Koło Naukowe Chemików US AQUA REGIA

Prototypowe ogniwa fotowoltaiczne

Badania w ramach projektu „Nowe związki o potencjalnym zastosowaniu w produkcji ogniw fotowoltaicznych”

Wyselekcjonowano związki zsyntezowane w ramach projektu, które zastosowano do konstrukcji dwóch rodzajów ogniw fotowoltaicznych (PVs), a mianowicie barwnikowych (DSSCs) oraz organicznych o heterozłączu objętościowym (BHJ). W przypadku związków zawierających grupy kotwiczące pożądanych w zastosowaniu w DSSCs zarejestrowano ich widma absorpcyjne w zakresie UV-Vis na podłożu z tlenku tytanu(IV) (TiO_2). Warstwy TiO_2 przygotowano metodą sitodruku z pasty tytanowej. Określono parametry fotowoltaiczne (PV) ogniw BHJ na podstawie charakterystyk prądowo-napięciowych wykonanych w trakcie badań realizowanych przez uczestników projektu w Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych PAN w Zabrzu. W celu rejestracji krzywych prądowo-napięciowych użyto symulatora światła słonecznego o standardowej mocy 100 mW cm^{-2} w warunkach AM 1,5 G oraz urządzenia źródłowo-pomiarowego Keithley 2400 SourceMeter wraz z oprogramowaniem.

OPIS:

Przygotowanie pierwszego rodzaju ogniwa: ogniwo DSSC (barwnikowe ogniwo słoneczne)***:*** Wytworzono ogniwa barwnikowe o strukturze FTO/TiO_2@barwnik/elektrolit/Pt/FTO, w których jako barwniki zastosowano wybrane zsyntezowane pochodne fenotiazyny.

W ramach przeprowadzonych badań wykonano widma absorpcyjne w zakresie UV-Vis związków zawierających w swojej budowie grupy kotwiczące (pochodna fenotiazyny z grupami nitrylowymi i karboksylowymi oraz komercyjnego barwnika N719) na podłożu z tlenku krzemu(IV) (TiO_2). Związki z grupami kotwiczącymi mogą mieć/mają zastosowanie jako barwniki ogniw DSSCs (ang. dye-sensitized solar cells) – barwnikowych ogniw słonecznych. W ramach badań przygotowano podłoża z warstwą TiO_2 za pomocą metody sitodruku oraz roztwory barwników.

Ministerstwo Edukacji i Nauki

Projekt „Nowe związki o potencjalnym zastosowaniu w produkcji ogniw fotowoltaicznych”

Dofinansowano przez Ministra Edukacji i Nauki ze środków z budżetu państwa w ramach programu „Studenckie kołanaukowe tworzą innowacje”.

UNIWERSYTET ŚLĄSKI
WYDZIAŁ NAUK ŚCISŁYCH I TECHNICZNYCH

W pierwszym etapie badań oczyszczono podłoża szklane z naniesioną warstwą FTO (tlenek cyny domieszkowany fluorem) umieszczając je w łaźni ultradźwiękowej na 5 minut w roztworze Hellmanexu. Następnie, podłoża przepłukano gorącą wodą dejonizowaną. Podłoża ponownie umieszczono w łazi ultradźwiękowej z alkoholem izopropylowym na 5 minut. Podłoża osuszono za pomocą argonu i umieszczono w szalkach Petriego i zabezpieczono.

