

RECENZJA

Osiągnięcia naukowego dr inż. Pawła Głuchowskiego

„Opisanie wpływu rodzaju metody syntezy, wielkości krystalitów, stechiometrii matrycy i ciśnienia przyłożonego podczas spiekania na właściwości strukturalne i spektroskopowe nanoproszków i nanoceramik granatów gadolinowo-galowo-glinowych”

oraz

całokształtu dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego Habilitanta.

Podstawę opracowania recenzji stanowią:

- pismo Przewodniczącego Rady Doskonałości Naukowej prof. dr hab. Grzegorza Węgrzyna z dnia 26.09.2023,
- dokumenty dołączone do wniosku dr inż. Pawła Głuchowskiego.

1. Informacje ogólne

Dr inż. Paweł Głuchowski jest absolwentem Politechniki Wrocławskiej, której w roku 2004 uzyskał dyplom magistra inżyniera na kierunku Inżynieria Materiałowa. Pracę dyplomową „Zbadanie przydatności $LaAlO_3$ domieszkowanego jonami Pr^{3+} i Tm^{3+} do akcji laserowej” opracował pod kierunkiem dr. hab. Przemysława Derenia.

Stopień doktora nauk fizycznych w zakresie fizyki został Mu nadany przez Radę Naukową Instytutu Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych im. Włodzimierza Trzebiatowskiego Polskiej Akademii Nauk (INTiBS PAN) w roku 2013. Rozprawa doktorska „Synteza i zbadanie własności optycznych nanokrystalów oraz nanoceramik $Y_3Al_5O_{12}$ i $MgAl_2O_4$ domieszkowanych jonami Cr^{3+} ” została przygotowana pod promotorstwem prof. dr hab. Wiesława Stręka.

Dotychczasowe życie zawodowe Habilitant związał z INTiBS PAN, gdzie w latach 2005 – 2009 pracował na stanowisku technicznym, w latach 2009 – 2014 był asystentem, a po uzyskaniu stopnia doktora został zatrudniony na stanowisku adiunkta w roku 2014. W okresie IX 2013 – VII 2014 odbył staż *Senior Researcher* na Uniwersytecie w Turku w Finlandii.

Ponadto dr inż. Paweł Głuchowski odbył studia podyplomowe z Zarządzania Projektami ukończone na Uniwersytecie Ekonomicznym we Wrocławiu (zakończone uzyskaniem certyfikatu IBM Corporate Readiness Certificate oraz Prince 2® Foundation).

2. Ocena osiągnięcia naukowego „Opisanie wpływu rodzaju metody syntezy, wielkości krystalitów, stechiometrii matrycy i ciśnienia przyłożonego podczas spiekania na właściwości strukturalne i spektroskopowe nanoproszków i nanoceramik granatów gadolinowo-galowo-glinowych”, przedstawionego przez dr. inż. Pawła Głuchowskiego jako osiągnięcie naukowe w rozumieniu art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.).

Na przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe składa się cykl 9 artykułów naukowych opublikowanych w czasopiśmie o wysokim współczynniku IF (łącznie IF wynosi 37,671, średni dla tego cyklu publikacji 4,186). Prace dotyczą zarówno metod przygotowywania proszków oraz syntezy granatów GGG, jak i wpływu wybranych parametrów na ich własności spektralne. Analizowane są zarówno proszki jak i ceramiki po spieczeniu. Prace są spójne, prezentują materiał w jednolity sposób, są wieloautorskie. Zgodnie z deklaracjami współautorów oraz informacjami o wkładach poszczególnych autorów zamieszczonych w publikacjach, udział Habilitanta w ich napisaniu był istotny. W większości publikacji była to konceptualizacja badań, przygotowanie draftu artykułu, kierowanie pracami badawczymi i zapewnienie finansowania.

