

dr hab. inż. Michał Józwik, prof. uczelni
Politechnika Warszawska, Wydział Mechatroniki
Instytut Mikromechaniki i Fotoniki
ul. św. A. Boboli 8, 02-525 Warszawa
e-mail: michal.jozwik@pw.edu.pl

Warszawa, 01.08.2023

Recenzja dorobku habilitacyjnego Pana doktora Adama Wojciechowskiego

Poniższą recenzję wykonano w odpowiedzi na pismo 336.5110.1.2023 Przewodniczącego Rady Dyscypliny Nauki Fizyczne Uniwersytetu Jagiellońskiego, prof. dr hab. Jacka Golaka, z 18 maja 2023 r., w związku z wnioskiem dr. Adama Wojciechowskiego, skierowanym w dniu 02 lutego 2023 r. do Rady Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego za pośrednictwem Rady Doskonałości Naukowej, w którym Autor zwrócił się o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne. Recenzję wykonano zgodnie z zapisami ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Pan dr Wojciechowski otrzymał w roku 2007 tytuł magistra fizyki za pracę pt. „Magnetometr atomowy” obronioną z wyróżnieniem w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego. W 2011 roku uzyskał stopień doktora nauk fizycznych również na Uniwersytecie Jagiellońskim, na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej za pracę doktorską pt. "Koherencje kwantowe w zimnych atomach" obronioną z wyróżnieniem i nagrodzoną Nagrodą indywidualną II st. przyznaną przez Ministra NiSW. W latach 2011-2015 pracował jako asystent a od roku 2018 jest zatrudniony jako adiunkt na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński. W latach 2015-2017 realizował staż podoktorski na Wydziale Fizyki Duńskiego Uniwersytetu Technicznego (DTU), Kongens Lyngby, Dania.

1. Ocena osiągnięcia naukowego

We wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego Pan dr A. Wojciechowski deklaruje osiągnięcie naukowe pt. „Charakteryzacja i zastosowania centrów barwnych typu azot-wakancja w diamencie do pomiarów i obrazowania pól magnetycznych” oparte na cyklu 12. tematycznie powiązanych publikacji wydanych w latach 2016-2022.

Przedstawiony do oceny zestaw publikacji został zaplanowany jako tematycznie spójny, realizujący przemyślany zakres rozważań, o dobrze zdefiniowanym obszarze tematycznym. Uważam, iż zakres tematyczny zgłoszonego do oceny materiału mieści się w obszarze dyscypliny naukowej Nauki Fizyczne. Szczegółowa analiza złożonego do oceny dzieła (cyklu publikacji) oraz jego zawartości merytorycznej dokonana zostanie w dalszej części recenzji.

1.1 Dokumenty przedłożone do oceny

Ocena dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego Habilitanta wykonana została na podstawie przedłożonej wraz ze zleceniem na wykonanie recenzji dokumentacji przewodu habilitacyjnego dr. Adama Wojciechowskiego dostarczonej wraz z załącznikami na nośniku elektronicznym obejmującej:

- wniosek o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego,
- dane Wnioskodawcy,
- kopie dyplomu uzyskania stopnia doktora nauk fizycznych,
- autoreferat Kandydata,
- wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny,
- pliki PDF zawierające kopie publikacji składających się na cykl wraz z zestawem oświadczeń współautorów publikacji naukowych.

Przedłożona dokumentacja spełnia wymogi dotyczące zawartości przedłożonej do oceny dokumentacji postępowania habilitacyjnego.

Formalne dane (autorzy, tytuł, miejsce publikacji) dotyczące ocenianego cyklu jednotematycznych publikacji zawarto poniżej.

[A1] Mariusz Mrózek, Adam M. Wojciechowski, Daniel S. Rudnicki, Jerzy Zachorowski, Pauli Kehayias, Dmitry Budker, and Wojciech Gawlik, Coherent population oscillations with nitrogen-vacancy color centers in diamond, Physical Review B 94, 035204 (2016)

