

Elektronika Molekularna

Instrukcja do ćwiczenia laboratoryjnego

BARWNIKOWE OGNIWA SŁONECZNE



**POLITECHNIKA
GDAŃSKA**

**WYDZIAŁ FIZYKI TECHNICZNEJ
I MATEMATYKI STOSOWANEJ**

Opracował: mgr inż. Maciej Klein

Sprawdził i zatwierdził: dr hab. inż. Waldemar Stampor, prof. nadzw. PG

Politechnika Gdańska

Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej

Katedra Fizyki Zjawisk Elektronowych

Gdańsk 2016

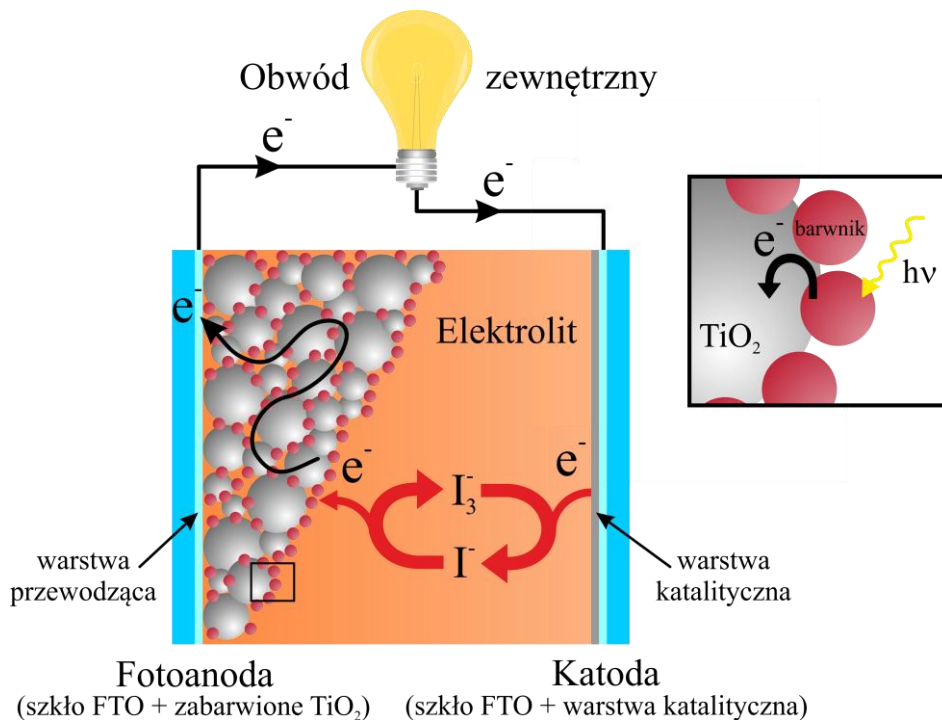
Barwnikowe Ogniwa Słoneczne

1. Wstęp

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z budową i zasadą działania barwnikowego ogniwa słonecznego (DSSC, *Dye-Sensitized Solar Cell*) oraz wytworzenie własnego ogniwa z wykorzystaniem naturalnych barwników, takich jak sok z malin czy herbata z płatków hibiskusa. Ćwiczenie przeznaczone jest zarówno dla studentów jak i dla uczniów szkół średnich. Czas potrzebny na przeprowadzenie laboratorium wynosi trzy godziny zajęć. Możliwe jest również podzielenie ćwiczenia na dwie części po 1,5 godz. każda. W tym przypadku, podczas pierwszego spotkania, należy wykonać wszystkie zadania aż do procesu barwienia elektrod włącznie.

2. Zasada działania

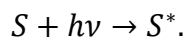
Najlepszym sposobem, aby uniknąć błędów najczęściej popełnianych podczas wytwarzania ogniwa barwnikowych, jest zrozumienie, jak ogniwa te są zbudowane i jak działają. W najprostszej konfiguracji ogniwo DSSC składa się z dwóch elektrod (fotoanody i katody) oraz wypełniającego przestrzeń pomiędzy nimi elektrolitu (Rys. 1). Podłożem dla elektrod jest zazwyczaj płytka szklana z warstwą przezroczystego tlenku przewodzącego (tak zwane podłoże przewodzące). Fotoanodę stanowi, osadzona na podłożu przewodzącym, porowata warstwa półprzewodnika o szerokiej przerwie energetycznej – najczęściej nanocząstek dwutlenku tytanu (TiO_2). Na powierzchni półprzewodnika zaadsorbowane są molekuly barwnika, odpowiedzialnego za absorpcję promieniowania słonecznego w zakresie widzialnym. Przeciwelektroda (katoda, CE) zbudowana jest z osadzonej na podłożu przewodzącym warstwy katalitycznej. Elektrolit jest roztworem zawierającym parę redukująco – utleniającą (najczęściej I^-/I_3^-), której zadaniem jest efektywne przenoszenie ładunku elektrycznego pomiędzy elektrodami.