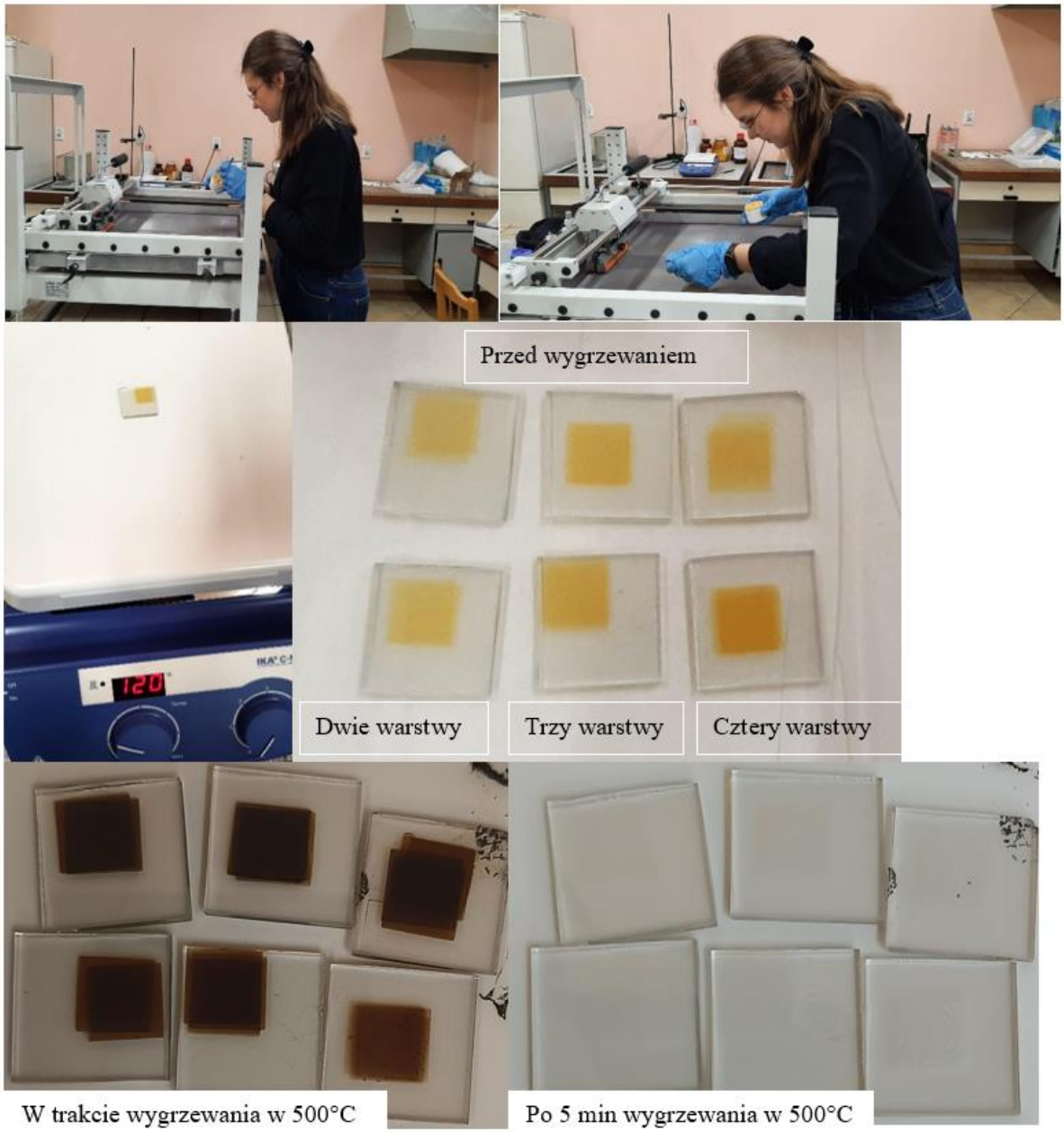
Warstwy TiO_2 naniesiono metodą sitodruku wykorzystując w tym celu pastę TiO_2 (18NR-T Titania Pate, Greatcellsolar materials, Australia), sitodrukarkę oraz sito o rozmiarze oczek 330 mesh (wymiar otrzymanego zadruku to 1cm na 1cm). Po nałożeniu warstwy tlenku tytanu(IV) podłoża wygrzewano w temperaturze 120°C przez 5 minut na uprzednio wyczyszczonej płycie grzewczej mieszadła. Po upływie tego czasu podłoża przenoszono na szalki Petriego pozostawiając do wystygnięcia. Po ostygnięciu nakładano kolejną warstwę TiO_2 (tak jak poprzednio) i ponownie wygrzewano w temperaturze 120°C przez 5 minut. Przygotowano trzy podłoża z naniesionymi warstwami TiO_2, i) pierwsze podłoże z dwoma warstwami TiO_2, ii) drugie podłoże z trzema warstwami TiO_2 oraz iii) trzecie podłoże z czterema warstwami TiO_2. Tak otrzymane podłoża wygrzewano w temperaturze 500°C przez 30 minut. W trakcie wygrzewania zauważono początkowo ściemnienie warstw a po 5 minutach ich odbarwienie, otrzymując finalnie przeźroczyste warstwy. Kolejne etapy prac przedstawiono na rysunku 1.

