



Wrocław, 8 września 2020r.

Prof. Robert Kudrawiec  
Katedra Inżynierii Materiałów Półprzewodnikowych  
Wydział Podstawowych Problemów Techniki  
Politechnika Wroclawska  
ul. Wybrzeże S. Wyspiańskiego 27,  
50-370 Wrocław  
Tel.: +48-71320-42-80, Fax: +48-71-328-36-96  
e-mail: [robert.kudrawiec@pwr.edu.pl](mailto:robert.kudrawiec@pwr.edu.pl)

**Recenzja pracy doktorskiej mgra Wojciecha Wegnera zatytułowanej „*Nowe wielofunkcyjne materiały oparte na związkach boru i magnezu, lantanowców lub wybranych metali przejściowych: synteza i charakterystyka fizykochemiczna*”**

Praca doktorska Pana mgra Wojciecha Wegnera jest pracą eksperymentalną na styku fizyki i chemii i jej głównym celem jest „*synteza oraz badania właściwości fizykochemicznych materiałów opartych na związkach boru i magnezu, lantanowców lub wybranych metali przejściowych i rozpoznanie ich możliwej wielofunkcyjności*”.

Rozprawa składa się z pięciu rozdziałów z czego rozdział IV stanowi kluczową jej część, w której doktorant przedstawia wyniki swoich badań i odnosi się do szczegółowych celów rozprawy doktorskiej sformułowanych we wstępie. Tymi celami są: 1) synteza nowych związków chemicznych oraz określenie ich struktury krystalicznej, 2) zbadanie otrzymanych układów pod względem ich zdolności magazynowania wodoru, 3) synteza wybranych materiałów ceramicznych, oraz 4) zbadanie właściwości magnetycznych borowodorków metali. Biorąc pod uwagę przytoczony cele oraz wyniki przedstawione w rozprawie należy podkreślić, że badania te mają charakter badań podstawowych, które motywowane są aplikacjami z obszaru fizykochemii. Taką ważną aplikacją w tym wypadku jest magazynowanie wodoru, które uważam za jedno z większych wyzwań cywilizacyjnych na obecną chwilę.

Rozdziały II i III wprowadzają czytelnika do tematyki dysertacji i obejmują: rozdział II - wprowadzenie literaturowe na temat magazynowania energii, borowodorków oraz materiałów ceramicznych oraz rozdział III - opis stosowanych metod badawczych gdzie każdej z metod zastosowanych przez doktoranta poświęcony jest odpowiedni podrozdział.

Podsumowując te dwa rozdziały rozprawy uważam, że czyta się je bardzo dobrze, balans pomiędzy długością opisu oraz zawartością informacji potrzebnych do zrozumienia wyników eksperymentalnych przedstawionych w głównej części rozprawy jest dobrze wyważony. Doktorant w odpowiednich miejscach odsyła czytelnika do odpowiedniej literatury, a jej dobór jest właściwy i świadczy o bardzo dobrej znajomości literatury przedmiotu. Tutaj chciałbym podkreślić, że bardzo spodobał mi się podrozdział na temat magazynowania energii w postaci wodoru gdzie autor wprowadza pewne kryteria w magazynowaniu energii zaproponowane przez DoE, którymi następnie posługuje się w dalszej części rozprawy porównując między



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



sobą różne rozwiązania. Takie podejście pozwala w sposób krytyczny spojrzeć na prowadzone badania i patrząc od tej strony oceniam, że podjęty wysiłek ma swoje uzasadnienie, a uzyskane wyniki potwierdzają, że skuteczne magazynowanie wodoru jest wciąż dużym wyzwaniem.

Odnosząc się do części zasadniczej rozprawy przedstawionej w rozdziale IV uważam, że podział wyników na poszczególne podrozdziały i pod-podrozdziały jest bardzo właściwy i logiczny. Trochę przytłaczająca i męcząca w czytaniu może być liczba zsyntezowanych i przebadanych związków, a co za tym idzie pewne powtórzenia rysunków uzyskanych dla kolejnych związków. Jednak nie oceniałbym tego negatywnie pod względem merytorycznym. Uważam, że właśnie w doktoracie jest miejsce na to żeby przedstawić większą część wyników w takiej sekwencji/ułożeniu jakim nie robi się tego w publikacjach naukowych. W niniejszej rozprawie wyraźnie widać, że doktorant z tego skorzystał a przez to, że było tego bardzo dużo rozprawa jest bardzo obszerna. W doktoracie opisano ponad pięćdziesiąt związków chemicznych, z których około trzydzieści stanowi nowe związki. Główną grupą są bogate w wodór borowodorki metali, otrzymane w prawie czterdziestu fazach, z czego dwadzieścia pięć jest nowych, scharakteryzowanych fizykochemicznie po raz pierwszy w ramach tej rozprawy jak twierdzi autor. To stanowi bardzo istotny wkład do literatury przedmiotu zwłaszcza, że dla związków tych określono strukturę krystaliczną oraz opisano sposób ich syntezy.

