PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
Instytut Łączności

ul.Szachowa 1
04-894 Warszawa
tel.: [+48 22] 512 81 00
fax: [+48 22] 512 86 25
e-mail: info@il-pib.pl
www.il-pib.pl

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Jaroszewicz
Instytut Łączności – Państwowy instytut Badawczy
ul. Szachowa 1, 04-894 Warszawa
e-mail: mmtzjaroszewicz@post.pl

Warszawa, 20 listopada 2022

Recenzja osiągnięć naukowych i aktywności naukowej dr inż. Agnieszki Popiołek-Masajady w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego w dyscyplinie nauki fizyczne

Przedkładam komisji habilitacyjnej ocenę rozprawy habilitacyjnej oraz osiągnięć naukowych i aktywności naukowej pani dr inż. Agnieszki Popiołek-Masajady. Niniejsza recenzja powstała w oparciu o decyzję Rady Dyscypliny Naukowej Nauki Fizyczne Politechniki Wrocławskiej z dnia 24 czerwca 2022 r.

1. Informacje o kandydatce

Pani dr inż. Agnieszka Popiołek-Masajada w 1995 roku ukończyła studia na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej. Jej praca magisterska nosiła tytuł „Zdolności refrakcyjne soczewki ocznej". Promotorem jej pracy był prof. dr hab. inż. Henryk Kasprzak z Instytutu Fizyki Wydziału Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej.

Po ukończeniu studiów pani dr inż. Agnieszka Popiołek-Masajada w latach 1995-1999 odbyła studia doktoranckie w Instytucie Fizyki Wydziału Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej uwieńczone zdobyciem stopnia naukowego doktora. Jej rozprawa doktorska pt. „Numeryczne i eksperymentalne badanie właściwości optycznych soczewki ocznej" została wyróżniona. Promotorem przewodu doktorskiego otwartego na mocy decyzji Rady Naukowej Instytutu Fizyki Wydziału Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej był prof. dr hab. inż. Henryk Kasprzak, a recenzentami rozprawy zostali prof. dr hab. Jerzy Nowak i dr hab. Tadeusz Kryszczyński.

PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
Instytut Łączności
ul.Szachowa 1
04-894 Warszawa
tel.: [+48 22] 512 81 00
fax: [+48 22] 512 86 25
e-mail: info@il-pib.pl
www.il-pib.pl

Po otrzymaniu stopnia naukowego doktora pani dr inż. Agnieszka Popiołek-Masajada w roku akademickim 1999-2000 podjęła pracę w Instytucie Fizyki Wydziału Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej na stanowisku asystenta. W następnym roku została adiunktem i stanowisko to piastuje do dzisiaj. Od 2015 r. po zmianach administracyjnych, które nastąpiły, jej miejsce pracy to Katedra Optyki i Fotoniki Wydziału Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej. Ponadto w drugiej połowie 2021 r. była zatrudniona przez Wydział Fizyki Politechniki Warszawskiej jako samodzielny fizyk.

2. Ocena osiągnięcia naukowego zgłoszonego do postępowania habilitacyjnego

Osiągnięciem naukowym, które pani dr inż. Agnieszka Popiołek-Masajada przedstawia jako rozprawę habilitacyjną jest cykl publikacji pod wspólnym tytułem „Wytwarzanie i wykorzystanie pól optycznych z nieciągłościami fazowymi do pomiarów optycznych". Na cykl ów składa się trzynaście publikacji, które ukazały się w wiodących czasopismach naukowych poświęconych tematyce optycznej i metrologicznej.

Zgodnie ze słowami autorki wspomniany cykl publikacji daje się podzielić na trzy osobne grupy. W pierwszej z nich podjęto problem wykorzystania zbioru wirów optycznych powstałych w wyniku interferencji trzech fal w interferometrze z podziałem amplitudy do pomiaru kształtu frontu falowego jednej z nich. W przypadku, gdy jeden z frontów falowych zostanie nieznacznie nachylony, zamiast zbioru prostoliniowych prążków interferencyjnych, jak to ma miejsce w przypadku klasycznego interferogramu, obserwuje się przesunięcie sieci wirów, przez co można uznać że mamy do czynienia z dyskretyzacją procesu pomiaru. Zamiast wyznaczać odległość międzyprążkową mierzy się przesunięcie maksimów natężenia utworzonych przez wiry przed i po wprowadzeniu nachylenia frontu falowego, co pozwala na pomiar kąta i orientacji nachylenia jednej z interferujących wiązek. Przedstawiono dwie metody pomiaru sieci wirów, tj. tzw. metodę trypletów i metodę komórek. W pierwszej z nich mierzy się zmianę kształtu trójkąta utworzonego przez dowolne sąsiadujące ze sobą wiry. Z kolei w drugiej metodzie, wziąwszy pod uwagę, że sąsiadujące wiry niosą przeciwne ładunki topologiczne, całą sieć wirów dzieli się na dwie podsieci o przeciwnych ładunkach topologicznych i w każdej z nich wyznacza się czworokątne komórki, z położenia rogów których daje się wyznaczyć orientację i nachylenie mierzonego frontu falowego. Możliwość pomiaru położeń bardzo dużej ilości wirów umożliwia dodatkowo na ocenę statystyczną kąta i orientacji nachylenia, co stanowi dodatkową zaletę w porównaniu z klasyczną oceną obrazu

PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
Instytut Łączności
ul.Szachowa 1
04-894 Warszawa
tel.: [+48 22] 512 81 00
fax: [+48 22] 512 86 25
e-mail: info@il-pib.pl
www.il-pib.pl

interferencyjnego zwykłych fal płaskich, jak również pozwala na osiągnięcie większej dokładności pomiaru.

Drugie zagadnienie wyróżnione w rozprawie, któremu została poświęcona osobna publikacja dotyczy modyfikacji klasycznego eksperymentu Younga z podziałem czoła fali. Modyfikacja polega na zastąpieniu ekranu z dwiema szczelinami lub otworami przez interferencję fal kulistych lub płaskich po przejściu przez płytkę z trzema lub czterema nie współliniowo umieszczonymi otworami. Tworzy się wtedy sieć wirów, której położenie zmienia się w zależności od pozycji płytki względem oświetlającej fali, co pozwala na określenie jego geometrii.

Trzecia część rozprawy, najważniejsza i najobszerniejsza gromadzi wyniki pozostałych dziewięciu publikacji i zawiera opis propozycji nowego rodzaju obrazowania mikroskopowego, w którym zasadniczym nowym elementem układu optycznego jest płytka fazowa wprowadzająca helikalny front falowy. Wyniki symulacji oraz przeprowadzonych eksperymentów wykazują, że możliwe jest obrazowanie obiektów o rozmiarach znacznie mniejszych od dozwolonych przez klasyczne kryterium rozdzielczości, a dzieje się tak dzięki temu, że skok fazy pomiędzy przeciwległymi sektorami płytki fazowej wytwarzającej helikalny front falowy wynosi π radianów, czyli odpowiadające im fragmenty frontu falowego ulegają destruktywnej interferencji, co może prowadzić do zwiększonej rozdzielczości. W pracach składających się na tę część rozprawy oprócz opisu i sprawdzenia proponowanego układu optycznego zaproponowano cały szereg usprawnień zwiększających czułość metody i pewność pomiaru, takich, jak np. dokładne wyznaczenie obrotu spiralnej mapy fazowej, czy opracowanie sieci neuronowej pozwalającej na określenie położenia wiru z dokładnością subpixelową.

Jeszcze jednym tematem aktualnie realizowanym przez panią dr inż. Agnieszkę Popiołek-Masajadę jest propagacja wiązki z wirem optycznym przez turbulentną atmosferę. Temat jest wykonywany w ramach współpracy z Politechniką Warszawską we wdrożeniowym projekcie zatytułowanym „Opracowanie i budowa systemu do realizacji w czasie rzeczywistym trójwymiarowej wizualizacji meczów piłki nożnej”. Można przypuszczać, że jednym z powodów jego podjęcia jest tzw. healing effect, tj odtworzenie pierwotnego rozkładu wiązki bezdyfrakcyjnej pomimo przeszkód znajdujących się na jej drodze. Efekt ten wynika z faktu, że propagacja wiązki nie postępuje poosiowo, lecz raczej pod pewnym kątem do kierunku propagacji, przez co części wiązki formujące jej przekrój poza przeszkodą nie są przez nią zasłonięte. Z ciekawością będę oczekiwał wyników, zważywszy na to, że zerowe natężenie w środku wiązki jest spowodowane destruktywną

PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
Instytut Łączności
ul.Szachowa 1
04-894 Warszawa
tel.: [+48 22] 512 81 00
fax: [+48 22] 512 86 25
e-mail: info@il-pib.pl
www.il-pib.pl

interferencją przeciwległych sektorów wiązki, przez co wprowadzenie zmian fazowych spowodowane turbulencjami ośrodka powinno ją zaburzyć. Jest to ciekawy temat, a w ostatnim czasie ukazało się wiele publikacji analizujących odporność wiązek Bessela, także wiązek wyższych rzędów (czyli posiadających zerową wartość w środku rozkładu natężenia) na turbulencje atmosferyczne. W części autoreferatu traktującej o powyższym zagadnieniu nie ma spisu publikacji, i dlatego pozwalam sobie zamieścić poniżej kilka przykładowych opracowań, gdzie podobny problem został przeanalizowany, chociaż przypuszczam, że zapewne mogą być one lub im podobne znane autorce, a nie znalazły się w autoreferacie jedynie ze względu na brak miejsca i konieczność ścisłego trzymania się tematu.

