



UNIwersytet  
Warszawski

Wydział Chemii



**Prof. dr hab. Magdalena Skompska**

E-mail: [mskomps@chem.uw.edu.pl](mailto:mskomps@chem.uw.edu.pl)

Tel. 22 55 26411

Warszawa, 20 maja 2021 r.

### **Ocena osiągnięcia naukowego zatytułowanego**

*Nowe nanokompozyty półprzewodnikowe o właściwościach fotokatalitycznych*

**oraz dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego doktor Eweliny**

**Grabowskiej w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego doktora**

**habilitowanego**

### **Informacje ogólne o Kandydatce**

Pani doktor Ewelina Grabowska-Musiał ukończyła studia na Wydziale Chemicznym Politechniki Gdańskiej w roku 2007. Pracę magisterską pt.: „*Otrzymywanie i aktywność fotokatalityczna tlenku tytanu domieszkowanego borem*” wykonała pod kierunkiem prof. dr hab. . Adriany Zaleskiej-Medyńskiej. Stopień doktora nauk chemicznych w zakresie technologii chemicznej Habilitantka uzyskała w 2011 r., na podstawie rozprawy doktorskiej pt.: „*Otrzymywanie nowych fotokatalizatorów o podwyższonej aktywności w świetle UV oraz VIS*”, wykonanej na Politechnice Gdańskiej, również pod opieką promotorską prof. dr hab. Adriany Zaleskiej-Medyńskiej. Od roku 2012 dr Ewelina Grabowska-Musiał jest zatrudniona na stanowisku adiunkta na Wydziale Chemii Uniwersytetu Gdańskiego, w Katedrze Technologii Środowiska.

Całkowity naukowy dorobek publikacyjny dr Eweliny Grabowskiej-Musiał obejmuje 28 prac wieloautorskich i 1 samodzielną pracę przeglądową – wszystkie ukazały się w czasopiśmie z listy JCR. Sumaryczna wartość IF tych prac wynosi 123,15 (IF zgodnie z rokiem opublikowania) lub 166,57 (wartość obliczona na podstawie 5-letniego IF), a sumaryczna liczba cytowań (bez autocytowań) według bazy Web of Science wynosi 1166, czyli średnio ponad 40 cytowań na pracę, co jest bardzo dobrym rezultatem. Wartość indeksu Hirscha Habilitantki wynosi 15 (wg bazy Web of Science). Wszystkie te dane

pochodzą z listopada 2020, natomiast w maju 2021 liczba cytowań Habilitantki wzrosła do około 1400.

### **Ocena osiągnięcia habilitacyjnego**

Na osiągnięcie habilitacyjne pt.: „*Nowe nanokompozyty półprzewodnikowe o właściwościach fotokatalitycznych*” składa się cykl 9 powiązanych ze sobą tematycznie publikacji (oznaczonych symbolami P1–P9), zamieszczonych w renomowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym. Dwie z tych prac zostały opublikowane w: *Applied Surface Science* (5-letni IF= 5.141), 2 prace w *Journal of Molecular Catalysis A* (5-letni IF=4,332), i po jednej w *Applied Catalysis B* (5-letni IF=14,443), *Journal of Catalysis* (IF=7,918), *Molecular Catalysis* (IF=3,690), *International Journal of Hydrogen Energy* (IF=4,469), *Materials* (IF=3,424).

Wszystkie prace są wieloautorskie (w większości 5 współautorów), jednak z deklaracji przedłożonych przez dr E. Grabowską–Musiał oraz załączonych oświadczeń współautorów jednoznacznie wynika wiodąca rola Habilitantki w opracowaniu koncepcji badań, syntezie i charakterystyce opracowanych fotokatalizatorów, interpretacji wyników oraz przygotowaniu manuskryptów. We wszystkich tych pracach dr Grabowska-Musiał pełniła rolę autora korespondencyjnego, a w czterech jest również pierwszym autorem. Wśród współautorów jest troje doktorantów, w przewodach których Habilitantka pełniła, lub pełni obecnie rolę promotora pomocniczego. We wszystkich pracach współautorem jest również prof. Adriana Zaleska-Medyńska, ale z dołączonego przez nią oświadczenia wynika, że jej udział w publikacjach polegał głównie na dyskusjach wyników i korekcie manuskryptów.

