prof. dr hab. Bogdan Idzikowski
Instytut Fizyki Molekularnej
Polskiej Akademii Nauk

Recenzja

dorobku naukowego oraz osiągnięcia habilitacyjnego dr. Pawła Pęczkowskiego pod tytułem *„Analiza wpływu czynników fizykochemicznych na właściwości nadprzewodników tlenkowych"*

Podstawowe dane o Habilitancie:

Imię i nazwisko Habilitanta:	**dr Paweł Tomasz Pęczkowski** data ur. 11.07.1979 r.
Data uzyskania stopnia doktora:	15 marzec 2010 r.
Obecne miejsce pracy:	Instytut Nauk Fizycznych, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Szkoła Nauk Ścisłych, Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie; stanowisko: adiunkt
Prowadzenie postępowania habilitacyjnego:	Rada Dyscypliny Nauki Fizyczne, Instytut Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH w Krakowie

Dr Paweł Pęczkowski z wyróżnieniem ukończył w 2003 roku studia magisterskie na Uniwersytecie Warszawskim i uzyskał tytuł magistra fizyki na podstawie pracy dyplomowej zatytułowanej *„Modelowanie procesów fizycznych w nauczaniu"*. W marcu 2010 r. Habilitant uzyskał stopień doktora nauk fizycznych na tej samej uczelni po obronie dysertacji *„Trudności w uczeniu się i nauczaniu fizyki kwantowej"* pod kierunkiem prof. dr. hab. Andrzej Majhofera.

W latach 2011-2015 pracował jako młodszy asystent w Zakładzie Diagnostyki Obrazowej Instytutu Matki i Dziecka w Warszawie, następnie jako adiunkt w Instytucie Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie (lata 2014-2018), a obecnie pracuje w Instytucie Nauk Fizycznych, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Szkoła Nauk Ścisłych, Uniwersytetu Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie, również na stanowisku adiunkta.

Ocena dorobku naukowego

Dorobek naukowy dr. Pawła Pęczkowskiego w momencie składania wniosku habilitacyjnego stanowiły 23 prace, które wg WoS były cytowane 172 razy (bez autocytowań 146 razy). Przytoczone dane składają się na indeks Hirscha równy 10.

Z analizy dorobku naukowego dr. Pawła Pęczkowskiego wynika, że tematyka, metody badawcze i sposób interpretacji uzyskiwanych wyników były bardzo różnorodne i ulegały stopniowemu poszerzaniu w miarę potrzeb. Należy zwrócić uwagę, że istotny wpływ na dobieranie przez Niego technik badawczych (należy ten fakt docenić) miała współpraca krajowa (AGH, Politechnika Gdańska, POLSA) i zagraniczna (m.in. Vienna University of Technology, Austria; Department of Physics, Faculty of Science, University of Zagreb, Chorwacja; Politechnika Turyńska, Włochy).

Na swoją działalność naukową Habilitant uzyskał finansowanie z NCN-u - projekt w ramach konkursu MINIATURA 5 NCN, DEC-2021/05/X/ST5/00865 „*Wpływ morfologii pianki Y-123 na jej właściwości fizykomechaniczne i nadprzewodzące*" (kierownik projektu).

Naukowy dorobek Habilitanta nie jest spójny, co świadczy o Jego szerokich zainteresowaniach naukowych.

Ocena osiągnięcia naukowego

Wniosek dr. Pawła Pęczkowskiego o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego w dziedzinie nauk fizycznych (dyscyplina fizyka) bazuje na cyklu monotematycznych publikacji "*Analiza wpływu czynników fizykochemicznych na właściwości nadprzewodników tlenkowych*".

Cykl habilitacyjny tworzy osiem artykułów opublikowanych w specjalistycznych czasopismach o cyrkulacji międzynarodowej:

P1. P. Pęczkowski *at al.*, „*Effects of forming pressure on physicochemical properties of YBCO ceramics*", Journal of Superconductivity and Novel Magnetism **31(9)** (2018) 2719

P2. P. Pęczkowski *at al.*, "*Characterization of the superconductor-multiferroic type materials based on* $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$–$YMnO_3$ *composites*, Ceramics International **45(15)** (2019) 18189

P3. P. Pęczkowski *at al.*, "*Iron diffusivity intosuperconducting* $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ *at oxygen assisted sintering: structural, magnetic, and transport properties*", Journal of the European Ceramics Society **41(14)** (2021) 7085