Ministerstwo Edukacji i Nauki

Projekt „Nowe związki o potencjalnym zastosowaniu w produkcji ogniw fotowoltaicznych”

Dofinansowano przez Ministra Edukacji i Nauki ze środków z budżetu państwa w ramach programu „Studenckie kołanaukowe tworzą innowacje”.

UNIWERSYTET ŚLĄSKI
WYDZIAŁ NAUK ŚCISŁYCH I TECHNICZNYCH



Rysunek 1. Kolejne etapy prac otrzymywania podłoży z TiO_2.

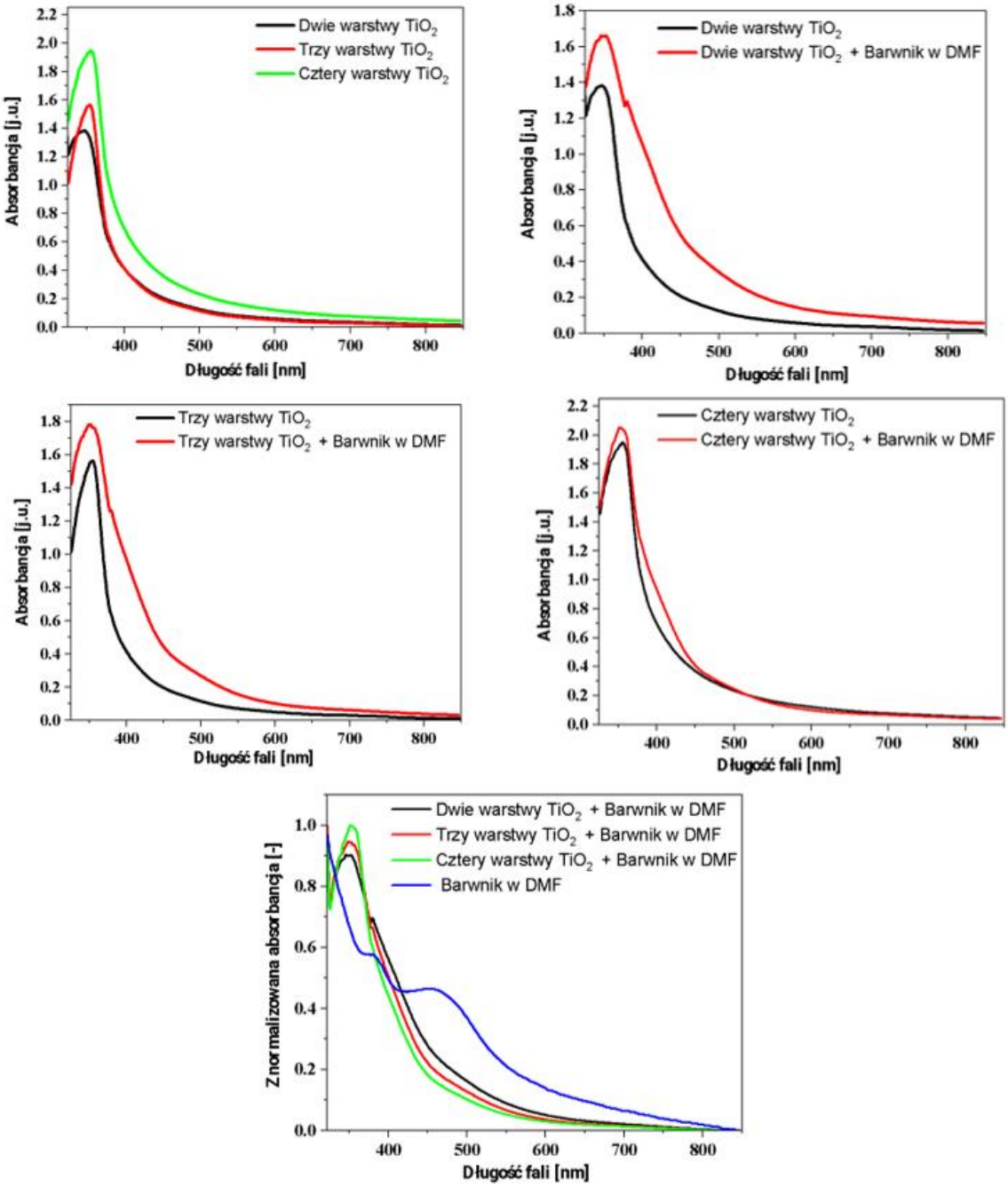
W kolejnym etapie prac podłoża z TiO_2 umieszczono w roztworze barwnika rozpuszczonego w dimetyloformamidzie (DMF) na 24 godziny. Widma przedstawiono na rysunku 2a. Następnie, TiO_2 umieszczono w roztworze barwnika rozpuszczonego w dimetylosulfotlenku (DMSO) na 24, 48 oraz 72 godziny. Po tym czasie zarejestrowano widma UV-Vis. Widma przedstawiono na rysunku 2b.

