

**Recenzja**  
**pracy doktorskiej Pani mgr Karoliny Gawlak**  
**pt.**  
***Nanostrukturalny anodowy tlenek cyny jak materiał do zastosowań***  
***fotocemicznych***

**Podstawa prawna wykonania recenzji**

Niniejsza recenzja została opracowana na podstawie pisma Przewodniczącego Rady Dyscypliny Nauki chemiczne prof. dr. hab. Artura Michalaka z dnia 11.07.2023 (405.5100.3.2017).

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr Karoliny Gawlak pt. „*Nanostrukturalny anodowy tlenek cyny jak materiał do zastosowań fotocemicznych*” została wykonana na Wydziale Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego pod kierownictwem prof. Grzegorza Sulki i dra hab. Leszka Zaraski, prof. UJ (w roli promotora pomocniczego).

Oceniana praca została przygotowana na podstawie serii sześciu powiązanych artykułów naukowych:

1. Zaraska L., Gawlak K., Gurgul M., Chlebda D.K., Socha R.P., Sulka G.D., *Controlled synthesis of nanoporous tin oxide layers with various pore diameters and their photoelectrochemical properties* (2017) *Electrochimica Acta*, 254, pp. 238 - 245, DOI: 10.1016/j.electacta.2017.09.113,
2. Zaraska L., Gawlak K., Gilek D., Sulka G.D., *Electrochemical growth of multisegment nanoporous tin oxide layers by applying periodically changed anodizing potential* (2018) *Applied Surface Science*, 455, pp. 1005 - 1009, DOI: 10.1016/j.apsusc.2018.06.044,
3. Zaraska L., Gawlak K., Gurgul M., Dziurka M., Nowak M., Gilek D., Sulka G.D., *Influence of anodizing conditions on generation of internal cracks in anodic porous tin oxide films grown in NaOH electrolyte* (2018) *Applied Surface Science*, 439, pp. 672 - 680, DOI: 10.1016/j.apsusc.2017.12.188,
4. Zaraska L., Gawlak K., Wiercigroch E., Malek K., Koziół M., Andrzejczuk M., Marzec M.M., Jarosz M., Brzózka A., Sulka G.D., *The effect of anodizing potential and annealing conditions on the morphology, composition and photoelectrochemical activity of porous anodic tin oxide films* (2019) *Electrochimica Acta*, 319, pp. 18 - 30, DOI: 10.1016/j.electacta.2019.06.113,
5. Gawlak K., Knapik A., Sulka G.D., Zaraska L., *Improving the photoelectrochemical performance of porous anodic SnOx films by adjusting electrosynthesis conditions*



Politechnika  
Śląska



Wydział Chemiczny  
Katedra Chemii Nieorganicznej, Analitycznej i Elektrochemii

prof. dr hab. inż.  
**Wojciech Simka**

(2022) International Journal of Energy Research, 46 (12), pp. 17465 - 17477, DOI: 10.1002/er.8414,

- Gawlak K., Popiołek D., Pisarek M., Sulka G.D., Zaraska L., *CdS-Decorated Porous Anodic SnOx Photoanodes with Enhanced Performance under Visible Light* (2022) Materials, 15 (11), art. no. 3848, DOI: 10.3390/ma15113848.

Publikacje zostały wydane w prestiżowych czasopismach takich jak *Electrochimica Acta* (2x; IF = 6,6), *Applied Surface Science* (2x; IF – 6,7) oraz *International Journal of Energy Research* i *Materials*. Doktorantka w czterech pierwszych publikacjach znajduje się na drugim miejscu, natomiast w kolejnych dwóch na pierwszym. Wszystkie publikacje są wieloautorskie, a do rozprawy dołączono stosowne oświadczenia współautorów.

Przedmiotem badań Doktorantki jest anodowy tlenek cyny, a w zasadzie sposób jego otrzymywania pod kątem uzyskania warstw (na cynie) o pożądanych właściwościach fotoelektrochemicznych. Praca jest istotna z kilku powodów, gdzie najważniejszym jest otrzymanie nowego rodzaju elektrokatalizatora, który może być wspomagany działaniem światła słonecznego. Tego typu tworzywo elektrodowe może znaleźć zastosowanie np. w procesie produkcji wodoru na drodze elektrolizy. O ważności tej tematyki świadczy stale wzrastająca liczba publikacji dotyczących elektrolizy wody i przede wszystkim ograniczaniu jej kosztów, np. poprzez wspomaganie procesu światłem. Drugi powód to badania nad doбором właściwych warunków syntezy tlenku cyny o pożądanych właściwościach, a także jego modyfikacja siarczkiem kadmu w celu uaktywnienia na działanie światła widzialnego, i co najważniejsze próba wyjaśnienia mechanizmów wzrostu tlenku cyny w warunkach polaryzacji anodowej.

Praca stanowi przewodnik po publikacjach, które już wcześniej zostały zrecenzowane przez ekspertów. Wobec tego została ona napisana tak jak można tego oczekiwać od przewodnika, czyli w skrócie przedstawione zostały podstawowe informacje literaturowe, cel, metodyka i omówienie badań. Więcej szczegółów można znaleźć w publikacjach. Doktorantka wprowadza czytelnika w pracę raczej skromnym wprowadzeniem literaturowym, w którym koncentruje się na tlenku cyny. Rozpoczyna od opisu jego właściwości i zastosowania, wskazując na możliwości zastosowania w fotochemii. Następnie opisuje metody otrzymywania nanostrukturalnych tlenków cyny, zwracając szczególnie uwagę na syntezę elektrochemiczną – elektrochemiczne utlenianie cyny. W kolejnym rozdziale opisuje wybrane problemy z wytwarzaniem metodą anodowania dobrej jakości tlenków cyny, co jest szczególnie ważne w kontekście tematu pracy. Warto zauważyć, że literatura tematu jest raczej uboga, tym bardziej w porównaniu do np. syntezy tlenku tytanu, czy też glinu. Kolejnym krokiem jest opisanie możliwości zastosowania anodowych tlenków cyny w procesie elektrolizy wody wspomaganą światłem, a także ich modyfikacja mająca na celu zwiększenie zakresu pracy o światło słoneczne.