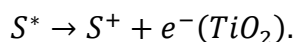
Rysunek 1. Schemat budowy barwnikowego ogniwa słonecznego

Mechanizm generacji nośników ładunku w ogniwie barwnikowym jest następujący (Rys. 2).

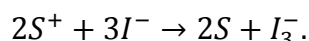
① Padające promieniowanie słoneczne zostaje zaabsorbowane przez cząsteczkę barwnika znajdującą się w stanie podstawowym. Elektron zostaje wzbudzony z najwyższego, obsadzonego orbitalu molekularnego (HOMO) do najniższego, nieobsadzonego orbitalu molekularnego (LUMO). Powoduje to powstanie stanu wzbudzonego barwnika



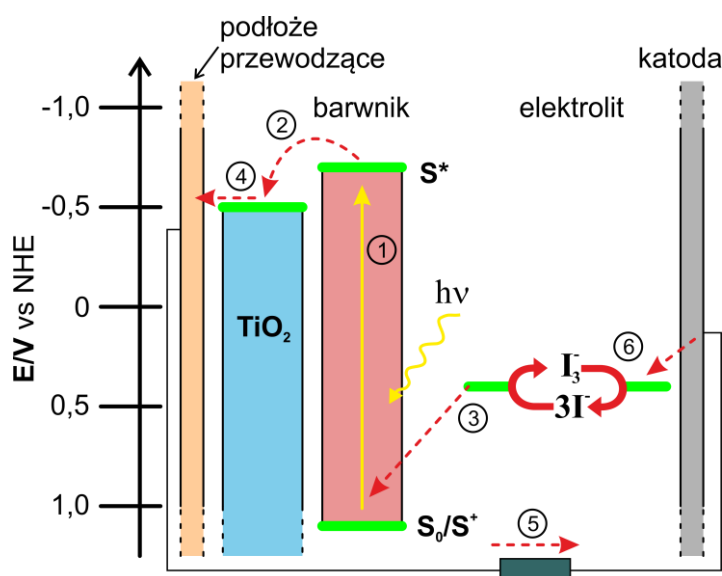
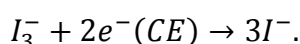
② Następnie zachodzi proces transferu elektronu ze wzbudzonej molekuly barwnika do pasma przewodnictwa TiO_2 ,



③ Utleniona molekula barwnika S^+ zostaje zregenerowana poprzez elektron przenoszony przez zredukowany jon I^- i wraca do stanu podstawowego S . Jednocześnie jon I^- zostaje utleniany do I_3^- ,



④ W tym samym czasie elektron znajdujący się w TiO_2 dyfunduje do przewodzącego podłoża, a stamtąd, przez zewnętrzne obciążenie, do przeciwelektrody ⑤, gdzie redukuje utleniony jon I_3^- do postaci I^- i zamyka obwód ⑥,



Rysunek 2. Schemat poziomów energetycznych oraz mechanizm działania barwnikowego ogniw słonecznego

Ogniwo działa dzięki odpowiedniemu dopasowaniu poziomów energetycznych związanych z poszczególnymi elementami ogniw, to jest:

- stan wzbudzony barwnika (LUMO) leży powyżej dna pasma przewodnictwa TiO_2 ,
- stan podstawowy barwnika (HOMO) leży poniżej poziomu związanego z potencjałem redoks elektrolitu.

Proces dysocjacji stanu wzbudzenia elektronowego na swobodne nośniki ładunku odbywa się na kontakcie pomiędzy barwnikiem a półprzewodnikiem. Następnie elektrony przechodzące przez warstwę półprzewodnika i zewnętrzne obciążenie tworzą płynący w obwodzie ogniwo-obciążenie prąd elektryczny. Bardzo duży wpływ na działanie i ostateczne parametry elektryczne ogniwa ma kinetyka reakcji chemicznych i procesów fizycznych, zachodzących w poszczególnych elementach ogniwa oraz na styku różnych materiałów. Procesy prowadzące do generacji fotoprądu zachodzą o wiele szybciej niż procesy rekombinacyjne czy relaksacyjne, ograniczające ten proces.