Zgodnie z motywacją przedstawioną we wstępie rozprawy materiały te scharakteryzowano pod kątem zastosowania ich jako chemiczne magazyny wodoru oraz jako prekursorzy materiałów ceramicznych. W tym celu został zbadany proces ich rozkładu termicznego, a w tym stałe i gazowe produkty tworzące się podczas tego procesu. Zaobserwowano, że większość otrzymanych układów podczas procesu rozkładu termicznego wydziela czysty wodór do 650°C już od temperatury ok. 170–200°C. Wyjątki od tej reguły stanowiły borowodorki Eu, Yb i Sm. Zaobserwowano, że uzyskane materiały kompozytowe posiadają co najmniej 9% wag. zawartości wodoru. Dodatkowo zaobserwowano, że obecne w układzie związki lantanowców lub produkty ich rozkładu termicznego mogą wpływać na rozkład  $\text{LiBH}_4$ . W przedziale do 450°C z układów kompozytowych obserwowano uwalnianie większej ilości zawartego w nich wodoru (71–83% z teoretycznej zawartości 9,0–9,2% wag.  $\text{H}_2$ ) niż w wypadku samego, czystego  $\text{LiBH}_4$  (ok. 20% lub mniej z teoretycznej zawartości 18,5% wag.  $\text{H}_2$ ). Tak więc badane materiały kompozytowe wydzielają 8–9% wag. wodoru do temperatury 650°C. Oznacza to, że przebadane związki posiadają stosunkowo niską temperaturę wydzielania wodoru. W większości przypadków wodór wydzielany jest w czystej formie, a sam proces wydzielania wodoru jest w ich przypadku endotermiczny, co również jest ich zaletą. Słabą stroną tego typu związków jest wysoka cena lantanowców co w istotny sposób może ograniczać zastosowanie tego typu materiałów w magazynowaniu wodoru. Jednak uważam, że nie umniejsza to walorów poznawczych niniejszej rozprawy doktorskiej.

Dodatkowo w dysertacji po raz pierwszy kompleksowo opisano magnetyczne właściwości borowodorków metali. Doktorant opisał w dysertacji naturę nadwymiany magnetycznej borowodorków lantanowców i ich pochodnych, wartości stałych nadwymiany (J), parametry wektorowe pola ligandów oraz parametry skalarnie pola



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Politechnika Wroclawska

Wybrzeże Wyspiańskiego 27  
50-370 Wrocław  
Budynek A-1

Tel: +48 71 320 25 23  
Fax: +48 71 320 34 09

dziekan.wppt@pwr.edu.pl  
<http://wppt.pwr.edu.pl>

REGON: 000001614  
NIP: 896-000-58-51  
Bank Zachodni WBK S.A.  
37 1090 2402 0000 0006 1000 0434



krystalicznego. Należy tutaj podkreślić, że zagadnienie to pod względem obliczeń z pierwszych zasad wciąż jest wyzwaniem. Widać, że doktorant jest tego świadom bo chce kontynuować te badania/obliczenia. Dotychczas uzyskane wyniki i ich interpretacje oceniam pozytywnie biorąc pod uwagę ograniczenia w zastosowanych pakietach obliczeniowych.

Przechodząc do końcowej oceny dysertacji uważam, że doktorant uzyskał bardzo ciekawe wyniki, które zostały opublikowane w bardzo dobrych czasopismach (*Dalton Transitions, European Journal of Inorganic Chemistry, Journal of Alloys and Compounds, Acta Crystallographica Section C*). Chciałbym podkreślić, że prace te stanowią bardzo cenny wkład do literatury przedmiotu i dostrzegane są przez środowisko naukowe zajmujące się tą tematyką, tj. są już cytowane 30 razy i z pewnością będą cytowane w przyszłości. W pracach tych doktorant jest pierwszym autorem co dodatkowo podkreśla jego rolę w przytoczonych badaniach/publikacjach. Uważam, że w takim wypadku pomimo publikacji, które mogły by być podstawą do obrony doktoratu, ważną rolę odgrywa zebranie wyników i opisanie ich w jednym miejscu tj. w pracy doktorskiej. To zadanie doktorant zrealizował wzorowo zarówno pod względem merytorycznym jak i redakcyjnym. Uważam, że niniejsza dysertacja zredagowana jest perfekcyjnie. Odnosząc się do dyskusji wyników przedstawionych w dysertacji chciałbym zaznaczyć, że nie dostrzegam błędów pojęciowych, interpretacyjnych lub wewnętrznych sprzeczności.

