

dr hab. Agnieszka Feliczak-Guzik, prof. UAM

Wydział Chemii UAM

Zakład Chemii Stosowanej

Poznań, 11.12.2025r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Aleksandry Olszewskiej

zatytułowanej

„Mikrostruktura oraz właściwości optyczne utlenianych warstw związków międzymetalicznych AuSn”

1. Podstawa formalna wykonania recenzji rozprawy doktorskiej

Recenzja została opracowana w odpowiedzi na pismo Pana Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Chemiczne, Politechniki Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, Prof. PBŚ dr hab. Przemysława Kosobuckiego wraz z informacją, że uchwałą Senatu Politechniki Bydgoskiej z dnia 19 listopada 2025r., zostałam powołana na recenzenta rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Aleksandry Olszewskiej.

2. Uwagi ogólne

Przedłożona do recenzji praca doktorska Pani mgr inż. Aleksandry Olszewskiej, zatytułowana „Mikrostruktura oraz właściwości optyczne utlenianych warstw związków międzymetalicznych AuSn”, została zrealizowana na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Bydgoskiej pod kierunkiem Pana Prof. PBŚ dr hab. inż. Łukasza Skowrońskiego oraz promotora pomocniczego dr Marka Trzcinskiego, wybitnych specjalistów w dziedzinie nanowarstw metalicznych i hybrydowych układów metal-tlenek metalu, ich

mikrostruktury i właściwości optycznych oraz zastosowań w układach sensorycznych i katalitycznych.

Przygotowując niniejszą ocenę rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Aleksandry Olszewskiej, oparłam się na wieloaspektowej analizie pracy. W szczególności zwróciłam uwagę na: (i) innowacyjność i oryginalność prowadzonych badań, (ii) zasadność oraz aktualność podjętego problemu badawczego, (iii) poziom merytoryczny pracy i spójność zastosowanej koncepcji badawczej, (iv) rzetelność analizy uzyskanych wyników oraz ich interpretację w odniesieniu do aktualnego stanu wiedzy. Uzupełnieniem tej oceny była analiza dorobku naukowego Pani mgr inż. Aleksandry Olszewskiej.

Podjęta w rozprawie doktorskiej tematyka jest istotna zarówno z poznawczego, jak i aplikacyjnego punktu widzenia. Nanotechnologia jako jedna z najdynamiczniej rozwijających się dziedzin współczesnej nauki, opiera się na świadomym projektowaniu materiałów o wymiarach nanometrycznych, których właściwości znacząco różnią się od właściwości materiałów litych. Szczególne znaczenie mają w tym kontekście nanostruktury metali szlachetnych, zwłaszcza złota, które w postaci nanocząstek wykazuje wysoką aktywność katalityczną i fotokatalityczną. Jednocześnie ich praktyczne wykorzystanie jest istotnie ograniczone przez niską stabilność termodynamiczną, prowadzącą do aglomeracji nanocząstek, a w konsekwencji do utraty aktywnych centrów katalitycznych. Zapobieganie tym niekorzystnym procesom wymaga opracowania nowych, skutecznych metod stabilizacji nanostruktur złota. Jednym z najbardziej obiecujących rozwiązań są układy typu core-shell oraz kompozyty metal-tlenek metalu, jednak większość z dotychczasowych badań w tym obszarze opiera się na metodach chemii mokrej, które nie zawsze zapewniają odpowiednią kontrolę składu, jednorodności i dyspersji faz. Z tego względu szczególnie cenne jest zaproponowane w rozprawie nowatorskie podejście polegające na wykorzystaniu cienkich warstw związków międzymetalicznych Au-Sn wytwarzanych metodami fizycznymi, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu stechiometrii, temperatury oraz czasu wygrzewania i utleniania na ich mikrostrukturę, skład chemiczny i właściwości optyczne, a także potencjału zastosowań fotokatalitycznych tych układów.