Sumaryczna wartość IF (5-letniego) prac wchodzących w skład osiągnięcia habilitacyjnego wynosi 52,8, a łączna liczba ich cytowań (bez autocytowań) wynosi 260 (uaktualnione przeze mnie dane z Web of Science z maja 2021). Daje to bardzo dobrą wartość średnią 30 cytowań na pracę, biorąc pod uwagę fakt, że publikacje te pochodzą z ostatnich pięciu lat. Przytoczone dane bibliometryczne świadczą o wysokim poziomie prowadzonych przez Habilitantkę badań i znacznym oddźwięku ich rezultatów w środowisku naukowym.

Prace przedstawione do oceny jako osiągnięcie habilitacyjne ukierunkowane są na otrzymywanie i charakterystykę materiałów półprzewodnikowych modyfikowanych nanocząstkami metali szlachetnych, w celu uzyskania układów hybrydowych aktywnych fotokatalitycznie w zakresie UV-Vis i w świetle widzialnym. Głównymi obiektami badań były dwa półprzewodniki:  $\text{TiO}_2$  (w sześciu pracach) i  $\text{SrTiO}_3$  (w trzech pracach) lub ich kompozyty. Oba te materiały są bardzo popularnymi fotokatalizatorami, a zwłaszcza  $\text{TiO}_2$ , na temat którego opublikowano tysiące prac. Modyfikacja półprzewodników nanocząstkami metali szlachetnych jest również dobrze znanym podejściem, stosowanym w celu lepszej separacji



fotowogenerowanych par elektron-dziura lub/i wykorzystania efektu plazmonowego. Dlatego początkowo pewne zdziwienie wzbudziło we mnie zawarte w tytule określenie „nowe nanokompozyty”. Z lektury załączonych prac wynika jednak, że elementami nowości naukowej było zaproponowanie nieopisanych wcześniej w literaturze metod otrzymywania fotokatalizatorów (m.in. z cieczy jonowych), skorelowanie mechanizmu fotodegradacji z określoną strukturą krystalograficzną badanych półprzewodników (dekaedry i mikrosfery  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SrTiO}_3$ , kostki  $\text{KTaO}_3$ ) i modyfikacja tych materiałów nanocząstkami bimetalicznymi.

W mojej ocenie bardzo dobrym wyborem modelowego związku, zastosowanego do określenia aktywności fotokatalitycznej wytworzonych układów, był fenol. Należy on do zanieczyszczeń dość trudno degradowalnych, a dodatkowo jego rozkład może odbywać się kilkoma alternatywnymi ścieżkami. Dlatego też, do oceny aktywności fotokatalitycznej w literaturze stosowane są zazwyczaj związki sprawiające mniej problemów. Habilitantka nie tylko stawiała czoła trudniejszemu wyzwaniu, ale również zastosowała fenol znakowany izotopowo (fenol- $1\text{-}^{13}\text{C}$ ), co umożliwiło Jej szczegółowo określić ścieżkę fotokatalitycznego rozkładu tego zanieczyszczenia, a szczególnie drogę reakcji prowadzącej do otwarcia pierścienia aromatycznego. Z kolei zastosowanie różnorodnych zmiataczy ładunku pomogło w ustaleniu jakie indywidua są odpowiedzialne za proces degradacji fenolu. Wszystkie badania fotokatalityczne zostały zrealizowane bardzo starannie, a produkty zachodzących reakcji były identyfikowane z wykorzystaniem chromatografii sprzężonej ze spektrometrem mas.

