

Prof. dr hab. inż. Anna Dołęga  
Katedra Chemii Nieorganicznej  
e-mail: anndoleg@pg.edu.pl

Gdańsk, 21.06.2022 r.

## Recenzja pracy doktorskiej mgr Patrycji Parnickiej pt. "Struktury półprzewodnikowe na bazie ditlenku tytanu oraz metali ziem rzadkich do zastosowań fotokatalitycznych"

### 1. Informacje wstępne

Podczas oceny pracy doktorskiej mgr Patrycji Parnickiej kierowałam się **Art. 187. Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” Dz. U. z 2021 r. poz. 478, 619, 1630, 2141, 2232**. Treść artykułu:

- 1. Rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej.*
- 2. Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej albo oryginalne dokonanie artystyczne.*
- 3. Rozprawę doktorską może stanowić praca pisemna, w tym monografia naukowa, zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, praca projektowa, konstrukcyjna, technologiczna, wdrożeniowa lub artystyczna, a także samodzielna i wyodrębniona część pracy zbiorowej.*
- 4. Do rozprawy doktorskiej dołącza się streszczenie w języku angielskim, a do rozprawy doktorskiej przygotowanej w języku obcym również streszczenie w języku polskim. W przypadku gdy rozprawa doktorska nie jest pracą pisemną, dołącza się opis w językach polskim i angielskim.*

### 2. Forma rozprawy

Doktorantka jako rozprawę doktorską przedstawiła zbiór czterech powiązanych tematycznie artykułów naukowych. Publikacje składające się na rozprawę poprzedzone są obowiązkowym w świetle Ustawy streszczeniem oraz ważnymi rozdziałami zawierającymi Wprowadzenie i kontekst literaturowy pracy, jej Cel oraz zestawienie Metod badawczych. Następnie Doktorantka omówiła po kolei cztery artykuły wchodzące w skład rozprawy zaś rozprawę kończy dość zwarte bo dwu i pół stronicowe Podsumowanie.

Do rozprawy dołączono oświadczenia współautorów, które wskazują na znaczący udział doktorantki w formułowaniu koncepcji pracy wraz z promotorem prof. Adrianą Zaleską-Medyńską oraz promotorem pomocniczą dr inż. Joanną Nadolną. W ramach każdego etapu badań kończącego się publikacją wyników mgr Patrycja Parnicka opracowywała syntezę katalizatora domieszkowanego jonami lantanowców i badała aktywność katalityczną otrzymanych materiałów; prowadziła również część pomiarów fizykochemicznych. Część z oświadczeń pozostałych autorów wskazuje pomocniczy charakter prowadzonych przez nich badań, służący otrzymaniu pełnej charakterystyki przesłanych przez doktorantkę katalizatorów. Powyższe stwierdzenie dotyczy to przede wszystkim pomiarów XPS wykonanych przez dr. E. Kowalską i dr. K. Wanga w Instytucie Katalizy

Uniwersytetu w Hokkaido oraz dr hab. W. Lisowskiego (IChF PAN), dyfrakcji proszkowej, którą badał i wyniki interpretował prof. T. Klimczuk (WFTiMS, PG) oraz dr N. Steinfeldt (Leibnitz Institute for catalysis), pomiarów TEM wykonanych przez dr inż. A. Żaka czy też pomiarów luminescencji przeprowadzonych przez dr hab. inż. T. Grzyba w Zakładzie Ziem Rzadkich WCh UAM. Doktorantka korzystała również ze wsparcia merytorycznego dr A. Mikołajczyk z macierzystego Wydziału w zakresie obliczeń teoretycznych. We wszystkich publikacjach doktorantka jest pierwszą autorką, zaś w ostatniej publikacji z roku 2022 również autorką korespondencyjną. W świecie nauk ścisłych pozycja pierwszego autora oznacza zwykle jego duży wysiłek eksperymentalny, natomiast „gwiazdka” oznaczająca autora korespondencyjnego dorzuca do tego odpowiedzialność za ostateczny kształt publikacji oraz dyskusję z recenzentami.