3. Ocena formalna i merytoryczna pracy

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Aleksandry Olszewskiej została przygotowana zgodnie z *artykułem 187 pkt 1 i 2 z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym (Dz. U. 2024 poz. 1571, z późn.zm.)*. Praca opracowana jest w formie monografii naukowej, co, w mojej ocenie, pozwoliło Autorce na pogłębioną i kompleksową prezentację poruszanych zagadnień,

wyraźnie szerszą niż byłoby to możliwe w przypadku cyklu tematycznie powiązanych artykułów naukowych.

Tytuł recenzowanej rozprawy został sformułowany w sposób jasny i precyzyjny, nie budzi żadnych zastrzeżeń i w pełni odzwierciedla tematykę oraz zakres przedstawionych w pracy badań. Tematyka ta, w związku z rosnącym zapotrzebowaniem na efektywne, stabilne i skalowalne materiały katalityczne oraz funkcjonalne cienkie warstwy do zastosowań w energetyce, ochronie środowiska i nowoczesnej elektronice, wpisuje się w aktualne światowe trendy badawcze.

Przedłożona do recenzji dysertacja, napisana w języku polskim i licząca 215 stron, została podzielona na 15 rozdziałów oraz 4 załączniki (dodatki). Praca zawiera łącznie 142 rysunki, 51 tabel oraz 85 odnośników literaturowych, z czego 54 pozycje pochodzą z ostatnich 15 lat. Dysertacja rozpoczyna się od *Wykazu skrótów i symboli*. Wykaz ten został przygotowany w sposób niezwykle rzetelny i staranny. Obejmuje łącznie 6 stron, a każda z nich jest logicznie uporządkowana, co znacząco ułatwia korzystanie z materiału. Taki wykaz stanowi duże ułatwienie dla recenzenta, pozwalając szybko odnaleźć potrzebne informacje i sprawnie ocenić treść pracy. Całość stanowi profesjonalne i wartościowe opracowanie. Następnie, Autorka, przedstawia *Wstęp*, w którym to nawiązuje do *Analizy literatury* (rozdz. 1.1.) oraz przedstawia *Cel badań i hipotezę badawczą* (rozdz. 1.2.) oraz *Plan badawczy* (rozdz. 1.3.). Cel pracy został przez Doktorantkę sformułowany w sposób zrozumiały, przejrzysty. Pani mgr inż. Olszewska wskazała w nim podstawową hipotezę badawczą oraz zaproponowała podział przedstawianych badań na trzy etapy: (i) badania wstępne obejmujące przede wszystkim przegląd literatury naukowej, (ii) badania główne skupiające się w znacznym stopniu na otrzymaniu materiałów do dalszych badań i ich charakterystyce oraz (iii) badania aplikacyjne. Wysoko oceniam sposób graficznego ujęcia kluczowych koncepcji badań przedstawionych w rozprawie doktorskiej. Taka forma prezentacji podkreśla, że wszystkie eksperymenty zostały przeprowadzone z dużą starannością i poprzedzone dokładną analizą. W rozdziałach od 2 do 5 oraz w podrozdziałach w nich zawartych (strony od 19-58), Autorka przedstawiła studium literaturowe, w pełni powiązane z przedstawianą tematyką. Ta część pracy napisana jest w sposób spójny, świadczący o dużym zaangażowaniu Doktorantki w dobór odpowiednich odnośników literaturowych i umiejętne przekazanie najważniejszych zagadnień. W rozdziale 6 - *Przygotowanie próbek* oraz w rozdziale 7 - *Zastosowane urządzenia pomiarowe*, Pani mgr inż. Aleksandra Olszewska szczegółowo omówiła przebieg przygotowania materiałów do badań oraz opisuje wykorzystane metody badawcze i procedury pomiarowe. Ta część pracy ukazuje szeroki zakres wykonanych eksperymentów oraz różnorodność technik umożliwiających realizację założonego celu badawczego.