- [A2] Haitham A. R. El-Ella, Sepehr Ahmadi, Adam M. Wojciechowski, Alexander Huck, and Ulrik L. Andersen, Optimised frequency modulation for continuous-wave optical magnetic resonance sensing using nitrogen-vacancy ensembles, *Optics Express* 25, 14809 (2017)
- [A3] Adam M. Wojciechowski, Mürsel Karadas, Alexander Huck, Christian Osterkamp, Steffen Jankuhn, Jan Meijer, Fedor Jelezko, and Ulrik L. Andersen, Contributed Review: Camera-limits for wide-field magnetic resonance imaging with a nitrogen vacancy spin sensor, *Review of Scientific Instruments* 89, 031501 (2018)
- [A4] Mürsel Karadas, Adam M. Wojciechowski, Alexander Huck, Nils O. Dalby, Ulrik L. Andersen, and Axel Thielscher, Feasibility and resolution limits of opto-magnetic imaging of neural network activity in brain slices using color centers in diamond, *Scientific Reports* 8, 4503 (2018)
- [A5] Adam M. Wojciechowski, Mürsel Karadas, Alexander Huck, Christian Osterkamp, Steffen Jankuhn, Jan Meijer, Fedor Jelezko, and Ulrik L. Andersen, Precision temperature sensing in the presence of magnetic field noise and vice-versa using nitrogen-vacancy centers in diamond, *Applied Physics Letters* 113, 013502 (2018)
- [A6] Adam M. Wojciechowski, Paulina Nakonieczna, Mariusz Mrózek, Krystian Sycz, Andrzej Kruk, Mateusz Ficek, Maciej Głowacki, Robert Bogdanowicz, and Wojciech Gawlik, Optical Magnetometry Based on Nanodiamonds with Nitrogen-Vacancy Color Centers, *Materials* 12, 2951 (2019)
- [A7] James L. Webb, Luca Troise, Nikolaj W. Hansen, Christofer Olsson, Adam M. Wojciechowski, Jocelyn Achard, Ovidiu Brinza, Robert Staacke, Michael Kieschnick, Jan Meijer, Axel Thielscher, Jean-Francois Perrier, Kirstine Berg-Sørensen, Alexander Huck, and Ulrik L. Andersen, Detection of biological signals from a live mammalian muscle using an early stage diamond quantum sensor, *Scientific Reports* 11, 2412 (2021)
- [A8] M. Mrózek, M. Schabikowski, M. Mitura-Nowak, J. Lekki, M. Marszałek, Adam M. Wojciechowski, and Wojciech Gawlik, Nitrogen-Vacancy Color Centers Created by Proton Implantation in a Diamond, *Materials* 14, 833 (2021)
- [A9] Mariusz Mrózek, Adam M. Wojciechowski, and Wojciech Gawlik, Characterization of strong NV- gradient in the e-beam irradiated diamond sample, *Diamond and Related Materials* 120, 108689 (2021)
- [A10] Paulina Czarnecka, Mona Jani, Saravanan Sengottuvel, Mariusz Mrózek, Paweł Dąbczyński, Adam Filipkowski, Ireneusz Kujawa, Dariusz Pysz, Wojciech Gawlik, and

Adam M. Wojciechowski, Magnetically-sensitive nanodiamond thin-films on glass fibers, Optics Materials Express 12, 444 (2022)

[A11] Adam Filipkowski, Mariusz Mrózek, Grzegorz Stępniewski, Jakub Kierdaszuk, Aneta Drabińska, Tanvi Karpate, Maciej Głowacki, Mateusz Ficek, Wojciech Gawlik, Ryszard Buczyński, Adam Wojciechowski, Robert Bogdanowicz, and Mariusz Klimczak, Volumetric incorporation of NV diamond emitters in nanostructured F2 glass magneto-optical fiber probes, Carbon 196, 10 (2022)

[A12] Adam Filipkowski, Mariusz Mrózek, Grzegorz Stępniewski, Maciej Głowacki, Dariusz Pysz, Wojciech Gawlik, Ryszard Buczyński, Mariusz Klimczak, and Adam Wojciechowski, Magnetically sensitive fiber probe with nitrogen-vacancy center nanodiamonds integrated in a suspended core, Optics Express 30, 19573 (2022)

Analizując informacje bibliograficzne odnoszące się do poszczególnych prac zestawionych można stwierdzić co następuje:

1. Przesłany do oceny cykl 12 prac opublikowany został w obiegu międzynarodowym, w znaczących dla dziedziny nauki uprawianej przez Kandydata periodykach. Są to: po 2 publikacje w: Optics Express, Scientific Reports, Materials; pojedyncze publikacje w: Physical Review B, Review of Scientific Instruments, Applied Physics Letters, Diamond and Related Materials, Optics Materials Express, Carbon.
Połowa prac cyklu – 6 pozycji pochodzi z trzech periodyków, pozostałe prace – 6 pozycji - publikowane są jednorazowo w różnych, renomowanych periodykach.
2. W zaprezentowanych pracach w trzech publikacjach Kandydat jest pierwszym autorem – [A3], [A5], [A6], w trzech kolejnych pracach występuje jako drugi autor – [A1], [A4], [A9]. W pozostałych sześciu pracach stanowi członka w zespole autorskim. Wskazuje to na znaczący udział Kandydata w powstaniu cyklu publikacji. Warto zwrócić też uwagę, że w siedmiu publikacjach cyklu widoczny jest udział prof. Wojciecha Gawlika (opiekuna pracy magisterskiej i promotora w postępowaniu doktorskim Kandydata). Niestety, nie doszukałem się informacji o udziale procentowym Kandydata w przywołanych publikacjach zbiorowych, co uniemożliwia ocenę procentową udziału Kandydata. Szacuję jednak, że wartość ta przekroczy 30%.
3. Sumaryczny IF publikacji zestawionej w monotematycznym cyklu wynosi 53,063, co jest zdaniem Recenzenta wartością wysoką i znaczącą, powyżej wymaganego dla postępowania awansowego (o nadanie stopnia naukowego dr habilitowanego) minimum.