### 3. Opis tematyki

Praca doktorska mgr Patrycji Parnickiej powstała w katedrze Technologii Środowiska Wydziału Chemii Uniwersytetu Gdańskiego pod kierunkiem promotora prof. dr hab. inż. Adriany Zaleskiej-Medyńskiej oraz promotora pomocniczego dr inż. Joanny Nadolnej. Przedmiotem publikacji zebranych jako rozprawa doktorska było opracowanie metod syntezy materiałów o aktywności fotokatalitycznej (wzbudzanej światłem) w reakcjach utleniania związków organicznych. Jako podstawowy materiał doktorantka wykorzystywała ditlenek tytanu a jego właściwości modyfikowała dodatkiem jonów metali ziem rzadkich oznaczanych zwykle ogólnie jako  $RE^{3+}$  lub  $REE^{3+}$  ( $REE =$  Rare Earth Elements). Pierwiastki ziem rzadkich czyli skandowce i lantanowce to grupa pierwiastków intensywnie badana ze względu na właściwości magnetyczne i fotoluminescencyjne. Bardzo ważną cechą pierwiastków ziem rzadkich w odniesieniu do reakcji fotokatalitycznych badanych w grupie prof. Zaleskiej-Medyńskiej jest ich zdolność do konwersji w górę czyli przekształcania promieniowania o niższej energii w promieniowanie o wyższej energii; emisja fotonów o wysokiej energii zachodzi po sekwencyjnej absorpcji dwóch lub więcej niższej energetycznych fotonów wzbudzających. Pomimo nazwy zwyczajowej zawierającej słowo „rzadkie” lantanowce to pierwiastki o średnim rozpowszechnieniu w skorupie ziemskiej i względnie umiarkowanej cenie. Jeżeli wykorzystywane są jako sole czy związki kompleksowe, tak jak miało to miejsce w przypadku badań mgr P. Parnickiej, wówczas nie sprawia problemu ich reaktywność - są to bowiem metale reaktywne o potencjałach redoks zbliżonych do pierwiastków z grupy berylowców. Jeżeli lantanowce wykorzystywane są w postaci pierwiastkowej, np. jako składniki magnezów, to niezbędne jest wówczas nakładanie złożonych warstw ochronnych.

Oprócz podstawowego celu jakim było zbadanie wpływu domieszkowania  $TiO_2$  kationami metali ziem rzadkich na aktywność fotokatalityczną otrzymanego materiału, doktorantka badała również znaczenie domieszek (węgla) oraz formy otrzymanego materiału dla aktywności otrzymanych katalizatorów. Architektura nanostruktur to burzliwie rozwijający się kierunek w badaniu materiałów, którego rozwój umożliwiły nowe techniki obrazowania powierzchni, takie jak mikroskopia elektronowa (TEM, SEM, STEM), mikroskopia sił atomowych AFM czy skaningowa spektroskopia tunelowa STM. Do dyspozycji naukowców pracujących w XXI wieku pozostają rozmaite metody umożliwiające badanie składu powierzchni, np. XPS, SEM-EDX, a nawet struktury molekularnej tejże powierzchni za pomocą dyfrakcji elektronów. W swojej pracy doktorantka posłużyła się wieloma precyzyjnymi metodami oznaczania składu i morfologii otrzymanych materiałów próbując skorelować aktywność fotokatalityczną otrzymanych katalizatorów z tymi parametrami.

Oprócz domieszkowania prostymi związkami lantanowców, takimi jak tlenofluorki powstające w wyniku anodyzacji stopów, doktorantka podjęła wysiłki na rzecz zwiększenia aktywności

fotokatalitycznej materiału modyfikując pewne formy ditlenku tytanu polimerami koordynacyjnymi zawierającymi jony lantanowców.

#### 4. Uwagi dotyczące części składowych rozprawy

##### 4.1 Wprowadzenie, motywacja oraz kontekst pracy

Przyczyny badania półprzewodnikowych tlenków o aktywności katalitycznej zostały wyłożone w bardzo dużej liczbie prac. Nie mam zatem żalu do doktorantki o bardzo zwięzłe nakreślenie podstawowych cech ditlenku tytanu jako półprzewodnika oraz mechanizmu degradacji zanieczyszczeń organicznych na jego powierzchni we Wprowadzeniu. Codziennie olbrzymia ilość energii słonecznej uderza w Ziemię i nie ma wątpliwości, iż badania nakierowane na jej efektywne wykorzystanie będą stanowić o naszej przyszłości.