P4. P. Pęczkowski *at al.*, „*On the superconductivity suppression in* $Eu_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$", Materials **14(13)**, (2021) 3503

P5. P. Pęczkowski *at al.*, „*Superconductivity and appearance of negative magnetocaloric effect in* $Ba_{1-x}K_xBiO_3$ *perovskites, doped by Y,La and Pr*", Acta Materialia **222** (2022) 117437

P6. P. Pęczkowski *at al.*, "*Deterioration of the 2G HTS tapes by the Ne+ ions irradiation (250 keV)*", Applied Surface Science **636(5)** (2023) 157780

P7. P. Pęczkowski *at al.*, "*Influence of polyurethane skeleton on structural and superconducting properties of Y-123 foams*", Journal of the European Ceramic Society **44(10)** (2024) 5722

P8. P. Pęczkowski *at al.*, "*Structural, magnetic, and thermal, properties of 3D-printed porous Y–Ba–Cu–O superconductors*", Journal of the European Ceramic Society **44(11)** (2024) 6477

Trzy prace ukazały się w Journal of the European Ceramic Society i po jednej w Materials, Applied Surface Science, Ceramics International, Journal of Superconductivity and Novel Magnetism oraz z wymienionych w najwyżej notowanym czasopiśmie Acta Materialia (współczynnik wpływu w 2022 roku: 9,4), za którą Habilitant otrzymał nagrodę JM Rektora Uniwersytetu Kardynała Stefana Wyszyńskiego w uznaniu szczególnych osiągnięć naukowych.

Wszystkie artykuły są wieloautorskie, we wszystkich pracach Habilitant jest pierwszym autorem i autorem do korespondencji. Z oświadczeń Habilitanta i współautorów wynika, że rola dr. Pawła Pęczkowskiego w opracowywaniu koncepcji badań, w badaniach i powstawaniu manuskryptów była wiodąca. W dorobku Habilitanta nie ma artykułu o charakterze podsumowującym, przeglądowym. Wniosek o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego jest przygotowany bardzo starannie.

Artykuły P1 i P2 opisują wytwarzanie i właściwości wysokotemperaturowych nadprzewodników YBCuO syntetyzowanych przy różnych ciśnieniach, od 200 do 800 MPa, i następnie wyżarzanych w atmosferze tlenowej oraz w kolejnym eksperymencie wytworzonych z domieszką magnetoelektrycznego $YMnO_3$. W pierwszym przypadku mamy do czynienia z materiałem prawie jednorodnym strukturalnie, ale mimo to obserwuje się nieznaczne zmiany wartości temperatur krytycznych i szerokości przejścia w stan nadprzewodzący. Domieszka $YMnO_3$ tylko nieznacznie wpływa na własności nadprzewodzące (temperatura krytyczna kształtuje się nieco powyżej 90 K). Największe różnice dotyczą gęstości prądów krytycznych, co powiązano ze zmianami strukturalnymi. Obie prace są uzupełnieniem istniejącej wiedzy w tym zakresie.

W pracy P3 opisano zagadnienia związane z optymalizacją składu wybranych materiałów wykazujących nadprzewodnictwo wysokotemperaturowe przydatnych m.in. do konstruowania miniaturowych urządzeń elektronicznych. Szczegółowo zbadano procesy dyfuzji atomów żelaza w YBCO. Taka dyfuzja ma fundamentalne znaczenie dla układów wielowarstwowych z interfejsami YBCO/Fe. Istotne znaczenie dla zrozumienia zachodzących procesów miało użycie w badaniach transmisyjnej spektroskopii mössbauerowskiej. W uzupełniających ją badaniach pętli M(H) potwierdzono kompozytową strukturę badanego materiału nadprzewodzącego oraz występowanie domieszki ferromagnetycznego magnetytu. Rombowa struktura YBCO utrzymuje się do 3% wagowych domieszki Fe, a przy wyższych zawartościach Fe oprócz tworzenia się nadprzewodzącej fazy YBCO widoczne są także inne tlenki żelaza. Dalsze pomiary potwierdziły silne tłumienie nadprzewodnictwa w materiałach YBCO-Fe zawierających ponad 7% wagowych Fe. YBCO z domieszką Fe zachowuje ortorombową strukturę komórki elementarnej, ale tylko do maksymalnie 3% wagowych Fe, a właściwości nadprzewodzące podlegają zasadzie skalowania ze zróżnicowanymi wykładnikami krytycznymi. Wyniki tych badań są istotnym wkładem do wiedzy na temat kompozytów nadprzewodzących.