**Politechnika Śląska**

Wydział Chemiczny  
Katedra Chemii Nieorganicznej, Analitycznej i Elektrochemii

ul. B. Krzywoustego 6, 44-100 Gliwice  
+48 32 237 13 83  
[RCH1@polsl.pl](mailto:RCH1@polsl.pl)

NIP 631 020 07 36  
ING Bank Śląski S.A. o/Gliwice 60 1050 1230 1000 0002 0211 3056



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



Doktorantka formułuje siedem szczegółowych celów pracy, które w zasadzie są jej zakresem. Trochę brakuje ogólnego celu pracy, czy też tezy rozprawy. Metodyka badawcza została opisana bardzo skrótowo, a w szczególności metody charakterystyki powłok. Jednakże przedstawione dane są wystarczające, mając na względzie, że więcej szczegółów znajduje się w publikacjach. Omówienie wyników badań zostało w mojej ocenie przygotowane bardzo ciekawie, ponieważ Doktorantka nie opisuje każdej z publikacji kolejno, lecz stara się omówić problem kompleksowo. Analizując wpływ poszczególnych parametrów procesu odnosi się do kilku publikacji na raz starając się usystematyzować wiedzę i wyciągnąć wnioski.

Pani K. Gawlak opanowała szereg technik badawczych i analitycznych, począwszy od elektrochemicznego wytwarzania tlenków cyny poprzez ich szczegółową analizę. Część badań była realizowana w innych jednostkach naukowych, jednakże bez zrozumienia stosowanych tam technik badawczych nie byłoby możliwe wysunięcie prawidłowych wniosków.

Jak wspominałem niniejsza praca została już wcześniej zrecenzowana, co z pewnością przyczyniło się do poprawy jej jakości. Jednakże chciałbym, aby Doktorantka odniosła się do kilku pytań.

#### Uwagi ogólne:

1. niniejsza rozprawa została przygotowana na podstawie kilku wieloautorskich publikacji. W takich przypadkach zawsze pojawiają się wątpliwości, nawet w przypadku szczegółowych oświadczeń autorów, jaki był wkład doktoranta w realizację pracy. Prosiłbym o informację, jaki był rzeczywisty wkład Doktorantki, w szczególności w publikacje 1-3, które jednocześnie były wykazane w osiągnięciu naukowym przez Pana L. Zaraskę (publikacje H5, H6, H7),
2. mam ogromny niedosyt w opisie elektrolizy wody. Temat ten jest ostatnimi czasy bardzo intensywnie rozwijany, więc spodziewałbym się pokazania wad i zalet obecnie stosowanych rozwiązań,
3. w odniesieniu do pkt. 2 - czy Doktorantka planowała wykonać badania nad elektrolizą wody z wykorzystaniem wytworzonych tlenków cyny? Czy taki materiał elektrodowy mógłby znaleźć zastosowanie w elektrolizerach przemysłowych?

#### Uwagi szczegółowe:

4. str. 11 – Doktorantka pisze o mechanizmach tworzenia nanoporów/rurek  $\text{TiO}_2$  i  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , natomiast ich nie opisuje. Czym te mechanizmy różnią się od siebie i od wytwarzania tlenku cyny?
5. str. 13 – utlenianie anodowe (anodyzację) w tym przypadku prowadzi się przy stałym napięciu zaciskowym, a nie potencjale. Potencjał elektrody nie jest tutaj kontrolowany,
6. str. 27 – jakie jony migrują przez warstwę tlenkową?

7. str. 46 – elektrolizę wody prowadzi się w środowisku alkalicznym (i nie tylko). Czy w kontekście odprowadzania gazów z warstwy oraz generowania tlenu na powierzchni elektrody nie zachodzi obawa o trwałość takich tworzyw w dłuższym okresie użytkowania?

Drobnych błędów nie wykazuję, gdyż nie mają one najmniejszego wpływu na jakość pracy.

### Wnioski końcowe

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska leży w obszarze badań podstawowych. Zawiera ona w swojej treści elementy nowości naukowej i stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego dotyczącego syntezy nanometrycznych tlenków cyny o dobrej jakości. Doktorantka wykazała się znajomością licznych technik badawczych, a co najważniejsze umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Wyniki Jej pracy, powstałe także w wyniku współpracy z innymi naukowcami zostały opublikowane w wysokiej jakości czasopismach zagranicznych (lista JCR). Na uwagę zasługuje fakt, iż część badań była finansowana przez NCN w ramach projektu Preludium, którego Doktorantka była kierownikiem.

Moja ocena pracy jest jednoznacznie pozytywna, a przedstawione uwagi są natury dyskusyjnej. W związku z powyższym stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani mgr Karoliny Gawlak spełnia wymogi pracy doktorskiej, o których mowa w stosownej ustawie. Wnioskuje zatem do Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Chemiczne UJ o nadanie stopnia naukowego doktora pani mgr Karolinie Gawlak.

Wojciech Simka

