

## RECENZJA

### osiągnięć naukowych doktora Piotra Potery, stanowiących podstawy postępowania habilitacyjnego

Pan Piotr Jakub Potera, urodzony dnia 25 lipca 1974 roku w Krakowie. Aktualne miejsce pracy Pana dra Piotra Potery: Uniwersytet Rzeszowski (UR), Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Inżynierii Materiałowej (adres: ul. St. Pigoń 1, 35-310 Rzeszów).

Pan dr Piotr Potera 28.08.2023 r. złożył „Wniosek przewodni” o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie naukowej „Inżynieria materiałowa” z następującymi Załącznikami: 1) Dane wnioskodawcy; 2) Kopia dokumentu poświadczającego posiadanie stopnia doktora; 3) Autoreferat; 4) Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny „Inżynieria materiałowa”; 5) Oświadczenia współautorów prac; 6) Prace stanowiące osiągnięcie. Złożony „Wniosek przewodni” i wszystkie załączone dokumenty podpisane elektronicznie podpisem zaufanym 29.08.2023 r.

Pan Piotr Potera uzyskał stopień naukowy doktora nauk fizycznych z wyróżnieniem w zakresie fizyki, nadany Uchwałą Rady Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego 18 listopada 2004 roku na podstawie przedstawionej rozprawy doktorskiej p.t.: „Centra barwne w kryształach  $Gd_3Ga_5O_{12}$ ,  $LiNbO_3$ ,  $YAlO_3$ ” po złożeniu przepisanych egzaminów. Promotorem w przewodzie doktorskim Pana Piotra Potery był dobrze znany w Polsce i w Ukrainie prof. dr. hab. Andrzej Matkowski z Instytutu Fizyki UR. Recenzentami pracy doktorskiej byli: wybitny uczyony w dziedzinie spektroskopii optycznej prof. dr. hab. Witold Ryba-Romanowski (INT PAN, Wrocław) i dobrze znany specjalista w dyscyplinie naukowej „Inżynieria materiałowa” dr. hab. Marian Kuźma, prof. UR (Instytut Fizyki). Zaprezentowane powyżej dane wzięte z „Dokumentacji habilitacyjnej dra Piotra Potery” (Załączniki nr 1 i nr 2).

Osiągnięcia naukowe, stanowiące podstawę postępowania habilitacyjnego dra Piotra Potery jest opisane w Autoreferacie pod ogólnym tytułem: „Defektowanie

radiacyjne oraz zmiany absorpcji pod wpływem wysokoenergetycznego promieniowania korpuskularnego krystalicznych materiałów tlenkowych do zastosowania w optoelektronice” (Załącznik nr 3 do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego na podstawie cyklu publikacji powiązanych tematycznie). Autoreferat postępowania habilitacyjnego dra Piotra Potery zawiera informację o posiadanych dyplomach, stopniach naukowych (z podaniem podmiotu nadającego stopień oraz roku ich uzyskania), o jego dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych i omówienie osiągnięć, o których mowa w 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.).

Omówiane w Autoreferacie osiągnięcia to cykl 8 artykułów, powiązanych tematycznie, w których dr Piotr Potera jest pierwszym lub jedynym autorem. We wszystkich wieloautorskich pracach naukowych dr Piotr Potera był m.in. twórcą ich koncepcji i planu badań, znaczna część których została wykonana nim osobiście bądź z jego bezpośrednim udziałem. Odnotowano, że dr Piotr Potera kierował procesem powstawania tych publikacji i był również odpowiedzialny za przygotowanie końcowych wersji manuskryptów artykułów z uwzględnieniem pytań i uwag recenzentów. Według mojej oceny 8 artykułów dra Piotra Potery, które wymieniony w Załączniku nr 4, stanowią znaczący wkład w rozwój dyscypliny naukowej „Inżynieria materiałowa”. Oświadczenia o indywidualnym wkładzie współautorów w artykuły wieloautorskie osiągnięć dra Piotra Potery zamieszczono w Załączniku nr 5, a spis i kopie artykułów, stanowiących cykl publikacji będących podstawą postępowania habilitacyjnego podane w Załączniku nr 6.