3. Materiały i sprzęt

- Dwutlenek tytanu w formie nanocząstek – AEROXIDE® TiO₂ P25 lub inny
- Woda dejonizowana
- Aceton
- Etanol lub izopropano
- Glikol etylenowy
- Jod
- Jodek potasu
- Stężony kwas octowy lub ocet spirytusowy
- Surfactant – Triton® X-100 lub zwykły detergent, np. płyn do mycia naczyń
- Barwnik – maliny, jagody itp.
- Przezroczyste szkło przewodzące
- Matowa, łatwo usuwalna taśma klejąca – Scotch Magic Tape 3M lub inna
- Szklana zlewka
- Szalka Petriego
- Pęseta
- Szklany pręt lub szkiełko podstawowe
- Metalowa lub plastikowa szpatułka
- Moździerz
- Folia aluminiowa
- Ręcznik papierowy lub chusteczki higieniczne
- Gąbka do mycia
- Nóż do cięcia szkła lub rysik diamentowy (opcjonalnie)
- Ołówek lub świeczka i zapalki
- Klipsy biurowe
- Pipeta szklana lub pipeta automatyczna
- Zakraplacz lub pipeta Pasteura
- Płyta grzewcza – rozgrzewająca się do minimum 450°C
- Suszarka lub opalark
- Multimetr uniwersalny
- Izolowane przewody elektryczne z zaciskami tzw. krokodylkami
- Lampa halogenowa
- Waga laboratoryjna (opcjonalnie)
- Myjka ultradźwiękowa (opcjonalnie)
- Stoper
- Okulary ochronne
- Rękawice ochronne

4. Środki bezpieczeństwa

Należy używać okularów ochronnych.

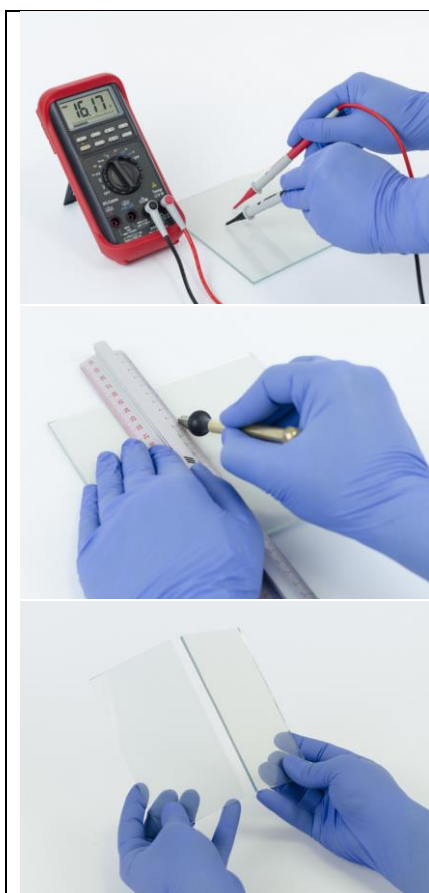
Dwutlenek tytanu może powodować podrażnienia skóry oraz oczu. Jest on także bardzo lotny, dlatego należy uważać, aby pył nie dostał się do górnych dróg oddechowych. Zaleca się stosowanie rękawic ochronnych.

Elektrolit zawiera jod, który działa drażniąco na skórę, oczy oraz układ oddechowy. Konieczne jest stosowanie rękawic ochronnych.

5. Budowa ogniwa

a. Szklane podłoże

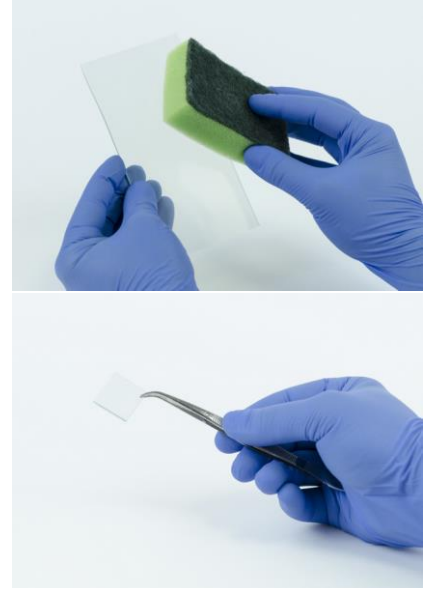
Jako podłoże w barwnikowych ogniwach słonecznych zazwyczaj wykorzystuje się płytę szklaną z naniesioną z jednej strony warstwą przezroczystego tlenku przewodzącego (TCO, *transparent conductive oxide glass substrate*), którą najczęściej stanowi tlenek cyny domieszkowany fluorem (FTO, *fluorine-doped tin oxide*, $\text{SnO}_2:\text{F}$). Takie podłoże nazywane jest szklanym przezroczystym podłożem przewodzącym, bądź w skrócie szkłem TCO lub szkłem FTO.



Warstwa przewodząca znajduje się tylko z jednej strony szklanego podłoża. Wykorzystując multimetr uniwersalny można łatwo zidentyfikować właściwości danej strony. W tym celu multimetr należy ustawić na pomiar oporu elektrycznego (symbol: Ω). Strona przewodząca powinna mieć rezystancję rzędu 10-30 Ω , natomiast rezystancja strony nieprzewodzącej będzie niemierzalnie duża. W trakcie budowy ogniwa wszystkie warstwy nakładane będą na stronę przewodzącą.