Ciekawą propozycją było również zastosowanie przez Habilitantkę układów bimetalicznych ( $\text{Ag}/\text{Au}$ ,  $\text{Ag}/\text{Pt}$ ,  $\text{Ag}/\text{Pd}$ ,  $\text{Au}/\text{Pt}$ ,  $\text{Au}/\text{Pd}$  oraz  $\text{Pt}/\text{Pd}$ ) do modyfikacji  $\text{TiO}_2$  dekaedrycznego i w postaci mikrosfer (prace P-1 - P-4). Aktywność fotokatalityczna tych układów została skorelowana z wielkością, rodzajem i sposobem osadzenia nanocząstek bimetalicznych na powierzchni półprzewodnika. Możliwość wytworzenia stopów lub układów rdzeń-powłoka została uzasadniona różnicami w wartościach energii powierzchniowej obu łączonych ze sobą metali i ich standardowego potencjału redoks.

W pracy [P-5] półprzewodniki  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SrTiO}_3$  i  $\text{KTaO}_3$  zostały zmodyfikowane kropkami kwantowymi  $\text{CdTe}$  i nanocząstkami  $\text{Pt}$  w celu wytworzenia układu hybrydowego do fotoutlenienia toluenu w świetle widzialnym. Cel został osiągnięty, bowiem jeden z wytworzonych układów  $\text{KTaO}_3/\text{CdTe}-\text{Pt}$  prowadził do 56% zmniejszenia stężenia toluenu w badanym roztworze w ciągu 30 min. Szkoda jednak, że nie została określona stabilność nanocząstek  $\text{CdTe}$ , bowiem wiadomo, że półprzewodnik ten ulega fotokorozji, której produktem są szkodliwe jony  $\text{Cd}^{2+}$ .

Nowatorskim rozwiązaniem było opracowanie przez Habilitantkę metody syntezy  $\text{SrTiO}_3$  metodą solwotermalną w obecności cieczy jonowej - bromku 1-butylo-3-metylo-

imidazoliowego ([BMIM][Br]) i modyfikacja tego półprzewodnika nanocząstkami Pt, w celu uzyskania fotokatalizatora aktywnego w reakcji wydzielania wodoru (praca [P-8]). Ciekawym wynikiem tych badań było stwierdzenie różnic w wielkościach i rozkładzie nanocząstek Pt osadzonych na półprzewodnikach przygotowanych w obecności cieczy jonowej i bez niej.

Wszystkie wytworzone fotokatalizatory i układy hybrydowe wytworzone przez Habilitantkę zostały zbadane różnorodnymi metodami fizykochemicznymi: XRD, XPS, FTIR, spektroskopią Ramana, fotoluminescencji, metodami obrazowania powierzchni (SEM i HR-TEM) z mapowaniem EDS, co pozwoliło na kompleksową charakterystykę tych układów. Bardzo wysoko oceniam rzetelność dyskusji uzyskanych wyników eksperymentalnych.

Podsumowując, do najważniejszych osiągnięć dr Eweliny Grabowskiej-Musiał zaliczam:

- wykazanie, że aktywność fotokatalityczna półprzewodników modyfikowanych na powierzchni metalami szlachetnymi zależy od metody syntezy nanocząstek, rodzaju i stężenia zastosowanych prekursorów metali.
- wyjaśnienie ścieżki fotokatalitycznego rozkładu fenolu w obecności fotokatalizatorów ( $\text{TiO}_2$  w postaci dekaedrów oraz mikrosfer  $\text{SrTiO}_3$ ), dzięki zastosowaniu fenolu znakowanego izotopowo,
- opracowanie metody otrzymywania tytanianu strontu w obecności cieczy jonowej, i modyfikacji nanocząstkami Pt, oraz ustalenie wpływu cieczy jonowej stosowanej do syntezy półprzewodnika na morfologię i dystrybucję nanocząstek Pt,
- opracowanie metody syntezy tantalanu srebra w obecności czterech różnych cieczy jonowych i wyjaśnienie ich wpływu na aktywność fotokatalityczną wydzielania wodoru w obecności układu  $\text{AgTaO}_3/\text{Pt}$ .

Najważniejsze wyniki, zostały również opisane przez Habilitantkę w Autoreferacie. Został on przygotowany bardzo starannie i stanowi bardzo dobry przewodnik ułatwiający poznanie najważniejszych aspektów prowadzonych przez Nią badań. Jednak w kilku miejscach Autorka nie ustrzegła się pewnych uproszczeń i niefortunnnych określeń. Na przykład, sformułowanie na stronie 9: „powstawanie anionorodników tlenowych ( $\text{O}_2^{\cdot-}$ ), które utleniają związki organiczne do produktów pośrednich..” jest dużym skrótem myślowym, bowiem proces ten nie przebiega bezpośrednio, ale poprzez dalszą transformację anionorodników nadtlennokowych w tlen singletowy lub w rodniki hydroksylowe.