W artykule P4 opisano tłumienie nadprzewodnictwa w kupratach (Eu,Pr)BCO. Niemagnetyczne jony Eu^{3+} zastępowane są przez posiadające moment magnetyczny atomy Pr^{3+}, co może powodować zanik nadprzewodnictwa. Badania pokazują, że zanik nadprzewodnictwa dla $x>0,4$ wynika ze zubożenia nośników i ich lokalizacji. Powyższy wniosek wyciągnięto na podstawie analizy wyników absorpcji rentgenowskiej w niskiej temperaturze, która wykazała wzrost charakterystycznych częstotliwości fononów przy wzroście zawartości Pr. Mechanizm ten powinien wymuszać dla fononów akustycznych sprzężenie elektron–fonon. Wykryto jednak zjawisko odwrotne. Za stopniowe pogarszanie się właściwości fononów optycznych odpowiedzialne są drgania wiązań Cu–O następujące przy wzroście zawartości Pr, co zostało udowodnione w badaniach spektroskopowych Ramana. Ponadto wyniki spektroskopii absorpcyjnej promieni rentgenowskich dokładnie pokazały lokalizację tych nośników dla próbek bogatych w Pr. Zaproponowano również schematyczny diagram typów przewodnictwa w (Eu,Pr)BCO.

Praca P5 zawiera ciekawe wyniki dotyczące nadprzewodzących perowskitów na bazie bizmutu, wykazujących znaczny efekt magnetokaloryczny. Ostatnio dużą uwagę poświęca się różnym aspektom aplikacyjnym tego typu materiałów. W artykule przedstawiono kompleksowe badania perowskitów bizmutu z Y, La lub Pr. Ich właściwości udaje się

skutecznie kontrolować przez domieszkowanie. Krytyczne gęstości prądu różnią się o trzy rzędy wielkości, od 0,07 (LaBKBO) do 65 kA/cm^2 (BKBO). Aby wyjaśnić powyższe zachowanie, przeprowadzono badania mikrostrukturalne, magnetyczne, kalorymetryczne i spektroskopowe (FT-IR) oraz obliczenia struktury elektronowej *ab-initio*. FT-IR pokazuje, że największą różnicę w widmie w porównaniu z próbką niedomieszkowaną odnotowano dla PrBKBO, ze względu na wkład magnetyczny multipletu Pr^{3+}. Obliczenia DOS wykazały, że związek BKBO wykazuje najwyższą gęstość stanów elektronowych na poziomie Fermiego w porównaniu z innymi próbkami i znacznie odbiega od struktury elektronowej PrBKBO. Zaobserwowano negatywny efekt magnetokaloryczny poniżej 30 K, co jest interesującą właściwością tej próbki. Odkrycia te rozszerzają możliwości zastosowań perowskitów na bazie bizmutu.

W P6 omawiane są zmiany właściwości taśm nadprzewodzących na bazie Gd wywołane napromieniowaniem jonami Ne^+ o energii 250 keV. Tego typu taśmy są stosowane w urządzeniach używanych w ekstremalnych warunkach radiacyjnych. Promieniowanie jonizujące, w tym bombardowanie ciężkimi jonami, może wprowadzać defekty w ich strukturze, co modyfikuje ich właściwości nadprzewodzące, bardzo często ich pogorszenie lub całkowity zanik.

Artykuły P7 i P8 uważam za najważniejszą część ocenianego zestawu publikacji. Opisano w nich metody syntezy i właściwości pianek nadprzewodzących o różnych topologiach, m.in. ażurowych struktur YBCO, które zostały wydrukowane jako prostopadłościany. Występowanie w nich pożądanych faz nadprzewodzących potwierdzono metodami dyfrakcji rentgenowskiej, spektroskopii Ramana oraz absorpcji rentgenowskiej, a także wynikami pomiarów magnetycznych i transportowych. Wykazano, że druk 3D jest skuteczną metodą wytwarzania wysokiej jakości struktur nadprzewodzących, o pożądanych kształtach i właściwościach, i może mieć różnorodne zastosowania.