W dalszej części Autoreferatu omówione osiągnięcia naukowe dra Piotra Potery stanowiące cykl z 8 artykułów, które oznaczone symbolami [HX], gdzie X oznacza numer kolejnej publikacji. Szczegółową analizę treści recenzowanego postępowania habilitacyjnego dra Piotra Potery, otrzymane i opublikowane wyniki, krytyczne uwagi i pytania do opisu, opracowania oraz interpretacji głównych wyników przedstawione poniżej.

Główne prace naukowe, stanowiące podstawę postępowania habilitacyjnego dra Piotra Potery zostały wykonane w czasie jego zatrudnienia w Instytucie Inżynierii

Materiałowej (Kolegium Nauk Przyrodniczych UR). Najważniejsze wyniki badań w ramach postępowania habilitacyjnego, otrzymane przez dr Piotra Potery w latach 2007 – 2022 zostały opublikowane w szeregu współautorskich prac w czasopiśmie naukowych, umieszczonych w bazie „Scopus”. Zgodnie z danymi naukowymi dr Piotra Potery, zamieszczonymi w Załączniku nr 4, całkowity sumaryczny Impact Factor (IF) jego publikacji wynosi 77,403, liczba cytowań w bazie „Scopus” wynosi 594, w tym 72 autocytaowania, indeks Hirscha w bazie „Scopus” – 12.

W Autoreferacie przed charakterystyka swoich osiągnięć naukowych dr Piotr Potera opisuje tło problemu, który zamierza rozwiązać w ramach postępowania habilitacyjnego. Wymienione główne właściwości krystalicznych materiałów tlenkowych stosowanych w laserach, modulatorach, płytkach światłodziących etc., które mogą ulegać zmianie przy oddziaływaniu z promieniowaniem jonizującym, w tym dodatkowa absorpcja optyczna, spowodowana indukowanymi radiacją centrami barwnymi. Autor na podstawie analizy opublikowanych danych uzasadnia badania odporności radiacyjnej materiałów optoelektronicznych na promieniowanie fotonowe i korpuskularne (elektrony, neutrony, protony) o energii do około 20 MeV, w tym na pierwotne galaktyczne promieniowanie, zawierające protony,  $\alpha$ -cząstki, ciężkie jony i elektrony o średnich energiach  $\sim 10$  GeV. Te badania jest aktualne dla urządzeń pracujących na statkach na orbicie Ziemi, i osobiwo na statkach dla planowanych lotów międzyplanetarnych, co było pomijano we wcześniejszych badaniach odporności radiacyjnej materiałów funkcjonalnych.

W Autoreferacie był sformułowany główny cel badań naukowych dra Piotra Potery w ramach postępowania habilitacyjnego i określony szczegółowe cele, niezbędne dla realizacji głównego celu. Główny cel badań w ramach postępowania habilitacyjnego dra Piotra Potery zawiera następujące szczegółowe celi:

- określenie wpływu promieniowania wiązką prędkich jonów (węgla, uranu i bizmutu) na absorpcję optyczną wybranych krystalicznych materiałów tlenkowych dla optoelektroniki;
- określenie podatności materiałów na tworzenie w nich centrów barwnych w procesie napromieniowania, determinujących ich jakość optyczną;

- identyfikacja mechanizmów odpowiedzialnych za zmiany absorpcji optycznej w krystalicznych materiałach tlenkowych i odpowiednich centrów barwnych powstających pod wpływem napromieniowania prędkimi jonami;
- wyznaczenie stężenia radiacyjnych defektów przemieszczenia, tworzonych w krystalicznych materiałach tlenkowych w funkcji energii elektronów i neutronów, korespondującej z szerokim zakresem energii wtórnego promieniowania kosmicznego.