4. Deklarowana sumaryczna liczba cytowań ww. prac (wg. Bazy WoS) wynosi 167, w tym 28 to autocytowania. Praca [A2] była cytowana aż 37 razy, a 7 prac 12 posiada więcej niż 15 cytowań. Również ten parametr bibliometryczny jest wystarczający do umotywowania złożonego wniosku.

1.2 Omówienie treści poszczególnych pozycji cyklu

Praca [A1] skupia się wokół obserwacji zjawiska coherent population oscillations (CPO) w układzie ciałostalowym i pokazała uniwersalność zjawiska. Dokonano obserwacji wąskich struktur spektralnych związanych z powolnymi procesami relaksacji. Przedstawiona w pracy interpretacja teoretyczna zjawiska powiązała te struktury z czasami relaksacji populacji (relaksacji podłużnej). Obserwacja widma rezonansu ODMR pozwala na wyciągnięcie informacji o czasach relaksacji badanego układu. Wkład Kandydata to przeprowadzanie części doświadczeń i wprowadzenie fenomenologicznego modelu widma uzyskiwanego podczas przemiatania częstotliwości jednego z pól mikrofalowych względem stałej częstotliwości drugiego. Model ten pozwolił odtworzyć sygnały obserwowane w doświadczeniu, które wynikają nie tylko z zależności stricte spektralnej, ale także z ciągłego (zachowującego fazę) sposobu przemiatania częstotliwości pola mikrofalowego. Ponadto, zaproponował wprowadzenie uśredniania po różnych fazach, co pozwoliło na uzyskanie uśrednionego widma pozbawionego oscylacji czasowych i mającego już prawdziwie spektralny charakter.

Przedmiotem analiz zamieszczonych w pracy [A2] było rozwinięcie technik modulacyjnych poprzez zastosowanie modulacji częstotliwościowej pola mikrofalowego. Teoretycznie modelowane sygnały rezonansu magnetycznego ODMR z modulowanym częstotliwościowo polem mikrofalowym zostały porównywane z sygnałami zmierzonymi doświadczalnie i wykazały doskonałą zgodność. Modelowanie numeryczne pozwoliło także na wyznaczenie optymalnej głębokości modulacji częstotliwościowej w zależności od struktury nadsubtelnej centrów NV (potrójna struktura rezonansowa dla ^{14}N oraz podwójna dla ^{15}N) i szerokości obserwowanych rezonansów. W pracy tej udało się także zademonstrować wpływ natężenia światła (raty wzbudzenia) oraz częstości Rabiego pola mikrofalowego na amplitudę obserwowanych sygnałów. Zaprezentowane wyniki są niezwykle istotne, gdyż znajdują wprost przełożenie na najczulsze magnetometry diamentowe.

Praca ta powstała podczas odbywania przez Kandydata stażu podoktorskiego w Duńskim Uniwersytecie Technicznym (DTU) a jego wkład polegał na pomocy przeprowadzeniu

doświadczeń i w modelowaniu teoretycznym sygnałów lock-in, w szczególności wyznaczeniu amplitudy sygnału i szumu z obliczonego rozkładu populacji. Jego ideą była także analiza optymalnej głębokości modulacji dla przypadku częściowo rozdzielonej struktury nadsubtelnej.

W pracy [A3] analizowano teoretyczną czułość układów do magnetometrii w tzw. szerokim polu, wykorzystujących sensor w postaci kamery rejestrującej natężenie fluorescencji. Udowodniono, że w przypadku zastosowania kamer CCD/CMOS maksymalna liczba zliczeń fotonów dla każdego z pikseli jest ograniczona przez głębokość studni piksela. Stosunek optycznego sygnału do szumu (SNR) w połączeniu z kilkuprocentowym kontrastem w technice ODMR praktycznie nie pozwala na obserwację widma bez uśredniania sygnałów. W prac A3 po raz pierwszy zastosowano do rejestracji widm rezonansu magnetycznego w centrach NV kamerę typu lock-in, tzn. umożliwiającą detekcję fazoczułą. Pozwoliło to na bezpośrednią obserwację widma ODMR i uzyskanie efektywnego SNR powyżej 40 (co odpowiada SNR na poziomie 800 dla zwykłych kamer), co przekładało się na czułość magnetyczną na poziomie $1 \mu\text{T}$ na piksel w pojedynczej ekspozycji lub też 142 nT dla akwizycji przez czas jednej sekundy.