Do omawianego rozdziału mam następujące uwagi i pytania:


- dla reaktywnych cząstek tworzących się na powierzchni  $TiO_2$  podaje Pani w nawiasach konkretne wartości potencjałów względem NHE – moim zdaniem powinien to być pewien zakres wartości ponieważ zależy to od reakcji w jakiej rodnik uczestniczy
- w autoreferacie znalazło się co najmniej kilka zdań wskazujących na duży pośpiech autorki w ich zapisywaniu, przykład ze str. 17 „dno CB powinien być bardziej ujemny niż potencjał redukcyjny  $H^+/H_2$ , podczas gdy wierzchołek VB powinna być bardziej dodatnia...”
- czy może mi Pani wytłumaczyć czemu czysty  $TiO_2$  miałby być półprzewodnikiem typu n? Skąd miałby pochodzić ten nadmiar elektronów? Wiem, że w literaturze pojawiają się takie stwierdzenia, ale czym są one uzasadniane (str. 19)?
- ponieważ powierzchnia właściwa zależy od wielkości cząstek to czy możemy mówić o różnej powierzchni właściwej odmian polimorficznych  $TiO_2$  (str. 19)?
- czy pojawienie się efektu ograniczenia kwantowego (quantum confinement) w związku z uzyskaniem materiału o rozmiarach nanometrycznych jest korzystne z punktu widzenia zastosowania ditlenku tytanu w fotokatalizie (str. 21,22)?
- nie bardzo rozumiem co to są wymienione na str. 27 „fotony sieci krystalicznej”, czy może Pani rozwinąć to sformułowanie?

##### 4.2 Cel i Zakres Pracy, Stosowane metody badawcze

Tak jak już wspominałam wcześniej, praca doktorska mgr P. Parnickiej jest bardzo dobrze umotywowana. Już w poprzednich rozdziałach doktorantka zadbała o powiązanie celu pracy z rozwiązaniem kluczowych problemów z jakimi boryka się ludzkość na planecie Ziemia, zaś w rozdziale zawierającym cel i zakres pracy pojawiają się wyraźnie wyodrębnione hipotezy badawcze. W ramach pracy doktorskiej poszukiwane będą zależności struktura-aktywność dla materiałów fotokatalitycznych złożonych z odpowiednio ustrukturyzowanego ditlenku tytanu oraz domieszek jonów lantanowców. Dodatkowo zostanie zbadany wpływ zanieczyszczenia jakim jest węgiel na aktywność fotokatalityczną materiału, co będzie wymagać zdefiniowania ilości zanieczyszczenia węgla w materiale. Ten ostatni zamysł jest dla mnie nieco niejasny. O ile rozumiem potrzebę dobrania warunków kalcynacji tak, żeby pozbyć się węgla będącego pozostałością organicznego prekursora ditlenku tytanu, to celowe wprowadzanie go do próbki wydaje się nieuzasadnione. Rolą fotokatalizatorów jest utlenianie węgla zatem dekorowanie  $TiO_2$  węglem może przeszkadzać w tym zadaniu i obciążać fotokatalizator. Co zresztą udało się wykazać doktorantce w pracy oznaczonej A2.

Metody badawcze zostały przedstawione w postaci Tabeli 1.

Oba rozdziały są napisane zrozumiale i starannie.



### 4.3 Omówienie artykułów wchodzących w skład rozprawy

W przedstawionych jako praca doktorska artykułach Kandydatka syntetyzowała, badała właściwości fizykochemiczne i katalityczne materiałów kompozytowych domieszka/TiO<sub>2</sub> mających służyć jako katalizatory rozkładu zanieczyszczeń organicznych powietrza i wody. Wspólną cechą wszystkich materiałów były domieszki REE wprowadzane w rozmaity sposób.

**A1** Pierwsza z prac poświęcona jest oryginalnej metodzie anodowania stopu Ti-REE. Doktorantka wykorzystwała 6 stopów tytanu zawierających dodatek lantanowców i otrzymała w ten sposób nanorurki TiO<sub>2</sub> zawierające dodatek tlenofluorków lantanowców (na podstawie badań EDX, XRD). Zgadzam się z tezą doktorantki, że jest to metoda względnie mało czasochłonna, nie generująca odpadów i gratuluję autorkom pomysłu. Uzyskane materiały charakteryzowały się absorpcją promieniowania w zakresie widzialnym i właściwościami luminescencyjnymi oraz wykazywały wyższą aktywność fotokatalityczną niż referencyjny TiO<sub>2</sub> zarówno w reakcji degradacji fenolu w fazie wodnej jak i toluenu w fazie gazowej. Katalizatory charakteryzowały się dobrą stabilnością. Mgr P. Parnicka badała również jakie reaktywne cząstki biorą udział w przeprowadzanych reakcjach i wykazała korelację aktywności fotoelektrochemicznej z katalityczną.