Na podstawie analizy tła problemu dla osiągnięcia głównej i szczegółowych celów dr Piotr Potera zrealizował 2 następujące grupy badań:

- 1) Analiza wpływu napromieniowania wiązką prędkich jonów (energia  $E > 1 \text{ MeV/u}$ ) na właściwości optyczne wybranych tlenkowych materiałów krystalicznych, włączając analize procesu tworzenia centrów barwnych w oparciu o defekty i domieszki w tych materiałach oraz identyfikacja tworzonych defektów radiacyjnych i procesów zmiany ładunku domieszek i zanieczyszczeń (prace [H1-H4]);
- 2) Analiza procesu defektowania tlenkowych materiałów krystalicznych pod wpływem wiązki wysokoenergetycznych elektronów i neutronów z uwzględnieniem energii cząstek z wykorzystaniem obliczeń numerycznych (prace [H5-H8]).

Analizując dostępne odpowiedni publikacje tematyczne innych autorów widać, że habilitant postawił przed sobą szereg aktualnych dość ambitnych zadań, które zaplanował zrealizować stosując współczesne doświadczalne i obliczeniowe metody fizyki ciała stałego.

W Autoreferacie opisane główne wyniki badań naukowych, stanowiące podstawę postępowania habilitacyjnego dra Piotra Potery, a jego autorski wkład do dziedziny nauk technicznych w dyscyplinie „Inżynieria materiałowa” polega na:

1. scharakteryzowaniu wrażliwości radiacyjnej krystalicznych materiałów tlenkowych stosowanych w optoelektronice na napromieniowanie wiązką prędkich jonów na podstawie analizy dodatkowej absorpcji optycznej;
2. określeniu metodami spektroskopii optycznej mechanizmów odpowiedzialnych za niekorzystny wzrost absorpcji optycznej materiału światłowodów w procesie ich

wytwarzania metodą implantacji prędkich jonów i wskazaniu możliwych sposobów zapobiegania wzrostu absorpcji;

3. określeniu metodami spektroskopii optycznej mechanizmów prowadzących do zmian absorpcji krystalicznych materiałów tlenkowych narażonych na wysokoenergetyczne korpuskularne promieniowanie kosmiczne i określenie ich wrażliwości radiacyjnej na to promieniowanie oraz identyfikacją defektów radiacyjnych, odpowiedzialnych za zmianę absorpcji optycznej materiału;
4. określeniu przy użyciu komputerowych metod obliczeniowych wpływu energii neutronów i elektronów na procesy defektowania krystalicznych materiałów tlenkowych w trakcie napromieniowania wysokoenergetycznymi neutronami lub elektronami oraz określeniu odporności radiacyjnej tych materiałów na wysokoenergetyczne neutrony, elektrony i wtórne promieniowanie kosmiczne;
5. wskazaniu nowych potencjalnych obszarów zastosowań wybranych krystalicznych materiałów tlenkowych.

Dalej w Autoreferacie dr Piotr Potera szczegółowo opisał główne wyniki zrealizowanych prac badawczych, które były opublikowane w artykułach [H1-H8] i zaprezentowane powyżej jako autorski wkład do dziedziny nauk technicznych w dyscyplinie „Inżynieria materiałowa”. W „Podsumowaniu” Autoreferatu habilitant wystarczająco dobrze sformułował najważniejsze wnioski swoich prac naukowych [H1-H8], stanowiących podstawę postępowania habilitacyjnego.

W Autoreferacie też dobrze opisane potencjalne zastosowania badanych materiałów. W szczególności, ustalono, że kryształy granatu gadolinowo-galowego i innych granatów, które wykazują stosunkowo dużą odporność na napromieniowanie prędkimi jonami oraz kryształy ze strukturą perowskitu, które wykazują znacznie większą w porównaniu z innymi materiałami odporność radiacyjną na tworzenie radiacyjnych defektów pod wpływem wysokoenergetycznych neutronów i elektronów jest perspektywicznymi materiałami dla technologii lotniczej i kosmicznej. Ustalono też, że eliminacja lub znaczne ograniczenie niekontrolowanych domieszek (głównie żelaza), które łatwo zmieniają wartościowość może znacznie polepszyć odporność radiacyjną krystalicznych materiałów tlenkowych na