Praca A3 również powstała w ramach stażu podoktorskiego w DTU z Kandydatem w roli lidera. Wkład Kandydata w powstanie tej pracy polegał na przeprowadzeniu analizy teoretycznej czułości magnetometrów wykorzystujących centra NV w diamencie i kamerą w roli detektora, opracowaniu sensora diamentowego o parametrach dostosowanych do obrazowania magnetycznego w szerokim polu, a także zaprojektowaniu i zbudowaniu układu optycznego oraz przeprowadzeniu pomiarów z kamerą typu lock-in, analizie zebranych danych.

Praca [A4] dotyczy również problemu obrazowania pól magnetycznych pochodzących od tkanki mózgowej przy użyciu sensora diamentowego. Skupiono się na modelowaniu sygnałów magnetycznych pochodzenia biologicznego i w oparciu o trójwymiarowy model komórki i symulacje potencjałów czynnościowych dla pojedynczej komórki stworzony został komputerowy model tkanki. Drugim ważnym aspektem było zagadnienie odwikłania kierunku przepływu prądu w płaszczyźnie tkanki na podstawie dwuwymiarowego obrazu pola magnetycznego i wyznaczenie przestrzennej zdolności rozdzielczej. Wkładem Kandydata w powstanie tej pracy był udział w modelowaniu pola magnetycznego i metod jego detekcji z wykorzystaniem diamentu z warstwą sensoryczną centrów NV.

W pracy [A5] podjęto temat wykrywania zmian pola magnetycznego oraz temperatury z wysoką czułością z wykorzystaniem sensora diamentowego z warstwą centrów NV. Tu sensorem była pojedyncza fotodioda, co umożliwiło uzyskanie wysokiego stosunku sygnału do szumu optycznego a dla zwiększenia czułości rejestracji sygnału optycznego wykorzystany został wzmacniacz fazoczuły (lock-in amplifier). Zarejestrowano i przeanalizowano widma rezonansów ODMR w polu magnetycznym około 2 mT odpowiadającym kierunkowi [110] w diamentcie. Przeprowadzona została także ilościowa analiza czułości układu na zmiany pola magnetycznego. Wkład Kandydata w powstanie pracy A5 polegał na opracowaniu koncepcji symultanicznego wykorzystanie dwóch modulowanych pól mikrofalowych, opracowaniu sensora diamentowego i zbudowaniu układu optycznego oraz przeprowadzeniu pomiarów i opracowaniu wyników.

Tematem pracy [A6] jest praktyczne zastosowanie w pomiarach pól magnetycznych nanodiantów w postaci wyschniętych zawiesin proszkowych naniesionych na podłoża szklane. Głównym rezultatem pracy jest opracowanie metody pomiarów pola magnetycznego z wykorzystaniem ciągłego widma optycznie wykrywanego rezonansu magnetycznego w zbiorze nanodiantów. Udało się zarejestrować sygnały ODMR z dostarczaniem światła wzbudzającego i rejestracją fluorescencji poprzez odcinek obrazowodu. Zaproponowana została także metoda szybkiego pomiaru pola magnetycznego z wykorzystaniem pochodnych widma. Wkład Kandydata polegał na opracowaniu koncepcji użycia obrazowodu z naniesionymi diamentami, przygotowaniu układu optycznego i elektronicznego do skanowania powierzchni światłowodu, przeprowadzeniu pomiarów fluorescencji i rezonansu ODMR z obrazowodem, opracowaniu wyników dotyczących zastosowania pochodnych do detekcji pola magnetycznego.

Praca [A7] jest kontynuacją prac prowadzonych w DTU nad detekcją pól magnetycznych pochodzących od złożonych układów biologicznych (tkanki). Zastosowanie grubej próbki diamentowej pozwoliło na detekcję znacznie silniejszych sygnałów fluorescencji, kosztem pogorszenia przestrzennej zdolności rozdzielczej sensora. Zmodyfikowanie układu oświetlającego warstwę z układu epifluorescencyjnego na oświetlenie boczne umożliwiło rejestrację sygnałów fluorescencji. Usprawnienia w układzie magnetometru a także w sposobie filtrowania i analizy danych z pomiarów biologicznych, pozwoliły na skuteczne zarejestrowanie bardzo słabych (~ 300 pT amplitudy) sygnałów magnetycznych związanych z propagacją potencjału czynnościowego w komórkach tkanki mięśniowej myszy.