Ministerstwo Edukacji i Nauki

Projekt „Nowe związki o potencjalnym zastosowaniu w produkcji ogniw fotowoltaicznych”

Dofinansowano przez Ministra Edukacji i Nauki ze środków z budżetu państwa w ramach programu „Studenckie kołanaukowe tworzą innowacje”.

UNIWERSYTET ŚLĄSKI
WYDZIAŁ NAUK ŚCISŁYCH I TECHNICZNYCH



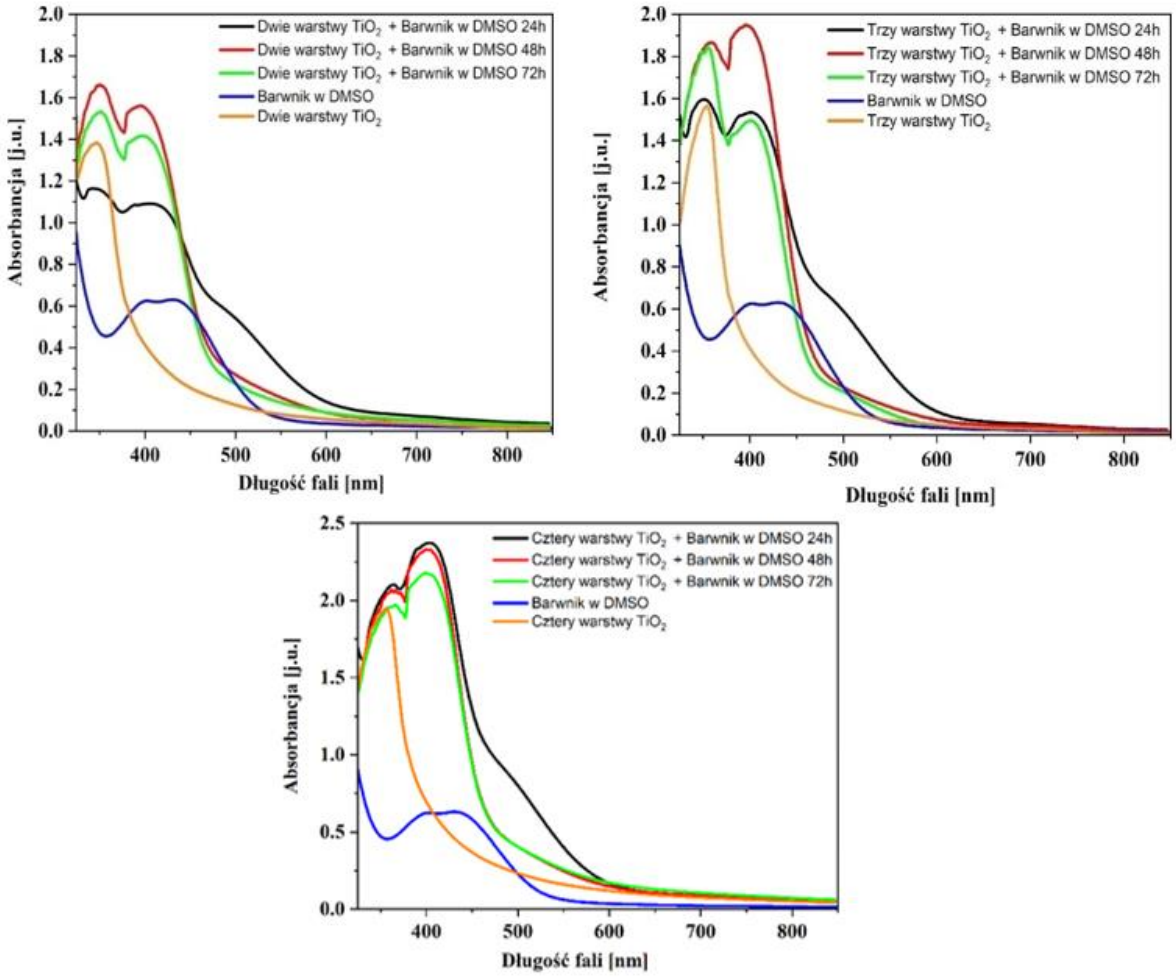
Rysunek 2a. Widma UV-Vis zarejestrowane dla podłoży z TiO_2 oraz barwnikiem rozpuszczonym w DMF.