Na stronie 16 autoreferatu Autorka pisze o otrzymaniu „nanostruktur półprzewodnikowych typu *p-n* poprzez połączenie półprzewodnika typu-*p* ( $\text{TiO}_2$ ) z półprzewodnikiem typu-*n* (np.  $\text{SrTiO}_3$ )..”, podczas gdy  $\text{TiO}_2$  jest półprzewodnikiem typu-*n*, podobnie jak  $\text{SrTiO}_3$  (o ile nie zostanie odpowiednio zdomieszkowany).



Mam również uwagę do Rysunku 12 ze strony 29 (jest to jednocześnie Rys. 7 z publikacji P-9) - nie rozumiem dlaczego na diagramie energetycznym układu hybrydowego, w przypadku Pt wyodrębnione zostały dwa poziomy rozseparowane przerwy energetyczną.

Wymienione powyżej uwagi krytyczne nie wpływają jednak na moją bardzo pozytywną ocenę merytoryczną pracy. Uważam, że osiągnięcie habilitacyjne dr Eweliny Grabowskiej-Musiał reprezentuje wysoki poziom, stanowi istotne osiągnięcie naukowe, poszerza wiedzę o procesach fotokatalitycznych z udziałem  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SrTiO}_3$  i  $\text{AgTaO}_3$ , modyfikowanych nanocząstkami metali i układami bimetalicznymi, a także o przebiegu reakcji rozkładu fenolu w obecności fotokatalizatorów.

W Autoreferacie Habilitantka przedstawiła również swoje plany badawcze na najbliższe lata. Planuje Ona zająć się materiałami wielofunkcyjnymi, bazującymi na grafenie, modyfikowanymi nanocząstkami metalicznymi. Nie jest to jednak tematyka nowa, a oczekiwałabym od młodych naukowców z odpowiednim doświadczeniem badawczym, podejmowania całkiem nowych, ambitnych i nietuzinkowych wyzwań. Co prawda wielu naukowców unika takich wyzwań, bowiem niosą za sobą jakieś ryzyko niepowodzenia. Może pomógłby w tym habilitantce długoterminowy staż zagraniczny, który jest zazwyczaj bardzo ważnym etapem na drodze naukowego rozwoju. Z przedłożonych materiałów wynika, że Habilitantka dotychczas zrealizowała tylko jeden krótki pobyt naukowy w *Universite Paris Sud, Laboratoire de Chimie Physique* w Orsay (Francja), związany z modyfikacją  $\text{TiO}_2$  nanocząstkami bimetalicznymi.

### **Ocena pozostałego dorobku naukowego**

Przed uzyskaniem stopnia doktora Pani dr Ewelina Grabowska-Musiał była współautorką pięciu prac. Dorobek Habilitantki po doktoracie uległ znacznemu powiększeniu i oprócz prac stanowiących osiągnięcie habilitacyjne obejmuje on 15 publikacji w bardzo dobrych lub dobrych czasopismach naukowych, w tym jedną samodzielną pracę przeglądową o dużej liczbie cytowań (267). Habilitantka jest również współautorką czterech rozdziałów w monografiach (wydawnictwa Springer-Verlag, Elsevier i dwie InTech Open Access Publisher). Jest również współautorką trzech patentów krajowych i dwóch zagranicznych, a prototyp urządzenia do oczyszczania powietrza, opracowany zespołowo z Jej udziałem, został wyróżniony w roku 2014 złotymi medalami na Targach Innowacyjności i wynalazczości w Brukseli.