*Moje pytania i uwagi odnośnie opisu publikacji A1 są następujące:*

- *Oznaczenie składu stopu Ti<sub>90</sub>RE<sub>10</sub> podaje % molowy czy wagowy? Czy w wyniku anodyzacji następowało wzbogacenie czy zubożenie materiału w REE<sup>3+</sup> w porównaniu z wyjściowym stopem?*
- *W odniesieniu do pierwiastków nie mówimy o masie cząsteczkowej a o atomowej (str. 38)*
- *Tradycyjne żarówki zostały już dość dawno wyparte przez inne źródła światła, a działa się to w latach 2009-2012; rozporządzenie Komisji Europejskiej, stanowiące, o zakazie stosowania żarówek weszło w życie w 2009 r. jako realizacja dyrektywy Parlamentu Europejskiego z 2005 r. Chyba, że przez tradycyjne żarówki rozumie Pani coś innego niż te z drucikiem wolframowym (str. 39)?*
- *Nie bardzo rozumiem potrzebę tłumaczenia polskich słów na angielski w autoreferacie – np. na str. 37 widma fotoluminescencyjne (ang. photoluminescence, PL)? Tego rodzaju terminy jak fotoluminescencja od dawna obowiązują w polskiej nomenklaturze chemicznej.*

**A2** Praca oznaczona jako A2 poświęcona jest badaniu wpływu węgla na aktywność katalizatora TiO<sub>2</sub> – Ho<sup>3+</sup>. Tak jak wspominałam w rozdziale 4.2 sam zamysł kontrolowania ilości węgla niezbyt polubiłam, tym niemniej w chemii jak to w chemii zawsze można się spodziewać zupełnie nieoczekiwanych rezultatów. Zresztą sama doktorantka pisze we wstępie, iż „amorficzny węgiel[...]może być odpowiedzialny za obniżenie wydajności[...]luminescencji.”

Tym razem do syntezy podstawowego materiału, czyli TiO<sub>2</sub>-Ho<sup>3+</sup> została wybrana metoda hydrotermalna co wymaga dobrania odpowiedniej temperatury kalcynacji w celu pozbycia się organicznych resztek prekursora. Stąd możliwa jest obecność węgla w otrzymanych kompozytach, co wzbudziło zainteresowanie autorów publikacji

*Uwagi:*

- *Całkiem do niedawna „Technikę spalania z detekcją chromatograficzną – analizę CHNS” nazywaliśmy „Analizą elementarną”. To jedna z moich ulubionych, dokładnych technik, cieszę się, że Pani ją wybrała i proponuję zachowanie tej starej nazwy pomimo automatyzacji oznaczenia (str.43).*
- *Czy rzeczywiście domieszka jonów holmu(III) powoduje poszerzenie przerwy energetycznej TiO<sub>2</sub> (str. 43)? W innym miejscu pisała Pani o zwężeniu pasma wzbronionego (str. 49).*

*Wiel*

- kolejne „dziwne zdanie” na str. 50: „po 60 min naświetlania 89% fenol uległo degradacji w obecności  $TiO_2$  współmodyfikowany 0.25% mol  $Ho^{3+}$  i 5% mol. C.