Głównym osiągnięciem pracy przedstawionej w cyklu publikacji P1 – P9, jest dogłębne zbadanie luminescencji konwencjonalnej i opóźnionej w granatach gadolinowo-galowo-glinowych domieszkowanych jonami ziem rzadkich. Analiza zjawiska luminescencji pozwoliła na zbadanie wpływu rodzaju metody syntezy, wielkości krystalitów, stechiometrii matrycy czy ciśnienia stosowanego podczas spiekania wcześniej otrzymanych proszków na własności spektroskopowe badanych proszków i ceramik.

W pracach przedstawiono również możliwe mechanizmy transferu energii odpowiedzialnych za zjawisko opóźnionej luminescencji w matrycy $Gd_3Ga_3Al_2O_{12}$ domieszkowanej jonami pierwiastków ziem rzadkich. Opracowano i udokumentowano metody modyfikowania opóźnionej luminescencji w badanych strukturach oraz sterowania tym zjawiskiem.

Habilitant wykazał się imponującą biegłością w preparatyce proszków a następnie granatów GGG oraz analizie ich własności fizycznych. W ramach realizacji prac opisanych w publikacjach składających się na przedstawione do oceny dzieło, przygotowano szereg proszków różniących się wielkością ziaren, rodzajem i stężeniem domieszek oraz stechiometrią matrycy. Używając metody spiekania pod wysokim ciśnieniem, wykonano szereg ceramik z wcześniej przygotowanych proszków. Dodatkowo wykonano eksperyment z wykorzystaniem płatek grafenowych, mający na celu zmianę przewodnictwa cieplnego ceramiki $Gd_3Ga_3Al_2O_{12}$. Pozwoliło to na zbadanie wpływu temperatury na transport energii pomiędzy pułapkami a centrami aktywnymi optycznie. W szczególności w pracach zbadano następujące zjawiska:

- Wpływ rozmiaru krystalitów na właściwości spektroskopowe proszków $Gd_{3-x}RE_xGa_3Al_2O_{12}$,

- Wpływ ciśnienia przyłożonego w trakcie procesu spiekania na właściwości spektroskopowe nanoceramik $Gd_{3-x}RE_xGa_3Al_2O_{12}$,
- Wpływ metody syntezy na właściwości spektroskopowe proszków $Gd_{3-x}RE_xGa_3Al_2O_{12}$,
- Wpływ koncentracji domieszki na właściwości spektroskopowe proszków $Gd_{3-x}Ce_xGa_3Al_2O_{12}$ i $Gd_{3-x}Tb_xGa_3Al_2O_{12}$,
- Wpływ zmiany stechiometrii matrycy na właściwości spektroskopowe proszków $Gd_{2.97}Tb_{0.03}Ga_{5-x}Al_xO_{12}$,
- Wpływ domieszki zmieniającej przewodnictwo cieplne na właściwości spektroskopowe ceramik $Gd_{2.994}Ce_{0.006}Ga_3Al_2O_{12}$ i $Gd_{2.964}Ce_{0.006}Dy_{0.03}Ga_3Al_2O_{12}$,

Ponadto w przedłożonych do oceny pracach zaproponowano mechanizmy, które mogą tłumaczyć transfer energii pomiędzy pułapkami, pasmem przewodnictwa a jonami luminescencyjnymi. Bazując na danych uzyskanych z widma absorpcji, luminescencji opóźnionej, termoluminescencji, oraz rentgenowskiej spektroskopii fotoelektronowej (ang. *X-ray photoelectron spectroscopy*, XPS) Habilitant przedstawił ogólny przebieg transferu energii w granatach gadolinowo-galowo-glinowych. Mechanizm opóźnionej luminescencji opierał się głównie na pułpkowaniu energii w defektach indukowanych poprzez różne czynniki.

Habilitant również określił wpływ różnych czynników na właściwości spektroskopowe wybranych materiałów z rodziny granatów domieszkowanych jonami ziem rzadkich ($Gd_{3-x}RE_xGa_3Al_2O_{12}$).