Wyniki przedstawione w pracy [A7] stanowiły pierwszą w świecie demonstrację rejestracji sygnałów biologicznych z tkanek ssaków przy użyciu sensora diamentowego z warstwą centrów NV. Stanowią one rezultat wielu lat pracy zespołu w DTU w ramach kilku projektów badawczych. Wkładem Kandydata w powstanie tej pracy było opracowanie i konstrukcja układu optyczno-mikrofalowego do precyzyjnych pomiarów pól magnetycznych w próbkach biologicznych, opracowanie i charakteryzacja szeregu sensorów diamentowych z warstwą centrów barwnych azot-wakancja przy powierzchni, przeprowadzenie wstępnych doświadczeń z próbkami biologicznymi.

Praca [A8] skupia się na analizie oddziaływania wysokoenergetycznej (1,8 MeV) wiązki protonów z diamentem o relatywnie wysokiej zawartości azotu (~50-100 ppm). Głównym rezultatem jest charakteryzacja sygnałów fluorescencji i kontrastu ODMR, a także raty relaksacji (szybkości, odwrotności czasu relaksacji) podłużnej i poprzecznej w funkcji dawki protonów. Wyznaczony został także poziom dawki, przy którym próbka ulega degradacji. Jest to o tyle istotne, że protony oferują najdłuższy zasięg dla danej energii. Kandydat kierował pracami badawczymi, opracował ideę wytworzenia warstwy centrów NV przy powierzchni w diamencie typu HPHT o wysokiej koncentracji azotu poprzez implantację wysokoenergetycznymi protonami oraz przygotował badane próbki.

W pracy [A9] badaniu poddana została próbka diamentowa naświetlana wiązką elektronową o wysokiej energii, przez co centra barwne azot-wakancja zostały wytworzone w jej pełnej grubości a nie w postaci warstwy przy powierzchni diamentu. Rozwinięcie nowych technik pomiarowych w laboratorium na UJ pozwoliło natomiast na jej charakteryzację pod kątem czasów relaksacji. Wkładem Kandydata w powstanie tej pracy było kierowanie pracami badawczymi zespołu i rozwinięcie układu do pomiarów czasów relaksacji, udział w analizie i interpretacji zebranych danych doświadczalnych oraz korekta manuskryptu.

Celem pracy [A10] było uzyskanie pełnego i możliwie równomiernego pokrycia czoła światłowodu nanodiantami z zachowaniem możliwości detekcji sygnału fluorescencyjnego poprzez światłowód, co umożliwiłoby endoskopowe zastosowania takiego czujnika, np. sondowanie pól magnetycznych w trudnodostępnych lokalizacjach. Zastosowanie chemicznej technika kowalencyjnego wiązania nanodiantów pozwoliło na wytworzenie cienkich filmów

nanodiamentowych na powierzchni światłowodu wielomodowego o dużym rdzeniu, obrazowodu (wiązki światłowodowej), a także referencyjnych szkiełek nakrywkowych.

Wkładem Kandydata w powstanie tej pracy było opracowanie koncepcji światłowodów z czołem pokrytym cienkim filmem nanodiamentowym, pozyskanie światłowodów i obrazowodów o wysokiej aperturze numerycznej w ramach współpracy z grupą prof. dr hab. Ryszarda Buczyńskiego (UW oraz IMiF), opracowanie pierwszych wersji układu i oprogramowania do rejestracji rezonansu ODMR w szerokim polu, kierowanie pracami zespołu realizującego badania opisane w artykule, analiza i weryfikacja prezentowanych danych oraz finalna redakcja manuskryptu.

Praca [A11] jest wynikiem prac konsorcjum projektowego nad opracowaniem koncepcji i technologii domieszkowania rdzenia światłowodu diamentami o wysokiej zawartości centrów NV. Wytworzony światłowod wielomodowy miał rdzeń o średnicy 50 μm . Diamenty są w nim rozmieszczone w postaci izolowanych kryształów, rozmieszczonych co około 10-20 μm wzdłuż włókna. Jego odcinki mogą jednak być użyte jako sensory do detekcji pola magnetycznego co zbadano w pracy pokazując zależności sygnału ODMR i poziomu fluorescencji w funkcji pola magnetycznego zarejestrowane dla 60 cm odcinka światłowodu.

Wkład Kandydata w pracy [A11] polegał na kierowaniu pracami zespołu na UJ, który przeprowadził charakteryzację fluorescencyjną wytworzonego włókna i badania opto-magnetyczne, opracowaniu koncepcji pomiaru pola magnetycznego zwinętym światłowodem technikami ODMR i bez pól mikrofalowych, analizie i interpretacji prezentowanych danych.