wysokoenergetyczne promieniowanie korpuskularne, co jest istotne dla zastosowań w technologii kosmicznej i w technologii wytwarzania światłowodów. Trwałe przesunięcie krawędzi absorpcji podstawowej na skutek ekspozycji materiału na wiązkę prędkich jonów, obserwowane dla niektórych badanych materiałów, może być potencjalnie wykorzystane do detekcji tych jonów. Wymienione też inne bardziej zaawansowane zastosowania badanych materiałów, w szczególności dla dozymetrów wysokoenergetycznych elektronów i neutronów.

W Autoreferacie podana wykorzystana dla opisanie otrzymanych wyników „Literatura”, zawierająca 106 pozycji bibliograficznych, w tym powołania na prace, w których habilitant był współautorem.

Mam kilka pytań i uwag, dotyczących interpretacji otrzymanych wyników i zaproponowanych modeli centrów radiacyjnych, w tym centrów barwnych, w badanych kryształach tlenkowych, które wymienione poniżej.

- 1) Metoda elektronowego paramagnetycznego rezonansu (EPR) pozwala wyznaczyć wartościowość i zmianę wartościowości domieszkowych jonów metali grup przejściowych (Fe, Cu) i ziem rzadkich (Nd) w badanych kryształach tlenkowych do i po ich napromieniowaniu na podstawie bezpośredniej rejestracji charakterystycznych widm EPR jonów paramagnetycznych i wyznaczania zmiany intensywności odpowiednich obserwowanych sygnałów EPR. Niezrozumiało dlaczego habilitant nie wykorzystał tych możliwości metody EPR w swoich pracach [H1,H2,H4].
- 2) W Autoreferacie i pracach [H1-H3] nie rozróżnia się elektronowych centrów radiacyjnych  $F^+$  i  $F$  w badanych kryształach tlenkowych, a napisano po prostu centra typu  $F$ . W związku z tym mam takie pytanie: jaka jest różnica między strukturą elektronową centrów  $F^+$  i  $F$  w krystalicznych materiałach tlenkowych?
- 3) Modele centrów radiacyjnych ( $O^{\cdot-}$ ,  $F^+$ ,  $F$ ), zaproponowane w pracach [H1-H3] tylko na podstawie analizy obserwowanych szerokich paśmie dodatkowej absorpcji optycznej, potrzebują potwierdzenia innymi metodami eksperymentalnymi, na przykład metodą EPR spektroskopii, która pozwala bezpośrednio i skutecznie

identyfikować centra paramagnetyczne ( $O^-$ ,  $F^+$ ), indukowane napromieniowaniem i stabilizowane w sieci krystalów tlenkowych.