Ministerstwo Edukacji i Nauki

Projekt „Nowe związki o potencjalnym zastosowaniu w produkcji ogniw fotowoltaicznych”

Dofinansowano przez Ministra Edukacji i Nauki ze środków z budżetu państwa w ramach programu „Studenckie kołanaukowe tworzą innowacje”.

UNIWERSYTET ŚLĄSKI
WYDZIAŁ NAUK ŚCISŁYCH I TECHNICZNYCH



Rysunek 2b. Widma UV-Vis zarejestrowane dla podłoży z TiO_2 oraz barwnikiem rozpuszczonym w DMSO.

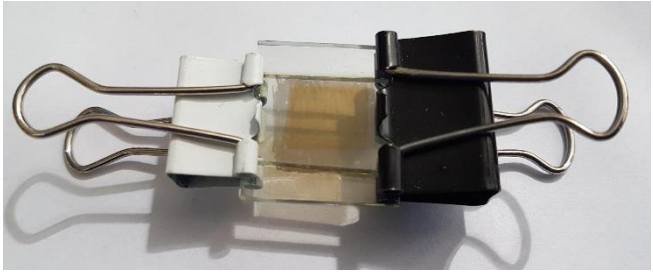
Ministerstwo Edukacji i Nauki

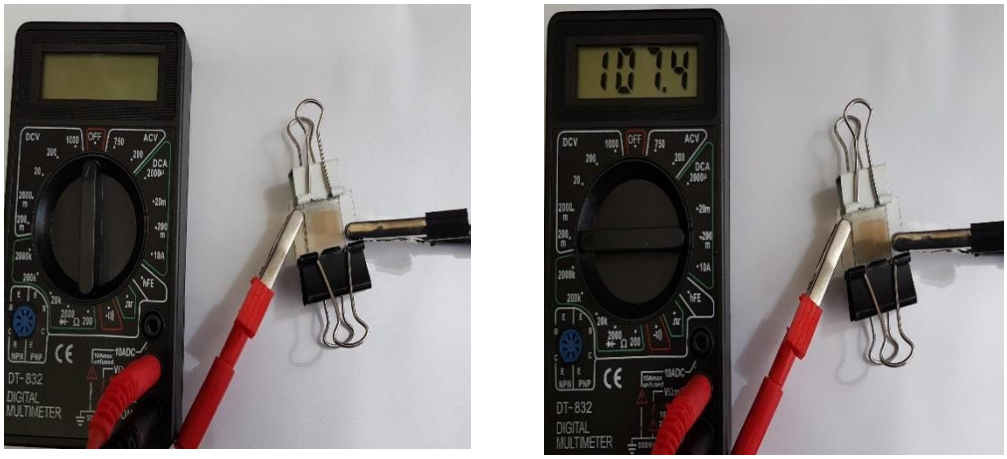
Projekt „Nowe związki o potencjalnym zastosowaniu w produkcji ogniw fotowoltaicznych”

Dofinansowano przez Ministra Edukacji i Nauki ze środków z budżetu państwa w ramach programu „Studenckie kołanaukowe tworzą innowacje”.

UNIWERSYTET ŚLĄSKI
WYDZIAŁ NAUK ŚCISŁYCH I TECHNICZNYCH

Wykonano prototypowe ogniwo o strukturze „kanapkowej”: szkło/FTO/TiO_2 cztery warstwy + barwnik w DMSO po 24 godzinach + jodyna/Grafit/FTO/szkło. Jodyna pełniła rolę elektrolitu. Prototypowe ogniwo podłączono do multimetru, gdzie zarejestrowano zmianę napięcia pod wpływem światła, co przedstawiono na rysunku 3.