Praca [A12] stanowi rozwinięcie idei światłowodu z rdzeniem domieszkowanym nanodiamentami na włókna optyczne z zawieszonym rdzeniem, a scharakteryzowany w pracy światłowod stanowi pierwszy prototyp włókna tego typu. Udało się zaobserwować rezonanse ODMR stosując detekcję światła wychodzącego z czoła światłowodu. Stanowi to znaczący krok na drodze do wytworzenia włókna niskostratnego, które będzie domieszkowany nanodiamentami o średnicy rzędu 100 nm. Wkładem Kandydata było współautorstwo idei domieszkowania nanodiamentami z centrami barwnymi NV światłowodów z zawieszonym rdzeniem, kierowanie pracami zespołu na UJ prowadzącego badania optyczne i opto-magnetyczne z przygotowanymi światłowodami, analiza i weryfikacja prezentowanych danych.

1.3 Wnioski

Przedstawiony do recenzji cykl publikacji składający się z 12 pozycji spełnia zdaniem recenzenta wymogi stawiane w postępowaniu awansowym o nadanie stopnia doktora habilitowanego. Kandydat jest znaczącym twórcą większości przedstawionych opracowań, w części z nich kierownikiem prac i głównym wykonawcą. Przedstawione do oceny prace wskazują na istotny wkład Kandydata w uprawianą dziedzinę nauki. Na podstawie oceny dokonań Habilitanta można stwierdzić, że potrafi skutecznie realizować badania naukowe, formułować istotne wnioski, realizując badania na wysokim poziomie merytorycznym.

REASUMUJĄC: stwierdzam, że przedstawione dzieło pozwala z pełnym przekonaniem na stwierdzenie, że przedłożony do oceny cykl publikacji pt. „Charakteryzacja i zastosowania centrów barwnych typu azot-wakancja w diamencie do pomiarów i obrazowania pól magnetycznych” jest spójny tematycznie, zrealizowany na wysokim poziomie merytorycznym oraz spełnia wymogi ustawy o stopniach i tytule naukowym. Przywołane w cyklu prace pozwalają na stwierdzenie, że Kandydat potrafi realizować prace naukowe zarówno we własnym środowisku jak również we współpracy z ośrodkami zagranicznymi.

Stwierdzam zatem, że Kandydat w tym zakresie oceny w pełni spełnia kryteria dotyczące uzyskania stopnia doktora habilitowanego.

2. Ocena dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego

2.1 Ocena dorobku naukowego

Dr Adam Wojciechowski jest absolwentem Uniwersytetu Jagiellońskiego. W roku 2007 tytuł magistra fizyki za pracę pt. „Magnetometr atomowy” obronioną z wyróżnieniem w Instytucie Fizyki. W 2011 roku uzyskał stopień doktora nauk fizycznych również na Uniwersytecie Jagiellońskim, na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej za pracę doktorską pt. "Koherencje kwantowe w zimnych atomach" obronioną z wyróżnieniem i nagrodzoną Nagrodą indywidualną II st. przyznaną przez Ministra NiSW. W obu przypadkach promotorem był prof. dr hab. Wojciech Gawlik.

Kandydat już w czasie realizacji studiów magisterskich w 2006 r. odbył miesięczny staż w grupie prof. Dmitry Budkera, Uniwersytet Kalifornijski, Berkeley, Stany Zjednoczone. W czasie doktoratu w 2009 r. zrealizował 2 miesięczny staż w grupie dr Witolda Chalupczaka, National

Physical Laboratory, Londyn-Teddington, Wielka Brytania. Kandydat w latach 2011-2015 pracował jako asystent na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński. W latach 2015-2017 realizował 2-letni staż podoktorski w grupie Fizyki Kwantowej i Teorii Informacji prowadzonej prof. Ulrika Lunda Andersena na Wydziale Fizyki Duńskiego Uniwersytetu Technicznego (DTU), Kongens Lyngby, Dania. Od roku 2018 jest zatrudniony jako adiunkt na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński.

W okresie przed doktoratem, w latach 2006-2010 Habilitant opublikował 6 prac w czasopismach z listy filadelfijskiej (JCR). W okresie po uzyskaniu stopnia doktora, od 2011 r. Habilitant opublikował 26 prac w czasopismach z listy filadelfijskiej (JCR), w tym:

- 12 prac zaliczonych do monotemetycznego cyklu, szczegółowo omówionych w części 1.2 niniejszej recenzji,
- 14 innych prac, jako autor i współautor.