**A3 oraz A4** W ramach prac A3/A4 zrealizowano pomysł wytworzenia kompozytów z ditlenku tytanu oraz sieci nieorganiczno-organicznych zawierających jony lantanowców. Preparatyka tego rodzaju kompozytów jest dość złożona, ale doktorantka wywiązała się z zadania otrzymując materiały zawierające cztery różne lantanowce oraz różniące się zawartością tych lantanowców. Przygotowanie materiałów o różnej zawartości LnMOF pozwoliło następnie na ustalenie optymalnego - ze względu na aktywność katalityczną - składu. Skład materiałów został określony poprzez dyfrakcję proszkową, spektroskopię w podczerwieni oraz spektroskopię fotoelektronową. Wyznaczono powierzchnię właściwą, trwałość termiczną oraz właściwości absorpcyjne fotokatalizatorów. Doktorantka zbadała aktywność fotokatalityczną kompozytów w reakcji degradacji fenolu przy czym moją uwagę zwróciło bardzo staranne dobranie warunków odniesienia dla testów aktywności katalitycznej. Testy kontrolne prowadzono zarówno dla układu bez katalizatora jak i bez naświetlania. Ponadto przed wykonaniem testu wyznaczano czas ustalenia się równowagi sorpcyjnej (fenolu/jonów dichromianowych(VI)) na katalizatorze, aby określić optymalny czas prowadzenia reakcji. Moim zdaniem te eksperymenty są znakiem firmowym grupy badawczej pracującej pod opieką prof. Zaleskiej-Medyńskiej. Spośród przebadanych jonów lantanowców tylko materiały zawierające Nd wykazywały zjawisko konwersji w górę co było skorelowane z aktywnością fotokatalityczną (A3). Z kolei materiały zawierające układ redoks  $Ce^{4+}/Ce^{3+}$  zostały wykorzystane do generowania wodoru w różnych układach woda/związek organiczny.

Uwagi:

- opis widm w podczerwieni nie zgadza się z tym przedstawionym w publikacji (str. 53)?
- „Na przedstawionych rentgenogramach odnotowano obecność pasm przy około  $1660\text{ cm}^{-1}$ ” – opis dotyczy widm w podczerwieni, nie rentgenogramów (str. 53).
- obecność azotu w próbce  $TiO_2\text{-COO-}$  wynika z użycia APTES jako czynnika sprzęgającego i tworzących się w reakcji z bezwodnikiem bursztynowym wiązań amidowych – czy można go odróżnić od DMF za pomocą techniki XPS (str. 54)?
- „cząsteczki molekularne” – a mogą być inne (str. 63)?
- „Mechanizm wzbudzenia[...] jest bardziej skompilowany” (str. 63).
- „butanolu tytanu(IV)” – butanolanu (str. 65).
- pasma drgań rozciągających OH nie mogą pochodzić od zaadsorbowanego DMF (str. 67).
- napisała Pani, iż na rentgenogramach materiałów hybrydowych nie zarejestrowano dodatkowych refleksów, co świadczy o braku zanieczyszczeń. Czy zanieczyszczenia nie mogą być amorficzne?
- „procesu kompleksowania” (str. 68).
- „funkcjonizacja” – raczej funkcjonalizacja (str. 70)
- „co zostało omówione w rozdziale 3.7” – w pracy nie ma rozdziału 3.7?

#### 4.4 Podsumowanie całej pracy

Ten krótki rozdział celnie i merytorycznie wypunktowuje najważniejsze osiągnięcia pracy doktorskiej. Nie będę już wskazywać poszczególnych błędów składniowych pozwolę sobie zauważyć jedynie, że wystarczyłoby go zatytułować Podsumowanie, gdyż słowo *podsumowanie* implikuje odniesienie do wszystkich poprzednich rozdziałów (całej pracy).

ADOT

## 4.5 Bibliografia

Bibliografia obejmuje 209 aktualnych pozycji z dziedziny chemii materiałów i została przygotowana w staranny sposób. Liczba odnośników literaturowych blisko powiązanych z tematyką pracy, które ukazały się w ciągu ostatniej dekady dobrze ilustruje konkurencję naukową w dziedzinie fotokatalizy.

## 4.6 Załączniki

Uwagi:

- „Artykuły naukowe wchodzące w skąd rozprawy (str. 103)”