Na kolejnych 35 stronach, Pani Olszewska, przedstawiła uzyskane wyniki badań wraz z ich dyskusją dla nanostruktur wytworzonych w warunkach ultrawysokiej próżni (UHV) oraz dla nanostruktur wytworzonych w warunkach wysokiej próżni (HV). Podzielono je na następujące podrozdziały: (i) Badania SEM (skaningowa mikroskopia elektronowa), (ii) Badania XPS (spektroskopia fotoelektronów wzbudzanych promieniowaniem rentgenowskim), (iii) Badania SE (spektroskopia elipsometryczna), oraz (iv) Badania TEM (transmisyjna mikroskopia elektronowa) dla materiałów uzyskanych w warunkach wysokiej próżni. Ten fragment dysertacji cechuje się, w moim odczuciu, wysokim poziomem merytorycznym i świadczy o bardzo dobrej znajomości zagadnień z zakresu fizyki powierzchni, technik charakteryzacji nanostruktur oraz procesów utleniania i segregacji faz w układach Au-Sn. Autorka poprawnie i wnikliwie interpretuje wyniki uzyskanych badań, które wzajemnie się potwierdzają, co świadczy o wysokiej rzetelności i dojrzałości prowadzonego eksperymentu. Zastosowanie zestawu komplementarnych technik (XPS, SE, SEM, TEM), umożliwiło całościową ocenę zależności między przebiegiem procesu wytwarzania a strukturą i funkcjonalnością badanych materiałów. Właściwości funkcjonalne takich układów, w tym mikrostruktura, skład chemiczny oraz właściwości optyczne, są bowiem silnie zależne od warunków procesów technologicznych, takich jak temperatura i czas wygrzewania oraz utleniania. Systematyczne i kompleksowe zbadanie wpływu tych parametrów pozwala nie tylko na lepsze zrozumienie mechanizmów formowania się nanostruktur, lecz także na ich świadome projektowanie pod kątem konkretnych zastosowań, w szczególności w fotokatalizie i systemach sensorycznych. W trakcie czytania tej części pracy naturalnie nasuwały mi się pytania, które jednak szybko znajdowały swoje wyjaśnienie w dalszej części tekstu lub w przypisach dolnych, co świadczy o przemyślanej strukturze dysertacji oraz dużej staranności Pani mgr inż. Aleksandry Olszewskiej.

Końcowe rozdziały pracy stanowią *Wykaz cytowanej literatury, Spis rysunków, Spis tabel, Streszczenie pracy*, zarówno w języku polskim, jak i angielskim, *Dorobek naukowy* Pani mgr inż. Aleksandry Olszewskiej oraz 4 *Dodatki*.

Reasumując, lektura recenzowanej rozprawy doktorskiej była dla mnie dużą przyjemnością. W mojej ocenie, praca ta stanowi istotny wkład w rozwój wiedzy na temat fizycznych metod wytwarzania i modyfikacji nanostruktur oraz otwiera nowe możliwości projektowania materiałów o unikalnych i kontrolowanych właściwościach użytkowych, tym samym dysertacja ta stanowi naukowe opracowanie o dużym znaczeniu dla rozwoju dyscypliny naukowej (Nauki Chemiczne), co przejawia się poprzez:

- kompleksową charakterystykę układów Au-Sn powstałych w dwóch odmiennych warunkach procesowych: ultrawysokiej próżni (UHV) oraz wysokiej próżni typowej

dla warunków półprzemysłowych (HV), obejmującą korelację procesu z uzyskanymi właściwościami optycznymi, chemicznymi i morfologicznymi;

- wykazanie, że parametry technologiczne (w szczególności temperatura i czas utleniania), a także stosunek Au:Sn, determinują zarówno mikrostrukturę, jak i właściwości optyczne oraz fotokatalityczne otrzymanych układów;
- wykazanie, że właściwości katalityczne układów Au-Sn mogą być skutecznie modulowane poprzez kontrolowaną modyfikację warunków utleniania, potwierdzając jednocześnie ich istotny potencjał aplikacyjny w obszarze fotokatalizy.