Rysunek 3. Prototypowe ogniwo (u góry) oraz ogniwo podłączone do multimetru (na dole, od lewej przed włączeniem, po prawej po włączeniu).

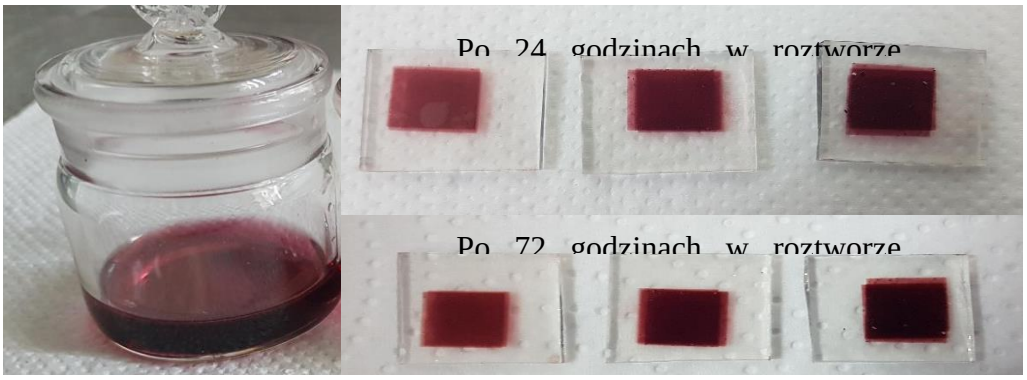
Wykonano również widma absorpcyjne w zakresie UV-Vis warstw TiO_2 zanurzonych w roztworze DMF barwnika komercyjnego o oznaczeniu N719. Zdjęcia roztworów, otrzymanych warstw z TiO_2 oraz widma UV-Vis przedstawiono na rysunku 4.

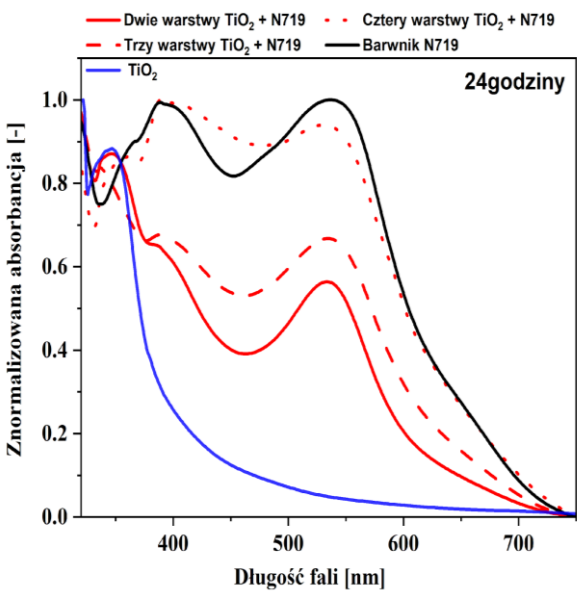
Ministerstwo Edukacji i Nauki

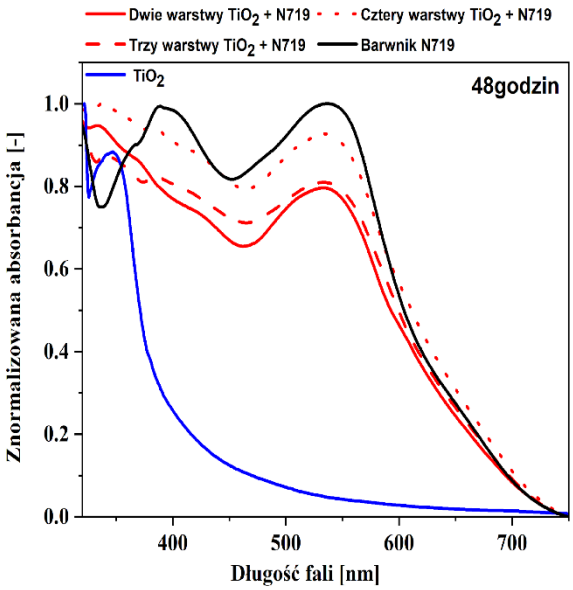
Projekt „Nowe związki o potencjalnym zastosowaniu w produkcji ogniw fotowoltaicznych”