Inną metodą sprawdzenia, która strona jest przewodząca, jest zadrapanie szklanego podłoża plastikową szpatułką lub nawet paznokciem. Przewodząca strona to ta, która wydaje się być nieco szorstka. Warstwa TCO jest bardziej chropowata niż czyste szkło. Wizualnie, warstwa przewodząca jest lekko zamglona bądź mleczna.

W zależności od tego jakim rozmiarem płyt FTO dysponujemy oraz jakiego rozmiaru mają być budowane ogniwa, konieczne może okazać się przycięcie płyty za pomocą noża do cięcia szkła. Zaleca się zarysowanie szkła od strony warstwy TCO. Zazwyczaj do

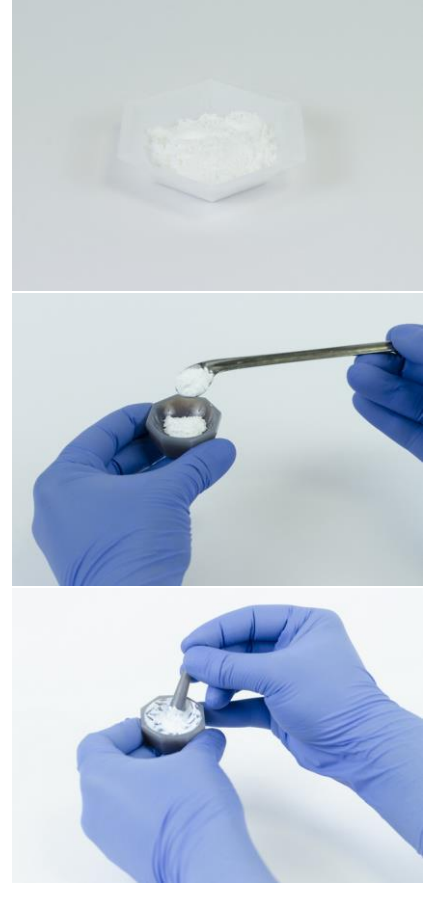
	<p>budowy ogniw wykorzystuje się płytki o wymiarach 2,5x2,5 cm.</p> <p>Przed przystąpieniem do nakładania warstw, szkło FTO musi być dokładnie oczyszczone. W tym celu należy je umyć używając detergentu (lub specjalnego środka do mycia szkła, np. Deconex[®]) oraz gąbki. Następnie opłukać wodą dejonizowaną, zanurzyć w zlewce z roztworem acetonu z etanolem (w stosunku objętościowym 1:1) i wstawić do myjki ultradźwiękowej na 15 min. Następnie wyjąć za pomocą pęsety i osuszyć w strumieniu ciepłego powietrza.</p>
---	---

Ważne jest, aby używać miękkiej, delikatnej gąbki tak, aby nie zarysować szkła FTO. Podczas suszenia strumień powietrza powinien opływać podłoże. Jeśli nie mamy do dyspozycji myjki ultradźwiękowej należy dokładnie oczyścić szkło za pomocą ww. roztworu oraz ręcznika papierowego. W trakcie mycia w ultradźwiękach można przystąpić do przygotowania pasty TiO_2

b. Elektroda tytanowa – fotoanoda

Elektroda tytanowa stanowi fotoanodę ogniwa. Zbudowana jest z warstwy dwutlenku tytanu, z zaadsorbowanym na jej powierzchni barwnikiem, osadzonej na podłożu FTO. To właśnie na tej elektrodzie zachodzi separacja nośników ładunku, która pełni najważniejszą rolę w efekcie fotowoltaicznym. Cząstki TiO_2 powinny mieć średnicę rzędu 10-50 nm. Dzięki temu otrzymana warstwa będzie silnie porowata – jej powierzchnia rzeczywista będzie kilkaset razy większa niż powierzchni płaskiej o tych samych wymiarach. Pozwoli to na adsorpcję na powierzchni TiO_2 większej ilości molekuł barwnika oraz ułatwi penetrację warstwy przez światło i elektrolit.