Halil Eyyuboğlu, "Propagation of higher order Bessel–Gaussian beams in turbulence," Appl. Phys. B **88**, 259-265 (2007).

Philip Birch, Iniabasi Ituen, Rupert Young, and Chris Chatwin, "Long-distance Bessel beam propagation through Kolmogorov turbulence," J. Opt. Soc. Am. A **32**, 2066-2073 (2015).

Nokwazi Mphuthi, Roelf Botha, and Andrew Forbes, "Are Bessel beams resilient to aberrations and turbulence?," J. Opt. Soc. Am. A **35**, 1021-1027 (2018).

Wei Liao, Quan Zhou, Yu Liu, and Shaohua Tao, "Segmented-phase high-order Bessel beams," Opt. Commun. **488**, 126849, (2021).

Podsumowując, publikacje składające się na rozprawę habilitacyjną stanowią istotny wkład do nowej dziedziny optyki, jaką stała się w ostatnich latach tzw. optyka osobliwości, czy też nieciągłości optycznych (singular optics), a w szczególności proponują jej nowe zastosowania w metrologii i pomyślnie dowodzą takiej możliwości, czy to w pomiarze kształtu frontu falowego, czy też, przez zastosowanie nowego układu optycznego w mikroskopii do pomiaru nanostruktur z dokładnością przewyższającą ograniczenia narzucone przez klasyczne kryteria rozdzielczości. Wziąwszy przytoczone powody pod uwagę mogę śmiało stwierdzić, że pani dr inż. Agnieszka Popiołek-Masajada spełnia wymagania by stać się samodzielnym pracownikiem naukowym.

PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
Instytut Łączności
ul.Szachowa 1
04-894 Warszawa
tel.: [+48 22] 512 81 00
fax: [+48 22] 512 86 25
e-mail: info@il-pib.pl
www.il-pib.pl

3. Ocena całości dorobku naukowego

Całość wyników osiągniętych przez panią dr inż. Agnieszkę Popiołek-Masajadę znajduje odzwierciedlenie w naukowych bazach danych i jak z tego wynika, cieszy się zainteresowaniem międzynarodowego środowiska naukowego. Zgodnie z danymi bazy Web of Science, w czasie sporządzania niniejszej opinii pani dr inż. Agnieszka Popiołek-Masajada była autorką 57 prac naukowych (w tym 32 artykułów zamieszczonych w tzw. czasopismach indeksowanych). Publikacje te do chwili obecnej zebrały w sumie 470 cytowań, z czego 336 było cytowaniami innych autorów. Współczynnik Hirscha publikacji pani dr inż. Agnieszki Popiołek-Masajady w chwili obecnej wynosi 13. Jej najczęściej przytaczana praca (J. Masajada, A. Popiołek, E. Frączek, and W. Frączek, "Vortex points localization problem in optical vortices interferometry," Opt. Commun. **234**, 23–28, (2004)) ma aktualnie 47 cytowań. Z kolei baza Scopus podaje 58 publikacji o ogólnej liczbie cytowań 489, index Hirscha również równy 13, a wspomniana wyżej najbardziej cytowana praca ma w tej bazie danych 50 wskazań. Następnie ogólnodostępna baza Scholar Google jako najczęściej cytowaną pracę, bo z 80 cytowaniami wymienia pracę B. Pierścionek, A. Popiolek-Masajada, and H. Kasprzak, "Corneal shape change during accommodation," Eye, **15**, 766-769 (2001) podczas gdy poprzednio wspomniana praca ma tu wymienione 52 cytowania.

Pani dr inż. Agnieszka Popiołek-Masajada była dwukrotnie zapraszana do przedstawienia wyników swoich badań na międzynarodowych konferencjach naukowych. Ponadto miała 19 wystąpień na naukowych konferencjach tematycznych w kraju i za granicą.

Pani dr inż. Agnieszka Popiołek-Masajada może również wykazać się bogatym dorobkiem w organizacji spotkań i konferencji naukowych. Cztery razy była członkiem komitetu organizacyjnego międzynarodowych konferencji naukowych o tematyce optycznej, a dwukrotnie przewodniczącą komitetu organizacyjnego takich spotkań naukowych (19th Polish-Slovak-Czech Optical Conference on Wave and Quantum Aspects of Contemporary Optics, Wojanów (2014), oraz 22nd Polish-Slovak-Czech Optical Conference on Wave and Quantum Aspects of Contemporary Optics, Wojanów (2022)). Była też redaktorem materiałów konferencyjnych pierwszej z wymienionych wyżej konferencji, które ukazały się jako tom 9441 SPIE (Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers).