Wyniki swoich badań naukowych Habilitantka zaprezentowała na 55 konferencjach krajowych i zagranicznych, ale tylko dwie z tych prezentacji miały formę ustną, co nie jest najlepszym wynikiem jak na ten etap rozwoju naukowego. Habilitantka udowodniła natomiast, że potrafi zdobywać fundusze na realizację swoich projektów badawczych. W

przeszłości była kierownikiem dwóch grantów naukowych: SONATA (grant NCN): „*Badanie mechanizmu degradacji zanieczyszczeń na modyfikowanych płaszczyznach {101} i {001} TiO<sub>2</sub>*” oraz Juventus Plus (MNiSzW) „*Otrzymywanie i charakterystyka nanokompozytów TiO<sub>2</sub>/SrTiO<sub>3</sub> modyfikowanych metalami szlachetnymi*”, a obecnie kieruje projektem OPUS (NCN): „*Nowe materiały półprzewodnikowe do fotokatalitycznego generowania wodoru: mechanizm formowania w obecności cieczy jonowych*” (2018-2021). Była również kierownikiem części projektu NCN, dotyczącego hydrotermalnej syntezy TiO<sub>2</sub> w obecności cieczy jonowych.

Działalność naukowa dr Eweliny Grabowskiej została doceniona przez różne gremia. W roku 2013 otrzymała nagrodę za wybitne osiągnięcia naukowe młodych pracowników Wydziału Chemii UG, a w latach 2015 i 2017 nagrodę zespołową II stopnia Rektora UG za szczególne osiągnięcia naukowe. W roku 2015 otrzymała również stypendium Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego dla wybitnych młodych naukowców.

Habilitantka prowadzi ożywioną współpracę z zespołami badawczymi w kraju (IChF PAN w Warszawie, UMK w Toruniu, Instytut Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku i Wydział Chemii PG) oraz dwoma ośrodkami zagranicznymi (z Francji i Włoch), co znajduje potwierdzenie w nazwiskach współautorów opublikowanych prac.

### **Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej**

Działalność dydaktyczną dr Ewelina Grabowska-Musiał realizuje w Katedrze Technologii Środowiska na UG, prowadząc wykłady, ćwiczenia audytoryjne oraz laboratoria dla studentów II stopnia na kierunkach Chemia, Ochrona Środowiska, Biznes i Technologia Ekologiczna oraz Kryminalistyka. Jest autorką licznych materiałów dydaktycznych, w tym skryptu do ćwiczeń laboratoryjnych. Była opiekunem 8 prac magisterskich i trzech licencjackich. Pięciokrotnie pełniła rolę przewodniczącej komisji egzaminu dyplomowego. Habilitantka ma również doświadczenie w pracy z doktorantami – była promotorem pomocniczym dwóch rozpraw doktorskich, zakończonych obronami w roku 2017 i 2018, a obecnie jest promotorem pomocniczym trzeciej pracy. Doświadczenie zdobyte w kierowaniu pracą młodych naukowców będzie zapewne bardzo pomocne przy tworzeniu przez nią własnej grupy badawczej.

Habilitantka włącza się również w działania mające na celu popularyzację nauki, choć na tym polu jej osiągnięcia są znacznie skromniejsze – z materiałów wynika, że prowadziła jedynie zajęcia warsztatowe w trakcie „Dni otwartych” na Wydziale Chemii.



## **Wniosek końcowy**

Po zapoznaniu się z pełną dokumentacją wniosku, pozytywnie oceniam osiągnięcie habilitacyjne i pozostały dorobek naukowy dr Eweliny Grabowskiej-Musiał. Swoimi badaniami Habilitantka wniosła istotny wkład w rozwój wiedzy na temat układów hybrydowych półprzewodnik/nanocząstki metali i wpływu różnych parametrów na ich aktywność fotokatalityczną. Kandydatka prowadzi również różnorodną działalność dydaktyczną oraz stara się uczestniczyć w pracach o charakterze popularyzatorskim na rzecz Uczelni.

Biorąc pod uwagę wszystkie aspekty działalności dr Eweliny Grabowskiej-Musiał stwierdzam, że zostały spełnione wymagania związane z procedurą habilitacyjną, określone w Ustawie o stopniach i tytule naukowym. Wnoszę zatem o dopuszczenie dr Eweliny Grabowskiej-Musiał do dalszych etapów procedury w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego.



Magdalena Skompska