Przygotowanie pasty TiO_2

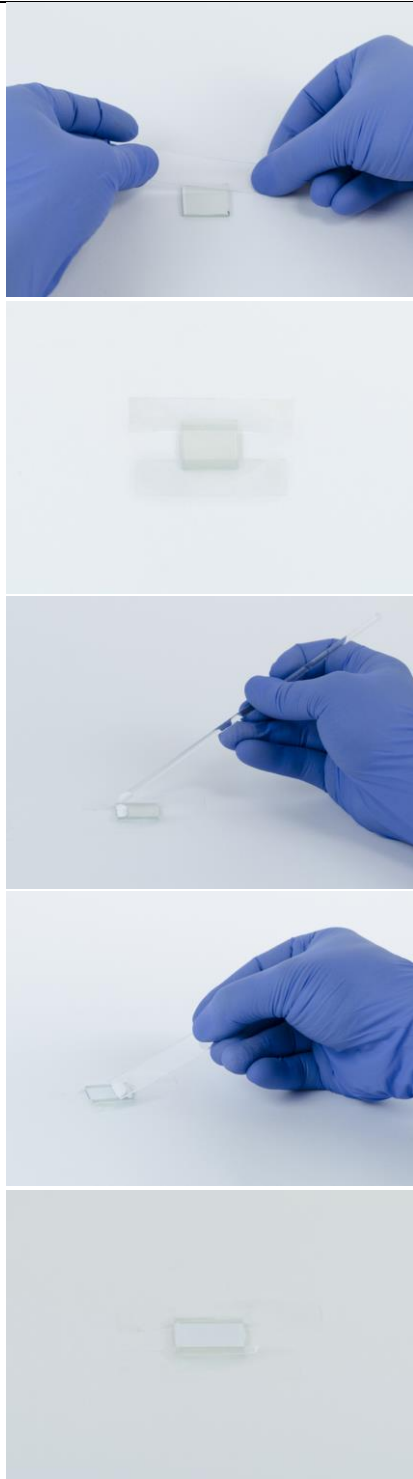
	<p>Używając kawałka folii aluminiowej bądź naczynka wagowego odważyć 2 g dwutlenku tytanu, następnie wsypać je do moździerza. Przygotować 0,035 M roztwór wody dejonizowanej z kwasem octowym (0,1 ml stężonego CH₃COOH rozpuścić w 50 ml wody dejonizowanej). Delikatnie ucierając w moździerzu proszek TiO₂ dodawać przygotowany roztwór do momentu, aż otrzymamy dość rzadką pastę o jednorodnej konsystencji, jak np. farba lateksowa (około 3 ml roztworu na 2 g TiO₂). Ważne jest, aby w trakcie ucierania pasta nie została spieniona oraz aby nie pojawiły się w niej bąbelki powietrza. W końcowym etapie ucierania pasty należy dodać kroplę surfaktantu (Triton[®] X-100 lub płyn do mycia naczyń – najlepiej bezbarwny). Pozwoli to na zmniejszenie napięcia powierzchniowego przygotowanej pasty oraz ułatwi równomierne pokrycie pastą szkła FTO. Cały proces powinien trwać co najmniej 30 min.</p>
--	--

Przygotowaną pastę przykryć folią aluminiową lub przełożyć do zamykanego pojemniczka i pozostawić na 15 min. W tym czasie można przygotować przeciwelektrodę.

Jeśli kwas octowy nie jest dostępny można przygotować roztwór wody dejonizowanej z octem spirytusowym o pH 3-4 (około 1 ml octu rozpuścić w 50 ml wody). Zamiast przygotowywania własnej pasty można kupić gotową pastę TiO₂ lub, jeśli nie mamy dostępu do TiO₂ wykorzystać pastę do zębów zawierającą w składzie TiO₂ oraz nie zawierającą elementów ściernych (np. pasta Sensodyne[®]).

Pokrywanie podłoża pastą TiO₂

Najprostszą i zarazem najczęściej wykorzystywaną techniką osadzania pasty TiO₂ na podłożu przewodzącym jest tak zwana technika „doctor blade”. Technika ta polega na rozprowadzeniu pasty na podłożu za pomocą twardego przedmiotu zakończonym równą, ostrą krawędzią, np. żyletki, twardej rakli lub po prostu za pomocą szkiełka podstawowego czy szklanego pręta. W technice tej grubość wytwarzanej warstwy determinowana jest przez grubość przekładki umieszczonej po obu stronach podłoża. W tym celu wykorzystuje się taśmę klejącą. Zaleca się stosowanie matowej, łatwo usuwalnej taśmy klejącej Scotch Magic Tape 3M, która po odklejeniu nie pozostawia śladów kleju.



Na szklane podłoże (umieszczone na stole warstwą przewodzącą ku górze) nakleić równoległe dwa paski taśmy, zakrywając około 5-7 mm szkła. Porcję pasty TiO_2 nanieść na powierzchnię szkła, pomiędzy paskami taśmy, przy górnej krawędzi. Następnie, trzymając szkiełko podstawowe pod kątem około 45° do poziomu, opierając je na taśmie, płynnym ruchem rozprowadzić pastę po całej powierzchni szkła FTO. Powtórzyć czynności, aż do momentu uzyskania równomiernej warstwy. Następnie ostrożnie odkleić taśmę.

Krawędzie szkła zakryte taśmą posłużą w późniejszym etapie jako kontakty elektryczne. Zamiast szkiełka podstawowego można użyć szklanego pręta, należy jednak pamiętać, aby nie obracać nim podczas rozprowadzania pasty.