Podsumowując ocenę osiągnięcia naukowego „**Opisanie wpływu rodzaju metody syntezy, wielkości kryształitów, stechiometrii matrycy i ciśnienia przyłożonego podczas spiekania na właściwości strukturalne i spektroskopowe nanoproszków i nanoceramik granatów gadolinowo-galowo-glinowych**”, stwierdzam, że Habilitant osiągnął zamierzone cele badawcze poprzez wykazanie, że:

- wielkość kryształitów ma istotny wpływ na właściwości spektroskopowe. Zjawisko to wynika z związanej z nimi zmiany powierzchni właściwej ziaren oraz stosunku jonów powierzchniowych do objętościowych. W miarę wzrostu rozmiarów kryształitów, powierzchnia właściwa ziaren maleje, co prowadzi do mniej intensywnego oddziaływania z otoczeniem. Dodatkowo jony znajdujące się na powierzchni są słabiej koordynowane przez otaczające je ligandy. Słaba koordynacja wpływa na odległości międzyjonowe, co przyczynia się do obniżenia intensywności luminescencji, ale jednocześnie może być źródłem defektów wydłużających czas trwania opóźnionej luminescencji;
- modyfikacje strukturalne matrycy krystalicznej mają istotny wpływ na kontrolowanie szerokości przerwy energetycznej, co ściśle wiąże się ze zmianą odległości pomiędzy dnem pasma przewodnictwa a pasmem 5d oraz z obecnością pułapek energetycznych w strukturze. W wyniku zaplanowanych zmian można kontrolować liczbę i właściwości pułapek, co może prowadzić do dwóch skrajnych efektów: całkowitego wygaszenia lub wzmocnienia opóźnionej luminescencji.
- stężenie domieszki w matrycy ma wpływ zarówno na luminescencję konwencjonalną jak i opóźnioną. Co ciekawe zmiany te mogą być różne dla obu typów emisji. W

przypadku luminescencji konwencjonalnej wzrost stężenia domieszek działających jako centra optycznie aktywne, może do pewnego poziomu zwiększać intensywność emisji. W przypadku luminescencji opóźnionej wzrost stężenia domieszki może prowadzić do powstawania klastrów defektów, które mogą ją wygaszać dlatego niska koncentracja centrów optycznych może być korzystna;

- wysokie ciśnienie wykorzystywane w procesie wytwarzania ceramiki powoduje powstawanie w nich naprężeń oraz defektów krystalicznych zwiększających głębokość pułapek i w konsekwencji wydłużenie czasu trwania opóźnionej luminescencji;
- metodyka syntezy materiałów proszkowych ma znaczący wpływ na właściwości spektroskopowe badanych materiałów. Związane jest to zarówno z wielkością kryształitów (temperatura wygrzewania), ale również z utleniającą lub redukującą atmosferą syntezy, która może zmieniać stopień utlenienia jonów optycznie aktywnej domieszki;
- dodatek grafenu poprawia przewodnictwo cieplne ceramiki, co pozwala wydłużyć opóźnioną luminescencję. Pokazano, że należy używać materiałów o wysokim przewodnictwie cieplnym, które jednocześnie przez swoją barwę nie powodują absorpcji promieniowania emitowanego z próbki;
- możliwe jest kontrolowanie koloru i mocy emisji konwencjonalnej, oraz intensywnością i czasem trwania opóźnionej luminescencji, jak również rozkładem, typem i głębokością pułapek w matrycy.

Habilitant wykazał, że możliwe jest projektowanie nowych materiałów wykazujących opóźnioną luminescencję.

3. Ocena całkowitego dorobku naukowego, dorobku dydaktycznego oraz działalności organizacyjnej i popularyzatorskiej dr inż. Pawła Głuchowskiego.