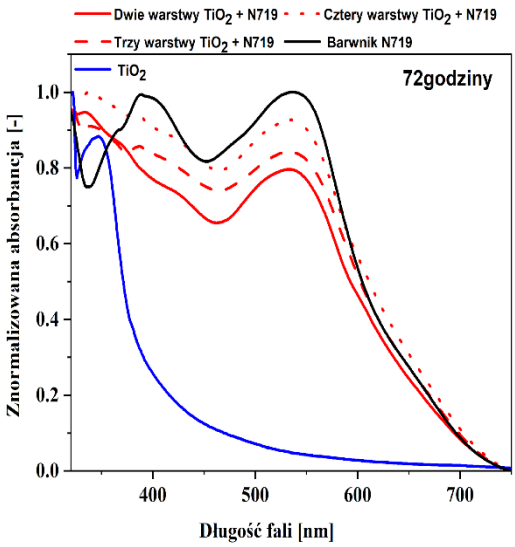
Dofinansowano przez Ministra Edukacji i Nauki ze środków z budżetu państwa w ramach programu „Studenckie kołanaukowe tworzą innowacje”.

UNIWERSYTET ŚLĄSKI
WYDZIAŁ NAUK ŚCISŁYCH I TECHNICZNYCH









Ministerstwo Edukacji i Nauki

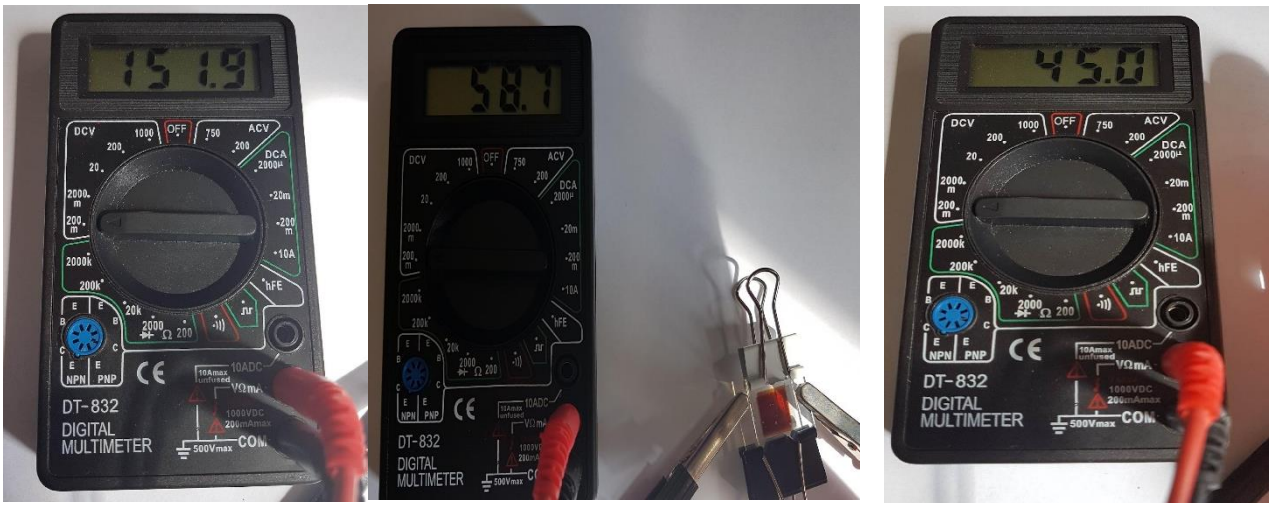
Projekt „Nowe związki o potencjalnym zastosowaniu w produkcji ogniw fotowoltaicznych”

Dofinansowano przez Ministra Edukacji i Nauki ze środków z budżetu państwa w ramach programu „Studenckie kołanaukowe tworzą innowacje”.

UNIWERSYTET ŚLĄSKI
WYDZIAŁ NAUK ŚCISŁYCH I TECHNICZNYCH

Rysunek 4. Zdjęcie roztworu N719 rozpuszczonego w DMF, warstwy TiO_2 po 24 oraz 72 godzinach w roztworze N719 oraz widma absorpcyjne w zakresie UV-Vis warstw TiO_2 po zanurzeniu w roztworze barwnika N719.

Wykonano prototypowe ogniwo o strukturze „kanapkowej": szkło/FTO/TiO_2 cztery warstwy + N719 w DMF po 24 godzinach + jodyna/Grafit/FTO/szkło. Prototypowe ogniwo podłączono do multimetru, gdzie zarejestrowano zmianę napięcia pod wpływem światła, co przedstawiono na rysunku 5.