Końcowym etapem przygotowania elektrody tytanowej jest jej wypalenie. W efekcie otrzymujemy warstwę spieczonych ze sobą nanocząstek TiO_2 . Proces ten zapewnia również kontakt elektryczny pomiędzy nanocząstkami, a także ich dobrą przyczepność (adhezję) do podłoża FTO.

Umieścić świeżo pokrytą płytkę szklaną na płycie grzewczej (lub w piecu) o temperaturze pokojowej. Następnie ustawić temperaturę na 450°C . Podczas nagrzewania, zaobserwować można zmianę koloru warstwy TiO_2 z białego na brązowy/żółty oraz unoszący się dym, a także poczuć charakterystyczny zapach tłącego się węgla. Związane jest to z odparowaniem oraz wypalaniem się nietoksycznych substancji chemicznych użytych do wytworzenia pasty, między innymi wody oraz węgla. Po 15-20 minutach warstwa znów przybiera kolor biały, co oznacza, że proces wypalania dobiegł końca. Przed zdjęciem elektrody tytanowej z płyty grzewczej należy poczekać, aż schłodzi się ona do temperatury poniżej 100°C . Gwałtowna zmiana temperatury może spowodować powstanie

silnych naprężeń w szklanej płytce i doprowadzić do jej pęknięcia.

c. Barwienie elektrody tytanowej

Dwutlenek tytanu jest półprzewodnikiem o białym kolorze, który nie absorbuje promieniowania elektromagnetycznego z zakresu widzialnego. W związku z tym należy zabarwić tytan barwnikiem, który absorbuje promieniowanie światła w zakresie widzialnym. Oprócz szerokiej gamy komercyjnie dostępnych barwników syntetycznych z powodzeniem wykorzystać można barwniki naturalne. Znakomitym źródłem naturalnych pigmentów są zielone rośliny oraz ich owoce i kwiaty. Szczególnie dobrze w barwnikowych ogniwach słonecznych sprawdzają się pigmenty znajdujące się w malinach czy jagodach. Barwienie elektrody zachodzi na skutek adsorpcji molekuł barwnika na powierzchni TiO_2 . Aby proces ten był możliwy barwnik powinien posiadać tak zwane grupy przyłączające, którymi w tym przypadku są grupy karboksylowe, karbonylowe oraz hydroksylowe. Jako naturalne barwniki można stosować między innymi: szpinak, kurkumę, maliny, jagody, jeżyny, czerwone wino, płynny chlorofil, kwiat hibiskusa, różnego rodzaju herbatę. Zachęcamy do poszukiwania nowych potencjalnych barwników naturalnych.



Proces barwienia odbywa się poprzez zanurzenie elektrody TiO_2 w danym barwniku. Kilka świeżych malin umieścić w szalce Petriego i rozgnieść metalową szpatułką (jeżeli nie dysponujemy świeżymi owocami to z powodzeniem wykorzystać można konfiturę). Następnie zanurzyć elektrodę w owocach, warstwę TiO_2 do dołu. Delikatnie docisnąć, tak aby cała powierzchnia tytanu została zanurzona. Barwienie może trwać od kilku minut do kilku godzin. Im dłuższy czas tym więcej molekuł barwnika zostanie zaadsorbowanych na powierzchni tytanu, a zatem tym silniej zostanie on zabarwiony. Wyjąć zabarwioną elektrodę i ostrożnie opłukując etanolem oczyścić z resztek owoców. Następnie poczekać kilka minut aż etanol odparuje lub delikatnie osuszyć elektrodę w strumieniu ciepłego powietrza. Elektroda powinna przybrać fioletowo-czerwony kolor. Jeśli nie, ponownie zanurzyć ją w barwniku.

Wykorzystując barwnik w formie proszku należy wsypać niewielką jego ilość do szklanej zlewki z etanolem, a następnie umieścić w niej elektrodę, warstwę TiO_2 do



góry. Mając do dyspozycji herbatę należy zaparzyć ją w zlewce z etanolem. W celu efektywniejszego wydobycia ekstraktu herbaty można postawić zlewkę na płycie grzewczej i podgrzać do około 40-50°C. Po kilkunastu minutach roztwór jest gotowy. Zdjąć zlewkę z płyty grzewczej i umieścić w niej elektrodę, warstwę TiO_2 do góry. W obydwóch przypadkach po wyjęciu elektrody z roztworu należy ją dokładnie opłukać etanolem i ostrożnie osuszyć. Pozwoli to na usunięcie pozostałości barwnika, który nie zaadsorbowany na powierzchni tytanu.