Co warte podkreślenia, recenzowana rozprawa doktorska została przygotowana z należytą starannością, jej czytelna szata graficzna, logiczny układ rozdziałów oraz starannie opracowane rysunki i tabele podnoszą walory merytoryczne i estetyczne, ułatwiając odbiór treści i ocenę pracy. Niemniej jednak pozwolę sobie przytoczyć drobne uwagi, które z obowiązku recenzenta muszę wskazać:

1. przy zapisie wartości wielkości należy zawsze pozostawić odstęp pomiędzy liczbą i symbolem jednostki np. 10 %, a nie 10% (np. str. 72, 103);
2. str. 71 - Autorka odwołuje się tutaj do rysunku 8.1, który przedstawiła dopiero na stronie 72, uważam, że rysunek ten powinien być umieszczony bezpośrednio po odwołaniu do danego rysunku w tekście, co ułatwiłoby zapoznanie się z prezentowaną treścią.

Na koniec, odnosząc się do zaprezentowanych wyników, kieruję do Doktorantki kilka pytań, które nasunęły mi się w trakcie czytania (a na które nie znalazłam odpowiedzi w tekście) przedstawianej rozprawy doktorskiej:

1. Dlaczego szybkość nanoszenia cyny i złota różniła się w warunkach ultrawysokiej próżni (UHV) i wysokiej próżni (HV)?
2. Na str. 72 pisze Pani, że „najmniejsze zapełnienie powierzchni wynoszące 9%, przy znalezionych 597 i 564 obiektach.....”, proszę o wskazanie na obrazie SEM, o których obiektach Pani pisze (oznaczenia obiektów na Rys. 8.1.c na stronie 72 są dla mnie niewidoczne).
3. Właściwości fotokatalityczne warstw wytworzonych w warunkach półprzemysłowych określiła Pani na podstawie fotokatalitycznego rozkładu błękitu metylenowego (BM), czy zamierza Pani kontynuować te badania wobec innych związków? Ponadto w trakcie prowadzenia w/w eksperymentu (5 prób) modyfikowała Pani stężenie BM ($1 \cdot 10^{-5}$ M, $5 \cdot 10^{-6}$ M), czas trwania procesu (różny dla 1 próby w stosunku do 4 pozostałych), czym podyktowany był dobór powyższych warunków?

Tak jak wspomniałam powyżej, wszystkie wskazane w recenzji uwagi, wątpliwości i dostrzeżone uchybienia mają charakter całkowicie dyskusyjny, nie pomniejszają wartości merytorycznej i nie zmieniają bardzo pozytywnej oceny przedstawionej do recenzji rozprawy doktorskiej.

4. Dorobek naukowy Doktorantki

Wykaz osiągnięć Doktorantki w pracy nauko-badawczej obejmuje sumarycznie 3 publikacje naukowe opublikowane w czasopismach znajdujących się w *Wykazie czasopism punktowanych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego*, 4 wystąpienia ustne oraz posterowe na konferencjach naukowych. Ponadto, Doktorantka odbyła staż naukowy na Wydziale Chemii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. W moim odczuciu, na obecnym etapie kariery, osiągnięcia Doktorantki należy ocenić jako solidne i odpowiadające standardom czwartego roku kształcenia w szkole doktorskiej.

5. Wniosek końcowy

Podsumowując stwierdzam, że przedstawiona do recenzji praca doktorska Pani mgr inż. Aleksandry Olszewskiej spełnia kryteria stawiane rozprawom doktorskim określone w *art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2024 r. poz. 1571)*. W związku z tym, wnoszę do Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Chemiczne Politechniki Bydgoskiej w Bydgoszczy o dopuszczenie Pani mgr inż. Aleksandry Olszewskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego i nadanie Jej stopnia doktora w dziedzinie Nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie Nauki chemiczne. Ponadto, biorąc pod uwagę bardzo wysoki poziom naukowy pracy wpływający znacząco na rozwój dyscypliny naukowej oraz dorobek naukowy Doktorantki wnioskuję do Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Chemiczne Politechniki Bydgoskiej o **wyróżnienie rozprawy doktorskiej** Pani mgr. inż. Aleksandry Olszewskiej.

Felczak-Guzik Agnieszka

Prof. dr hab. Agnieszka Felczak-Guzik