Za najciekawsze rezultaty badań Habilitanta wymienione przez Niego w opisie osiągnięcia habilitacyjnego, dotyczące trzech zagadnień, uważam:

(i) technologię wytwarzania próbek (odpowiednio zmieniano temperaturę i ciśnienia). Analizę w jaki sposób zewnętrzne ciśnienie przykładane przy formowaniu próbek przyczynia się do wzrostu gęstości nadprzewodnika oraz ustalenie, że zagęszczanie struktury nie ma wpływu na temperaturę krytyczną i gęstość prądu krytycznego;

(ii) prace nad domieszkowaniem, wpływem bombardowania jonami o niskich i wysokich energiach i mechanizmami wygaszania nadprzewodnictwa. Podstawą teorii BCS dla konwencjonalnych nadprzewodników jest założenie liniowego sprzężenia elektron–fonon. W nadprzewodnikach wysokotemperaturowych drugiego rodzaju często nie obserwuje się efektu izotopowego, co niesłusznie przypisuje się brakowi sprzężenia elektron-fonon. Wykazano, że nieliniowe sprzężenie elektron–fonon w niektórych miedzianach jest znacznie silniejsze niż liniowe w konwencjonalnych nadprzewodnikach;

(iii) zbadanie wpływu czynników związanych ze strukturą materiałów (pianki nadprzewodzące i pseudoporowate struktury ażurowe otrzymane metodą druku 3D) na zjawisko nadprzewodnictwa.

Dorobek dydaktyczny, organizacyjny, popularyzatorski i inny

Dr Paweł Pęczkowski prowadził zajęcia dydaktyczne dla studentów drugiego roku Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego już podczas studiów doktoranckich oraz pracował jako nauczyciel fizyki w XXIII LO im. M. Skłodowskiej-Curie w Warszawie (nauczyciel kontraktowy). Następnie w latach 2011 – 2013 uczył fizyki w Zespole Szkół nr 1 im. Stanisława Staszica w Pruszkowie (nauczyciel mianowany). W wyniku konkursu od 2019 r. został zatrudniony w Instytucie Nauk Fizycznych na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Uniwersytetu Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie na stanowisku adiunkta i prowadzi zajęcia dydaktyczne w wymiarze setek godzin rocznie. Nie stroni również od innych funkcji (np. pełnomocnika dziekana do spraw praktyk studenckich). Z granicą prowadził zajęcia dydaktyczne m.in. na uniwersytetach w Chorwacji, Portugalii i Serbii.

Był promotorem kilku prac dyplomowych, uczestniczył w pracach wielu komisji egzaminacyjnych. Ma również osiągnięcia edytorskie (np. Fizyka w Szkole i EduPress) i jako recenzent (Acta Physica Polonica A, Applied Sciences, Physica B: Physics of Condensed Matter, Sensor Review, *etc.*). Może się też poszczycić działalnością popularnonaukową (artykuły w czasopismach, wykłady i pokazy). Pracuje na rzecz społeczności naukowej, należy do organizacji takich jak PTF, EPS, The Polish Ceramic Society.

Wnioski końcowe

Reasumując stwierdzam, że zawartość merytoryczna recenzowanego monotematycznego osiągnięcia naukowego i całkowity dorobek naukowy poparty cytowaniami są podstawą do uznania, że dr Paweł Pęczkowski ma niezbędne kwalifikacje do samodzielnej pracy naukowej. Habilitant posiada umiejętność stawiania problemów naukowych i ich rozwiązywania. Umiejętnie wykorzystuje możliwości naukowej współpracy krajowej i zagranicznej.

Przedstawione mi do oceny osiągnięcie naukowe (cykl tematycznie powiązanych ośmiu artykułów naukowych z lat 2018–2024) jest znaczącym wkładem w rozwój nauk fizycznych, jak również inżynierii materiałowej. Spełnia ono formalne i merytoryczne wymagania stawiane przez obowiązujące „*Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*" z 20 lipca 2018 roku (Dz.U. 2021, poz. 487 ze zm.), w szczególności wymagania zawarte w Art. 219.2 tej Ustawy.

Wnoszę zatem o przejście do kolejnych etapów procedury habilitacyjnej.

Poznań, 10.02.2025 r.