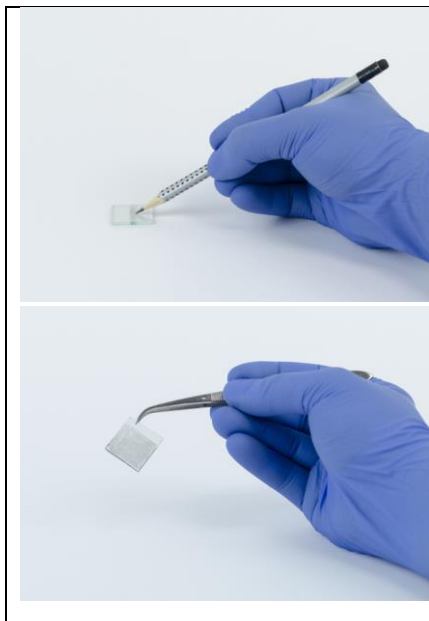


Pigmentami odpowiedzialnym za przyjmowanie przez kwiaty czy inne części wielu roślin barw od czerwonej po fioletową są antocyjanidyny. Jednakże nie wszystkie rośliny zawierające te związki organiczne sprawdzają się jako dobre pigmenty w barwnikowych ogniwach słonecznych. Przykładem mogą być truskawki oraz winogrona. Jest to związane z koniecznością występowania odpowiednich grup przyłączających.

d. Elektroda węglowa – przeciwelektroda

Każde ogniwo do prawidłowego działania, oprócz fotoanody, wymaga także drugiej elektrody nazywanej katodą lub przeciwelektrodą. Stanowi ją cienka, zwykle prawie niewidoczna warstwa katalityczna osadzona na podłożu FTO. Jednym z najlepszych materiałów katalitycznych, dostarczających najwyższych wydajności fotokonwersji, jest platyna. Alternatywą dla niej jest o wiele tańszy węgiel, który również wykazuje aktywność katalityczną. Elektroda węglowa zapewnia dużo niższe wydajności, ale jest o wiele tańsza i prostsza do wykonania. Poniżej przedstawiono dwie praktyczne metody wytwarzania elektrody węglowej.

Wykorzystaj ołówek



Ogólnodostępnym źródłem węgla jest np. ołówek. Przygotuj kolejny kawałek szkła FTO. Wykorzystując miękki lub średnio twardy ołówek (oznaczenie B lub HB) zamaluj powierzchnię przewodzącą, przy jednej z krawędzi pozostawiając niezamalowany pasek o szerokości kilku milimetrów (posłuży on za drugi kontakt). W ten sposób naniesiona została cienka warstwa grafitu. Nie jest konieczne, aby warstwa ta była gruba, ponieważ już niewielka ilość węgla wykazuje dostateczną aktywność katalityczną.

Wykorzystaj świeczkę



Innym sposobem na uzyskanie elektrody węglowej jest osadzenie sadzy z płonącej świeczki. Zapal świeczkę i trzymając pęsetą szkło FTO stroną przewodzącą do dołu, umieść je kilka centymetrów nad płomieniem. Węgiel pochodzący z procesu spalania wosku jest przenoszony przez dym i osadzany na powierzchni przewodzącej w postaci sadzy. Tutaj również przy jednej z krawędzi pozostaw czysty pasek o szerokości kilku milimetrów. Proces ten jest stosunkowo szybki więc należy być czujnym. Jednorodna szara bądź czarna warstwa jest wystarczająca, jednakże jest ona bardzo delikatna i łatwą ją zarysować czy zmasać. Przed przystąpieniem do dalszych prac pozostaw elektrodę do ochłodzenia.

e. Łączenie elektrod

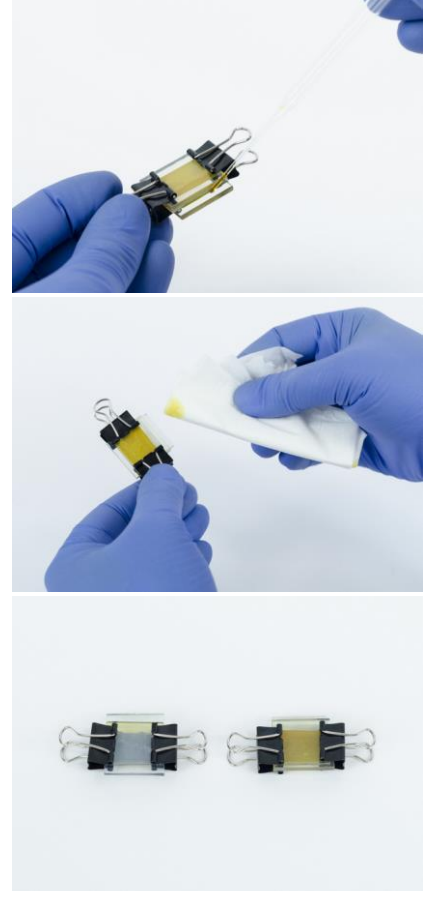
Kiedy obie elektrody są już gotowe można przystąpić do składania ogniwa słonecznego.