Podsumowując uważam, że rozprawa doktorska Pana mgr Wojciecha Wegnera spełnia wszystkie wymagania stawiane przez ustawę o stopniach naukowych dla rozpraw na tytuł doktora oraz zwyczajowo przyjęte kryteria w środowisku z tej dziedziny. Dlatego wnioskuję o dopuszczenie mgr Wojciecha Wegnera do publicznej obrony niniejszej rozprawy, a w przypadku pozytywnej obrony wnioskuję o jej wyróżnienie ze względu na wartość merytoryczną przedstawionych wyników w poruszanej dziedzinie (synteza wielu nowych związków po raz pierwszy oraz wyznaczenie ich właściwości fizyko-chemicznych daje duże szanse, że prace te będą cytowane wielokrotnie przez długi czas), a także stronę redakcyjną niniejszej rozprawy.

Robert Kudrawiec



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Politechnika Wroclawska

Wybrzeże Wyspiańskiego 27  
50-370 Wrocław  
Budynek A-1

Tel: +48 71 320 25 23  
Fax: +48 71 320 34 09

dziekan.wppt@pwr.edu.pl  
<http://wppt.pwr.edu.pl>

REGON: 000001614

NIP: 896-000-58-51

Bank Zachodni WBK S.A.

37 1090 2402 0000 0006 1000 0434



Wrocław, 8 września 2020r.

Prof. Robert Kudrawiec  
Katedra Inżynierii Materiałów Półprzewodnikowych  
Wydział Podstawowych Problemów Techniki  
Politechnika Wroclawska  
ul. Wybrzeże S. Wyspiańskiego 27,  
50-370 Wrocław  
Tel.: +48-71320-42-80, Fax: +48-71-328-36-96  
e-mail: [robert.kudrawiec@pwr.edu.pl](mailto:robert.kudrawiec@pwr.edu.pl)

**Uzasadnienie wniosku o wyróżnienie rozprawy doktorskiej  
mgra Wojciecha Wegnera „Nowe wielofunkcyjne materiały oparte na  
związkach boru i magnezu, lantanowców lub wybranych metali przejściowych:  
synteza i charakterystyka fizykochemiczna”**

Uważam, że praca doktorska Pana mgra Wojciecha Wegnera zasługuje na wyróżnienie ze względu na syntezę wielu nowych związków po raz pierwszy, a w tym wyznaczenie ich właściwości fizyko-chemicznych po raz pierwszy co daje duże szanse, że wyniki te będą cytowane wielokrotnie przez długi czas. Ponadto uważam, że wyników jest na tyle dużo, że z nadmiarem wystarczą na doktorat i ten fakt należy docenić w postaci wyróżnienia. Dodatkowo za wyróżnieniem przemawia wiodąca rola doktoranta w uzyskanych wynikach. Takie wnioski wyciągam na podstawie dysertacji oraz publikacji na bazie których powstała ta dysertacja tj. w wymienionych publikacjach doktorant jest pierwszym autorem i tylko takie publikacje włączone są do doktoratu mimo tego, że doktorant jest jeszcze autorem wielu innych publikacji. Ostatecznie odnosząc się do rozprawy, bo ona jest przedmiotem wyróżnienia, uważam, że jest zredagowana wzorowo co również przemawia za jej wyróżnieniem.

Robert Kudrawiec



HR - Katedra Inżynierii Materiałów Półprzewodnikowych

Politechnika Wroclawska  
Wybrzeże Wyspiańskiego 27  
50-370 Wrocław  
Budynek A-1

Tel: +48 71 320 25 23  
Fax: +48 71 320 34 09

[dziekan.wppt@pwr.edu.pl](mailto:dziekan.wppt@pwr.edu.pl)  
<http://wppt.pwr.edu.pl>

REGON: 000001614  
NIP: 896-000-58-51  
Bank Zachodni WBK S.A.  
37 1090 2402 0000 0006 1000 0434