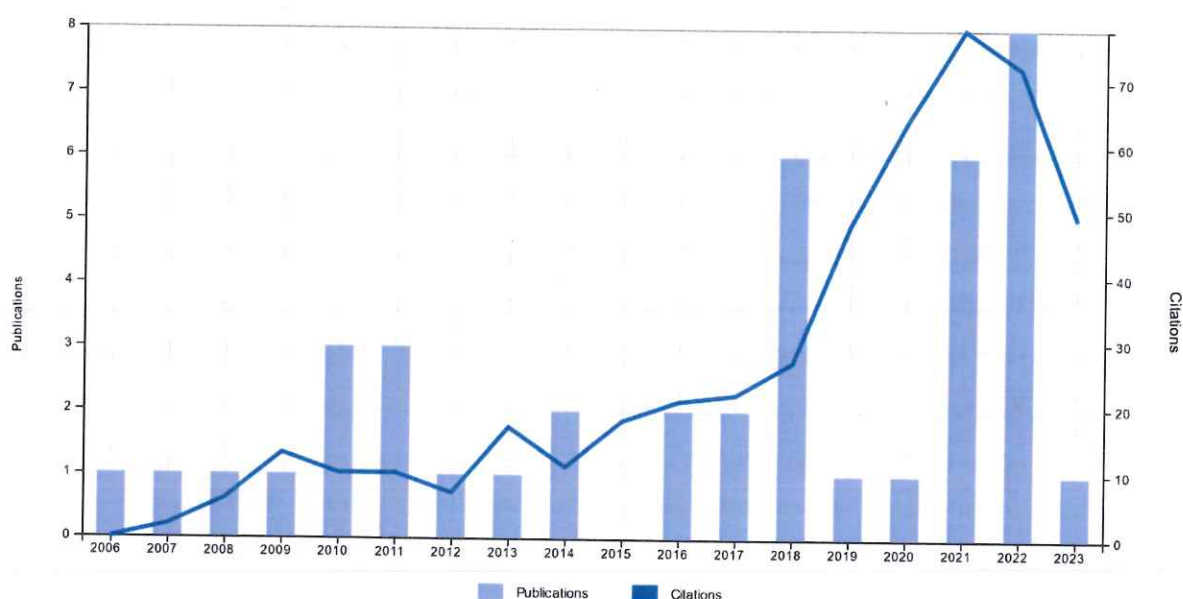
Kandydat wykazał indeks Hirscha wg Web of Science Core Collection dla zestawu publikacji na dzień 28.01.2023 wynosi H=14.

Analiza przywołanych przez Kandydata prac pozwalających na ocenę Jego osiągnięć naukowych – Załącznik nr. 4 - Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny – wskazuje, że dorobek publikacyjny Habilitanta jest tematycznie spójny i obejmuje istotne zagadnienia zgrupowane w obszarze koncepcyjnym, eksperymentalnym i aplikacyjnym dotyczących pomiarów i obrazowania pól magnetycznych z zastosowaniem centrów barwnych w diamencie. Przywołane prace opublikowane zostały w dużej części w znaczących periodykach, z udziałem w projektach i we współpracy z zespołami międzynarodowymi.

Na dzień 1.08.2023 Web of Science Core Collection wykazuje 41 publikacji, indeks Hirscha wynosi H=14 (Rys. 1 i 2 zamieszczone poniżej). W zestawieniu publikacji pojawiła się nowa wieloautorska pozycja z udziałem dr Wojciechowskiego pt. „Sensing of Magnetic-Field Gradients with Nanodiamonds on Optical Glass-Fiber Facets” opublikowana w ACS Applied Nano Materials.

Publications	Citing Articles	Times Cited	H-Index
41	389 Analyze	475	14
Total	Total	Total	H-Index
From 1900 to 2023	362 Analyze	427	11.59
	Without self-citations	Without self-citations	Average per item

Rys. 1. Główne dane z raportu aktywności publikacyjnej. Źródło: Web of Science
(<https://www.webofscience.com>)



Rys. 2. Wykres liczby publikacji i ich cytowań w okresie 2006 – 2023. Źródło: Web of Science
(<https://www.webofscience.com>)

W załączniku 4 – punkt 7 – w okresie po uzyskaniu stopnia doktora, od 2011 r. Kandydat wykazuje 21 wystąpień konferencyjnych, w tym 4 referaty zaproszone i dwa wykłady plenarne. Świadczy to o jego zaangażowaniu w przedstawianiu własnych wyników badań naukowych.

