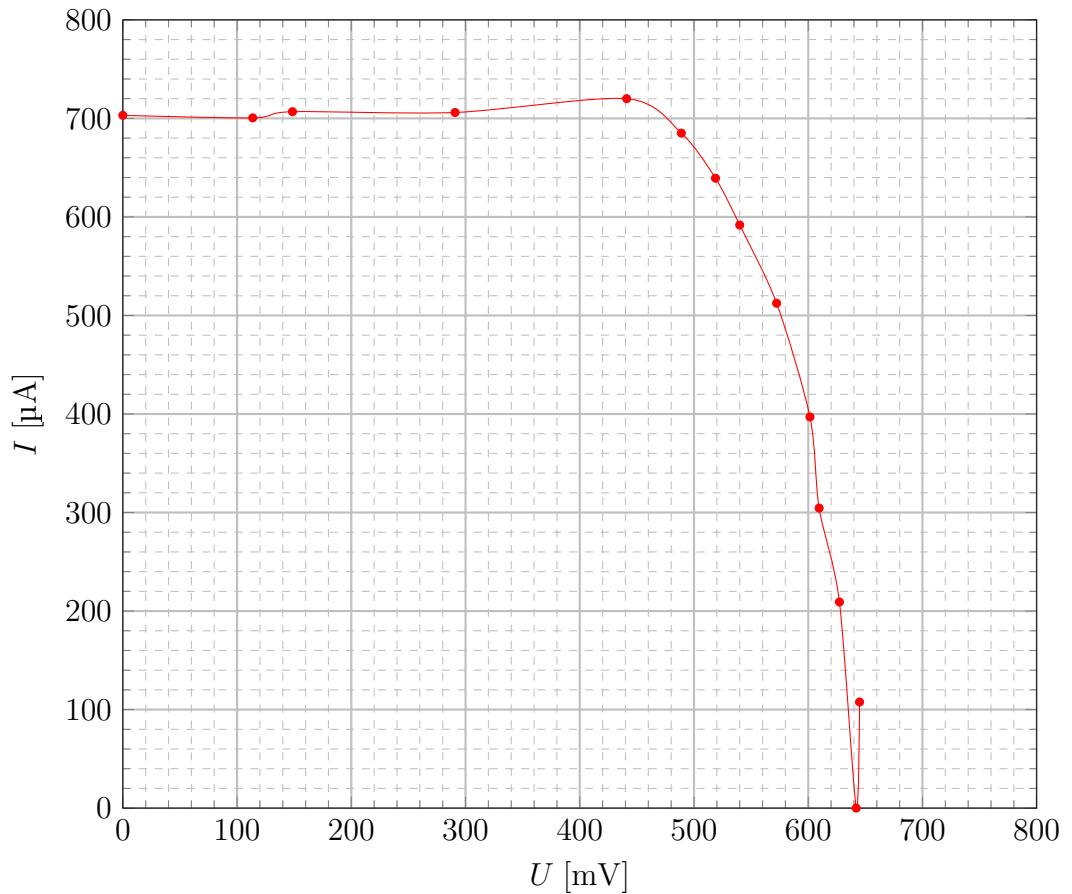


Rysunek 12: Zależność mocy od napięcia

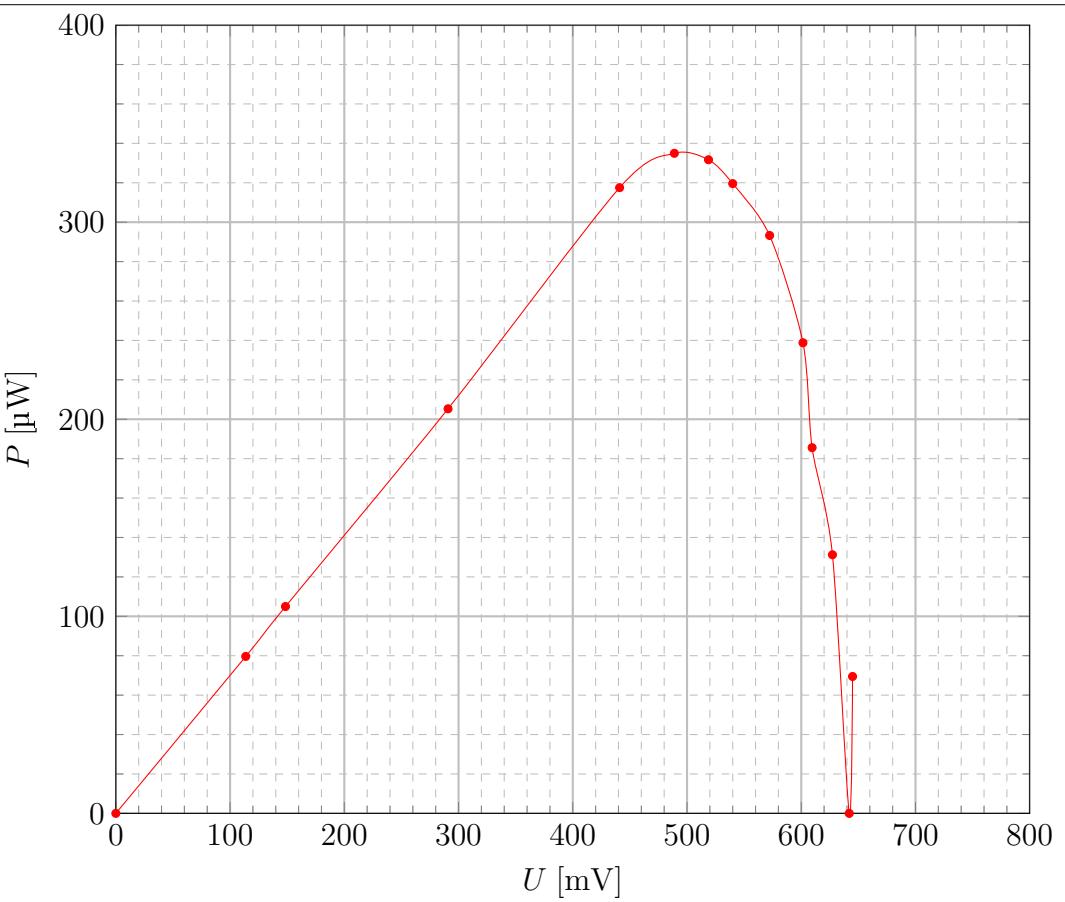
$U_{OC}$ [mV]	$I_{SC}$ [μA]	$U_{MPP}$ [mV]	$I_{MPP}$ [μA]	FF [%]	$P_{MPP}$ [μW]
753.4	108.9	583.0	56.0	39.8	32.65

Tabela 3: Parametry ogniw

#### 4.4 Ogniwo numer 20



Rysunek 13: Zależność prądu od napięcia



Rysunek 14: Zależność mocy od napięcia

$U_{OC}$ [mV]	$I_{SC}$ [ $\mu\text{A}$ ]	$U_{MPP}$ [mV]	$I_{MPP}$ [ $\mu\text{A}$ ]	FF [%]	$P_{MPP}$ [ $\mu\text{W}$ ]
642.0	703.1	488.9	685.1	74.2	334.95

Tabela 4: Parametry ogniw

---

---

## 5 Bibliografia

### Bibliografia

- [1] K. Sharma, V. Sharma i S. S. Sharma. „Dye-Sensitized Solar Cells: Fundamentals and Current Status”. W: *Discover Nano* (2018).
- [2] M. A. Al-Azawi i in. „Surface plasmon resonance effects of gold colloids on optical properties of N719 dye in ethanol”. W: *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials* 17 (mar. 2015), s. 264–269.