- 4) W artykule [H4] na Rys. 8 zaprezentowane skomplikowane widma EPR w kryształach  $LiNbO_3:Fe$  przed napromieniowaniem i po napromieniowaniu izotopami  $^{209}Bi$  (energia 11.4 MeV/u, fluencja  $5 \cdot 10^{11} \text{ cm}^2$ ) w temperaturze pokojowej. Niestety nie wskazano w jakich orientacjach krystalograficznych były otrzymane te widma EPR i nie zaproponowana ich interpretacja.
- 5) Czy były zarejestrowane anizotropowe widma EPR jonów  $Cu^{2+}$  (konfiguracja elektronowa  $3d^9$ ) (spin elektronowy  $S = 1/2$ ) z charakterystyczną strukturą nadsubtelną od izotopów  $^{63}Cu$  (zawartość naturalna – 69,17%, spin jądrowy,  $I = 3/2$ ) i  $^{65}Cu$  (zawartość naturalna – 30,83%, spin jądrowy,  $I = 3/2$ ) w kryształach  $LiNbO_3:Cu$  przed napromieniowaniem i po napromieniowaniu? W artykułach [H1,H4] i w Autoreferacie o tym nic nie napisano.
- 6) Dla analizy procesów defektowania metodami obliczeń numerycznych w tlenkowych materiałach krystalicznych o różnym składzie chemicznym i strukturze krystalicznej ( $Y_3Al_5O_{12}$ ,  $Gd_3Ga_5O_{12}$ ,  $YAlO_3$ ,  $LiNbO_3$ ,  $Bi_4Ge_3O_{12}$ ,  $Bi_4Si_3O_{12}$ ,  $YVO_4$ ,  $PbMoO_4$  i  $Ca_{0,28}Ba_{0,72}Nb_2O_6$ ) pod wpływem wiązki wysokoenergetycznych elektronów i neutronów z uwzględnieniem energii cząstek, w artykułach [H5-H8] był wykorzystany ten sam ACCS (Atom Collision Cascade Simulation) program od Profesora S. Ubizskiego z Politechniki Lwowskiej. W jaki sposób ten sam ACCS program był dostosowany dla obliczeń procesów defektowania w tlenkowych kryształach o różnym składzie i strukturze krystalicznej?
- 7) Niektóre zdania w Autoreferacie, opisujące uzyskane wyniki oraz ich interpretację, są zbyt długie i skomplikowane, co utrudnia zrozumienie ich treści. Oprócz tego w Autoreferacie spotykają się także drobne błędy językowe i literówki.

Podsumowując, niezależnie od wymienionych powyżej pytań i uwag do opisu i interpretacji otrzymanych wyników i zaproponowanych modeli centrów radiacyjnych, oraz nielicznych błędów językowych i literówek w Autoreferacie, rozprawę habilitacyjną dra Piotra Potery oceniam dobrze. Recenzowana rozprawa jest szczegółowym raportem z badań wielkiej grupy materiałów funkcjonalnych,

realizowanych z wykorzystaniem współczesnych technik eksperymentalnych, w szczególności spektroskopii optycznej, i metod obliczeniowych. Zaprezentowane główne wyniki tych badań są oryginalne i wnoszą istotny wkład do dziedziny nauk technicznych w dyscyplinie „Inżynieria materiałowa”.

Dla realizacji badań naukowych dr Piotr Potera w pełni wykorzystał współpracę z różnymi instytucjami zagranicznymi i krajowymi, w szczególności z: Instytutem Fizyki Ciała Stałego Uniwersytetu Łotewskiego w Rydze (odbył dwa staże naukowe łącznie 2 miesiące) w ramach grantu NATO (program „Camart – Excelent Center”) w latach 2001–2002; FH Joanneum (Kapfenberg, Austria) (dwa 1-tygodniowe staże na kierunku „Elektronika” w ramach programu “Sokrates” w latach 2005 i 2011); Politechniką Lwowską (1-tygodniowy wyjazd szkoleniowy w ramach programu „Erazmus+” w lutym 2017 r.); INTiBS PAN we Wrocławiu oraz z innymi ośrodkami zagranicznymi i krajowymi. Na podstawie wymienionych danych uważam, że dr Piotr Potera jest dobrze znanym fizykiem w Polsce, w krajach Unii Europejskiej i w Ukrainie, jako aktywny uczestnik szeregu wspólnych projektów naukowych.

Na końcu Autoreferatu w p. 6 habilitant podaje też informacje o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych i popularyzujących naukę, a w p. 7 podane inne ważne informacje, dotyczące jego kariery zawodowej.

Na podstawie przedstawionej recenzji uważam, że osiągnięcia naukowe doktora Piotra Potery spełniają wymagania, o których mowa w art. 219 ust.1 pkt 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 roku, poz.742). W związku z tym z pełnym przekonaniem wnoszę o dopuszczenie dra Piotra Potery do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

Zielona Góra, dnia 10 lutego 2024 r.

Dr hab. Bohdan Padlyak,  
Profesor Uniwersytetu  
Zielonogórskiego, kierownik  
Zakładu Spektroskopii  
Materiałów Funkcjonalnych