2.2 Ocena dorobku dydaktycznego

Osiągnięcia dydaktyczne Pana dr. Wojciechowskiego zostały ogólnie opisane w Załączniku 3 – Autoreferat i można je uznać za skromne. Od 2007 roku prowadził zajęcia głównie o charakterze praktycznym (ćwiczenia i pracownie), od 2012 prowadził wykłady i ćwiczenia zarówno na poziomie podstawowym jak i zaawansowanym. Był również promotorem pomocniczym w 1 rozprawie doktorskiej, opiekunem naukowym 2 prac magisterskich i 6 licencjackich. Do tego dorobku należy dodać 8 referatów popularno-naukowych i 2 artykuły o

WJ

treści popularno-naukowej i dydaktycznej w Foton umieszczone w części dorobku organizacyjnego.

Dorobek ten należy uznać za wystarczający dla pracownika naukowego, głównie zaangażowanego w projekty i prace naukowe.

2.3 Ocena dorobku organizacyjnego

Kandydat wymienia iż, największym jego osiągnięciem organizacyjnym jest urządzenie nowoczesnego laboratorium spektroskopii centrów barwnych NV w diamencie z nowoczesną aparaturą o koszcie przekraczającym 2 mln zł. Pełnił również rolę Sekretarza i współorganizatora 50. jubileuszowej konferencji EGAS - European Group on Atomic Systems (Kraków, 9-13.07.2018). Jest członkiem Polskiego Towarzystwa Fizycznego (PTF) oraz Europejskiego Towarzystwa Fizycznego (EPS).

W ostatnich latach kilkakrotnie brał udział w tworzeniu materiałów promocyjnych dla Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej (WFAIS) UJ i Krajowego Laboratorium Fizyki Atomowej, Molekularnej i Optycznej (KL FAMO). Nawiązał formalną współpracę pomiędzy UJ a firmą ORCA Computing Private Limited (Oksford, Wielka Brytania) w celu rozwijania nowatorskiej platformy światłowodowej do budowy atomowych pamięci kwantowych.

Dr Wojciechowski recenzował 13 manuskryptów w czasopismach o zasięgu międzynarodowym, m. in. w Advanced Optical Materials (Wiley), Applied Physics B (Springer), IEEE Transactions on Magnetics (IEEE), Journal of Applied Physics (AIP), Laser Physics (IOP), Optics and Lasers in Engineering (Elsevier), Scientific Reports (Nature).

Pełnił rolę Recenzenta jednego wniosku grantowego w konkursie „Perły nauki” MEiN (styczeń 2023) oraz rolę członka komisji rekrutacyjnych w projekcie TEAM-NET QUNNA dla zespołów z IBMM, PW i UW.

Aktywność projektowa

Pan dr Wojciechowski pełnił 3 razy rolę kierownika projektów MNiSW oraz był wykonawcą w 10-ciu projektach krajowych i zagranicznych. Odnosząc się do aktualnie realizowanych prac, w 2020 r. otrzymał finansowanie na realizację grantu w konkursie OPUS LAP Narodowego Centrum Nauki. Grant ten pod tytułem „Zaawansowana magnetometria optyczna wirów w nadprzewodnikach niekonwencjonalnych” jest realizowany wspólnie z grupą prof. Denisa Arčona z Instytutu Jožefa Stefana w Lublanie. Pod koniec 2021 roku objął pozycję kierownika

grantu QuantERA „Mikrofluidyczny kwantowy sensor diamentowy” (Mf-QDS), który od 1.07.2022 jest realizowany w międzynarodowym konsorcjum z liderem z Uniwersytetu w Murcji. Poza tym jest liderem zespołu badawczego w projekcie FNP TEAM-NET: POIR.04.04.00-00-1644/18 „Nanosensoryka i obrazowanie z wykorzystaniem efektów kwantowych: synergia szkła i diamentu dla zastosowań w badiagnostyce nowej generacji” oraz wykonawcą w projekcie MEiN Polska Metrologia: PM/SP/0040/2021/1 „Struktura rozproszonego optycznego zegara atomowego dla ogólnokrajowej metrologii częstotliwości”.

3. Podsumowanie

Przedstawiony do oceny dorobek naukowy, dydaktyczny, organizacyjny i popularyzatorski pozwala na stwierdzenie, że Habilitant jest ukształtowanym pracownikiem naukowym z możliwościami dalszego rozwoju jako kierownik własnej grupy badawczej. Potrafi zarówno planować jak i z sukcesem realizować prace badawcze. Zgłoszony do oceny jednotematyczny cykl publikacji w potwierdza Jego znaczenie jako wartościowego pracownika naukowego. Biorąc pod uwagę dorobek naukowy Habilitanta zestawiony w załączonej dokumentacji postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego, zakres tematyczny i zakres zrealizowanych badań naukowych, uważam że Kandydat spełnia wymagania ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym.

W związku z przedstawionymi powyżej stwierdzeniami opiniuję pozytywnie wniosek o nadanie dr Adamowi Wojciechowskiemu stopnia doktora habilitowanego.