Świeżo przygotowane elektrody należy złączyć razem warstwami aktywnymi do siebie. Należy to zrobić w ten sposób aby warstwa katalityczna w całości zakrywała warstwę TiO_2 z barwnikiem. Przestrzeń pomiędzy szklanymi płytkami wypełni elektrolit. Elektrody powinny być przesunięte względem siebie w taki sposób, aby niepokryte warstwami aktywnymi paski elektrody FTO przeznaczone na kontakty elektryczne wystawały na zewnątrz. Stosując klipsy biurowe połączyć ze sobą elektrody. Tak przygotowane ogniwo powinno być natychmiast wypełnione elektrolitem.

f. Wypełnianie elektrolitem

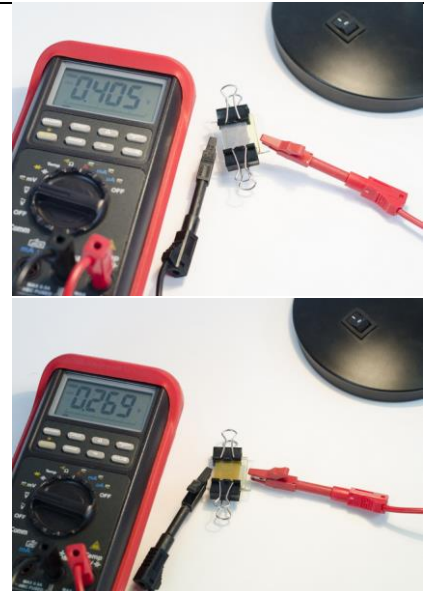
Ostatnim etapem budowy ogniwa barwnikowego jest wypełnienie przestrzeni pomiędzy elektrodami ciekłym elektrolitem. Ważne jest, aby zrobić to możliwie najszybciej po wykonaniu i złączeniu elektrod. Zbyt długi kontakt zabarwionej fotoanody z powietrzem i wilgocią może prowadzić do jej degradacji. Elektrolit zawiera jony redoks I^-/I_3^- , które przenoszą ładunek elektryczny pomiędzy przeciwelektrodą a barwnikiem. Zazwyczaj stosowane są mieszaniny jodków takich jak LiI, NaI, KI z jodem rozpuszczone w organicznych rozpuszczalnikach aprotycznych.

	<p>Bezpośrednio po złączeniu elektrod klipsami biurowymi przystąpić do wypełniania ogniwa elektrolitem. W tym celu wykorzystując zakraplacz bądź pipetę Pasteura należy nabrać niewielką ilość elektrolitu i nanieść kilka kropel w miejscu, gdzie łączą się ze sobą szklane płytki. Na skutek zjawiska kapilarnego elektrolit zostanie wciągnięty do wnętrza ogniwa. Jeśli to konieczne, powtarzać czynność do momentu, aż cała wewnętrzna powierzchnia ogniwa zostanie zwilżona elektrolitem. Za pomocą ręcznika papierowego dokładnie wytrzeć resztki elektrolitu, ostrożnie manipulując ogniwem – tak aby nie doszło do kontaktu elektrolitu ze skórą. Jako elektrolit wykorzystać roztwór o stężeniu 0,1 M KI i 0,05 M I₂ w glikolu etylenowym.</p>
--	---

Barwnikowe ogniwo słoneczne jest gotowe do działania i można przystąpić do pomiaru parametrów elektrycznych.

6. Testowanie ogniwa

Ostatnim etapem, który podsumowuje i jednocześnie ocenia jakość przeprowadzonych prac laboratoryjnych jest testowanie ogniwa.

	<p>Wykorzystując zaciski krokodylkowe podłączyć multimetr uniwersalny do elektrod ogniwa. Zacisk ujemny do fotoanody (elektrody tytanowej), a zacisk dodatni do katody (elektrody węglowej). Oświetlić ogniwo i następnie ustawiając miernik na pomiar napięcia stałego (lub wykorzystując woltomierz) można zmierzyć napięcie obwodu otwartego ogniwa. W zależności od wykorzystanych materiałów (głównie barwnika i elektrolitu) oraz źródła światła napięcie powinno wynosić około 0,5 V. Zmieniając ustawienia miernika na pomiar prądu stałego (lub wykorzystując amperomierz) można zmierzyć prąd zwarcia ogniwa.</p>
---	---

Ze względu na widmo emitowanego promieniowania zaleca się stosowanie inkadescencyjnych źródeł światła (np. lampa halogenowa) zamiast źródeł fluorescencyjnych (np. świetlówka kompaktowa). Parametry elektryczne ogniwa będą silnie zależeć od mocy i rodzaju źródła światła, a także będą się zmieniały wraz z upływem czasu. Związane jest to z degradacją ogniwa oraz odparowywaniem elektrolitu.