Rysunek 5. Prototypowe ogniwo podłączone do multimetru, od lewej: podczas wystawienia na działanie promieni słonecznych, podczas częściowego zakrycia i po zakryciu.

2 ogniwo: Przygotowanie ogniw BHJ:

Wybrane zsyntezowane w ramach projektu pochodne perylenu (PCBM, BPTI1-BPTI5), które wykazały obiecujące i interesujące właściwości fotofizyczne przetestowano jako warstwy aktywne w ogniwach BHJ. Wytworzono ogniwa o strukturze ITO/PEDOT:PSS/warstwa aktywna(P3HT:związek)/Al. Przygotowano także ogniwo wzorcowe z P3HT:PCBM. Na początku podłoża szklane z warstwą ITO oczyszczono kolejno przez mycie w detergencie w łaźni ultradźwiękowej, następnie przepłukano wodą dejonizowaną oraz alkoholem izopropylowym. Na suche podłoża naniesiono warstwę PEDOT:PSS metodą powlekania obrotowego. Warstwy aktywne również przygotowano metodą powlekania obrotowego z wcześniej otrzymanych roztworów P3HT i badanego akceptora w stosunku masowym 1:1 o stężeniu 10 mg/ml w chloroformie. Na koniec naparowano elektrodę aluminiową. Dla tak przygotowanych urządzeń zarejestrowano krzywe prądowo-napięciowe, a na ich podstawie wyznaczono parametry fotowoltaiczne, które zebrane są w poniższej tabeli. Na podstawie

Ministerstwo Edukacji i Nauki

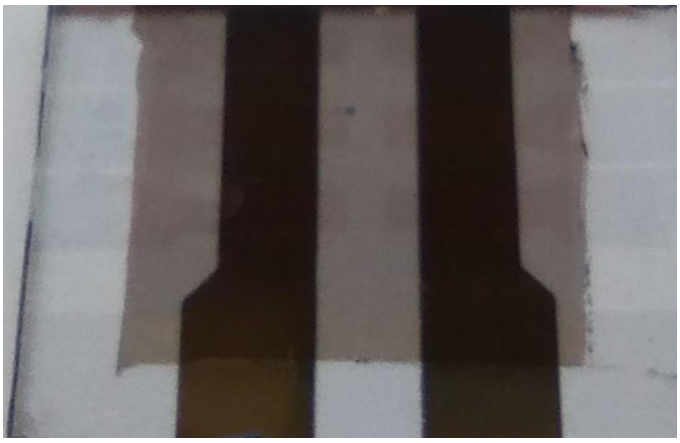
Projekt „Nowe związki o potencjalnym zastosowaniu w produkcji ogniw fotowoltaicznych"

Dofinansowano przez Ministra Edukacji i Nauki ze środków z budżetu państwa w ramach programu „Studenckie kołanaukowe tworzą innowacje".

UNIWERSYTET ŚLĄSKI
WYDZIAŁ NAUK ŚCISŁYCH I TECHNICZNYCH

uzyskanych wyników, ogniwa zawierające związek PCMB i BPTI2 wykazały największą wydajność konwersji (PCE) odpowiednio 0,73 i 0,35%.

Warstwa aktywna	V_{oc} [mV]	J_{sc} [mA cm^{-2}]	FF	PCE [%]
P3HT:PCBM	383	6,84	0,28	0,73
P3HT: BPTI1	52	0,15	0,26	0,00
P3HT: BPTI2	384	0,33	0,29	0,35
P3HT: BPTI3	51	0,11	0,25	0,00
P3HT: BPTI4	676	0,04	0,38	0,01
P3HT: BPTI5	84	0,04	0,34	0,00



Rysunek 6. Ogniwo BHJ.

Ministerstwo Edukacji i Nauki

Projekt „Nowe związki o potencjalnym zastosowaniu w produkcji ogniw fotowoltaicznych”

Dofinansowano przez Ministra Edukacji i Nauki ze środków z budżetu państwa w ramach programu „Studenckie kołanaukowe tworzą innowacje”.

UNIWERSYTET ŚLĄSKI
WYDZIAŁ NAUK ŚCISŁYCH I TECHNICZNYCH