W okresie realizacji prac badawczych składających się na ciąg publikacji P1 – P9 opisany we wniosku habilitacyjnym, habilitant prowadził również badania nad innymi materiałami współpracując z jednostkami naukowymi w Polsce i zagranicą. W ramach tej współpracy habilitant został współautorem dodatkowych 48 publikacji (łącznie IF 221,086). Swoje wyniki przedstawiał na kilkunastu konferencjach, podczas których zaprezentował wyniki w formie 5 wystąpień ustnych oraz 7 wykładów na zaproszenie. Był również organizatorem 3 konferencji oraz realizował 7 projektów badawczych. Współpracując ściśle z kilkoma zagranicznymi jednostkami naukowymi wygłaszał w nich seminaria podczas krótkoterminowych pobytów badawczych związanych z realizacją projektów naukowych.

Dane naukometryczne:

Sumaryczny IF dla wszystkich dotychczasowych publikacji habilitanta wynosi 309,513. Przy czym wskaźnik 43,672 został osiągnięty do czasu obrony doktoratu, a od czasu uzyskania tytułu doktora do dnia składania wniosku 265,841. Liczba cytowań dla prac habilitanta wynosi: 1391, w tym bez autocytowań 1277 (Scopus). Index Hirsha dla habilitanta na dzień 14.06.2023 wynosi 21 (Scopus).

Działalność dydaktyczna.

Habilitant współpracuje z Wydziałem Chemicznym Politechniki Wrocławskiej, na którym prowadzi prace dyplomowe inżynierskie i magisterskie. Dotychczas był promotorem 3 prac inżynierskich i 3 prac magisterskich.

W chwili obecnej Habilitant jest promotorem pomocniczym doktorantki: Daniela Kujawa „Synteza kropek węglowych wykazujących fosforescencję i ich zastosowanie w fotodegradacji związków organicznych”, obrona jest planowana na 2024 rok.

Działalność gospodarcza.

Na podkreślenie zasługuje działalność gospodarcza Habilitanta. Opracował kilkanaście zgłoszeń patentowych i uzyskał 4 patenty międzynarodowe. Patenty i aplikacje były podstawą do założenia 2 spółek technologicznych w których dr inż. Paweł Głuchowski został Prezesem Zarządu. Doświadczenie zdobyte w zarządzaniu firmami Habilitant wykorzystuje w pracy z zespołem w Instytucie oraz przy projektowaniu materiałów, nad którymi pracuje, tak aby były one jak najbardziej dopasowane do potrzeb rozwijającego się rynku. Ma to niewątpliwie pozytywny wpływ na formułowane aplikacyjne cele badawcze.

4. Ocena całościowa i wniosek końcowy

Przedstawiony dr inż. Pawła Głuchowskiego cykl publikacji składający się na osiągnięcie naukowe „**Opisanie wpływu rodzaju metody syntezy, wielkości kryształitów, stechiometrii matrycy i ciśnienia przyłożonego podczas spiekania na właściwości strukturalne i spektroskopowe nanoproszków i nanoceramik granatów gadolinowo-galowo-glinowych**” stanowi wg mnie istotny i znaczący wkład w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne.

Habilitant określił wpływ różnych czynników na właściwości spektroskopowe wybranych materiałów z rodziny granatów domieszkowanych jonami ziem rzadkich ($Gd_{3-x}RE_xGa_3Al_2O_{12}$) oraz w znacznym stopniu wyjaśnił mechanizm opóźnionej luminescencji i wykazał możliwość projektowania materiałów z grupy GGG o zadanych własnościach aplikacyjnych.

W konkluzji stwierdzam, że przedłożone osiągnięcie habilitacyjne oraz całokształt dorobku naukowego, oraz pozostała aktywność dydaktyczna i organizacyjna dr inż. Pawła Głuchowskiego spełniają kryteria zawarte w artykule 219 ust 1 pkt 2 i 3 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021r poz. 478 z późniejszymi zmianami).

Stanowią one znaczny oraz oryginalny wkład Kandydata w rozwój dyscypliny nauki chemiczne oraz posiadają wymagane walory naukowe i poznawcze, czyli mogą stanowić podstawę do nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego. Wnoszę zatem o dopuszczenie Pana dr inż. Pawła Głuchowskiego do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