## 5. Pozostałe uwagi i wniosek końcowy

Publikacje zebrane jako praca doktorska mgr Patrycji Parnickiej to zbiór nowatorskich pomysłów, zrealizowanych przez doktorantkę i jej promotorki w szerokiej współpracy między różnymi jednostkami i uczelniami. Problemem naukowym, który rozwiązywała doktorantka, był wpływ zastosowania jonów lantanowców wprowadzanych lub wiązanych na różne sposoby do ditlenku tytanu na procesy fotochemiczne zachodzące na powierzchni  $TiO_2$ . W ramach prowadzonych badań osiągnięto szereg ciekawych rezultatów wykazując m.in. możliwość wykorzystania stopów Ti-REE do otrzymywania kompozytów czy też korelując zwiększenie aktywności fotokatalizatorów z procesem up-konwersji. Każda z przedstawionych do oceny publikacji to kompletny zestaw badań zawierający opis syntezy, kompletną charakterystykę fizykochemiczną, badania aktywności katalitycznej i próby wyjaśnienia mechanizmu reakcji zachodzących na powierzchni katalizatora. W każdej z publikacji udział doktorantki był bardzo istotny i polegał na przygotowaniu materiałów kompozytowych, wykonaniu części badań fizykochemicznych, badaniu aktywności katalitycznej i badaniu mechanizmów reakcji. Doktorantka opracowywała również treść manuskryptów.

W odniesieniu do autoreferatu przedstawiłam dosyć liczne uwagi i na pewno nie wyliczyłam wszystkich uchybień. Recenzując prace awansowe obserwuję, że iż coraz mniej czasu ich autorzy poświęcają na przedstawianie wyników badań w poprawnej polszczyźnie. Z jednej strony jestem już na tyle wiekowa, że mnie to irytuje, zaś z drugiej strony rozumiem, iż potrzeba konkurencji w dziedzinie chemii materiałów znajdującej się w fazie burzliwego rozwoju, nie pozwala poświęcać zbyt wiele czasu na cyzelowanie autoreferatów. W autoreferacie mgr P. Parnickiej kilkakrotnie znalazło się znamienne stwierdzenie, że : "W chwili podjęcia prac nie było doniesień w literaturze światowej o wykorzystaniu tego rodzaju struktur do...". Oznacza to zapewne, iż już w trakcie wykonywania badań takie doniesienia mogły się pojawiać. Doktorat mgr P. Parnickiej dotyczy problematyki aktualnej, rozwijanej przez wiele grup badawczych, dlatego być może ja sama będąc na miejscu Doktorantki poświęciłabym raczej czas na pisanie kolejnej publikacji zamiast starannego przygotowania autoreferatu.

Kandydatka nie tylko miała szczęście uczyć się prowadzenia badań naukowych w dynamicznie rozwijającym się zespole, ale też stała się ważną częścią tego zespołu. Całkowity dorobek mgr P. Parnickiej obejmuje 10 artykułów w czasopiśmie JCR, 4 inne artykuły i 48 (!) komunikatów na konferencjach naukowych. Doktorantka jest współautorką zgłoszenia patentowego, uczestniczyła w realizacji projektów badawczych i kierowała projektem Preludium.

Stwierdzam, iż przedstawiona mi do oceny praca spełnia wymagania Art. 187. Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” czyli stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i wnioskuję o dopuszczenie mgr Patrycji Parnickiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Anna Dolega

Prof. dr hab. inż. Anna Dołęga  
Katedra Chemii Nieorganicznej  
e-mail: anndoleg@pg.edu.pl

Gdańsk, 21.06.2022 r.

### WNIOSEK O WYRÓŻNIENIE

#### **pracy doktorskiej mgr Patrycji Parnickiej pt. "Struktury półprzewodnikowe na bazie ditlenku tytanu oraz metali ziem rzadkich do zastosowań fotokatalitycznych"**

Wniosek o wyróżnienie rozprawy mgr P. Parnickiej składam ze względu na nowatorskie pomysły, które zostały zrealizowane w pracy doktorskiej, obszerny i kompletny charakter badań – od opracowania syntezy materiału do próby zdefiniowania mechanizmu katalizowanej przez materiał reakcji. Na podstawie oświadczeń stwierdzam, iż udział mgr P. Parnickiej w prowadzonych badaniach był istotny na wszystkich etapach powstawania publikacji. O ważności i aktualności tematyki może dodatkowo zaświadczyć liczba obcych cytowań czterech prac wchodzących w skład rozprawy doktorskiej, która w dniu podpisywania przeze mnie recenzji wynosiła: 41. Są to cytowania trzech publikacji, ponieważ jedna z nich ukazała się online 25.03.2022 zatem jest zrozumiałe, że nie mogła być jeszcze cytowana. Materiały, które powstały w wyniku realizacji pracy doktorskiej mają szansę na wdrożenie – szczególnie te wytwarzane przy pomocy względnie prostej metody anodyzacji odpowiednich stopów.

Anna Dołęga