Pani dr inż. Agnieszka Popiołek-Masajada wielokrotnie była proszona o przygotowanie recenzji prac przysyłanych do liczących się czasopism w dziedzinie optyki i

PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
Instytut Łączności
ul.Szachowa 1
04-894 Warszawa
tel.: [+48 22] 512 81 00
fax: [+48 22] 512 86 25
e-mail: info@il-pib.pl
www.il-pib.pl

pokrewnych, takich jak Optics Express, Optics and Laser Technology, Measurement Science and Technology, Vision Research, Optics and Laser in Engineering czy Photonics. Ponadto z racji pełnienia funkcji członka komitetu organizacyjnego czterech polsko-słowacko-czeskich konferencji optycznych przypadło jej w udziale sporządzenie recenzji prac zamieszczanych w materiałach konferencyjnych. Powierzenie tych funkcji pani dr inż. Agnieszce Popiołek-Masajadzie świadczy o uznaniu zarówno dla niej jak i dla jej dorobku naukowego.

Na osobne podkreślenie zasługuje działalność pani dr inż. Agnieszki Popiołek-Masajady w redakcji naukowego czasopisma Optica Applicata, gdzie od 2008 roku sprawuje funkcję zastępcy redaktora naczelnego. Jest to ważna praca świadczona na rzecz całego środowiska optycznego i oznacza niemal codzienne przygotowywanie opinii na temat wszystkich manuskryptów przychodzących do redakcji czasopisma w ilości ok. 120 rocznie. Należy dodać, że czasopismo Optica Applicata jest jednym z niewielu polskich czasopism naukowych o tematyce optycznej, które jest indeksowane przez najważniejsze bazy bibliometryczne takie jak Web of Science czy Scopus.

4. Ocena działalności w zakresie dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego

Pani dr inż. Agnieszka Popiołek-Masajada wyróżnia się bogatym i różnorodnym doświadczeniem dydaktycznym. I tak, od roku 2010 do 2021 kierowała dwudziestoma pracami magisterskimi i dziewiętnastoma pracami inżynierskimi. Prowadziła sześć różnych wykładów na różnych kierunkach studiów i opracowała program nauczania specjalistycznych wykładów zatytułowanych „Komputerowo wspomagane projektowanie układów optycznych" (I stopień) i „Teorie odwzorowań optycznych" (II stopień), jak również cztery różne zajęcia ćwiczeniowe i sześć różnych zajęć laboratoryjnych. Jedno z nich, poświęcone komputerowo wspomaganemu projektowaniu układów optycznych na specjalistycznym oprogramowaniu do projektowania układów optycznych (ZEMAX, OSLO) zostało przez nią w całości przygotowane. Jest także współautorką zbioru zadań dla studentów pt. „Zbiór zadań z optyki z rozwiązaniami" wydanym przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Wrocławskiej w 2001.

Za swoją pracę była wielokrotnie nagradzana nagrodą rektora Politechniki Wrocławskiej w uznaniu wyróżniającego wkładu w działalność uczelni w latach 2009 – 2018 corocznie oraz w roku 2020, a także nagrodą dziekana wydziału Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej w roku 2001.

PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
Instytut Łączności
ul.Szachowa 1
04-894 Warszawa
tel.: [+48 22] 512 81 00
fax: [+48 22] 512 86 25
e-mail: info@il-pib.pl
www.il-pib.pl

Należy podkreślić, że doświadczenie dydaktyczne nabyte w pracy zawodowej pani dr inż. Agnieszka Popiołek-Masajada wykorzystuje z powodzeniem także w prowadzonej przez siebie na przestrzeni wielu lat różnorodnej działalności popularyzatorskiej, począwszy od wielokrotnego udziału w Festiwalach Nauki, w Akademii dla Młodych Odkrywców, prowadzenia zajęć warsztatowych dla młodzieży z Wrocławskiego Centrum Rozwoju Społecznego, wykładów popularyzujących naukę w Instytucie Fizyki Politechniki Wrocławskiej, aż po takie przedsięwzięcia jak wykład dla Miss World 2006 pt. "Eye to eye with optical illusions" czy seria wykładów z optyki i widzenia na SLOT ART FESTIVAL w Lubiążu w 2007 roku. Pozwolę sobie zaznaczyć, że działalność popularyzatorska nie zawsze jest należycie doceniana, a w mojej opinii należy uznać ją za ważną część misji społecznej naszego środowiska i za znaczącą część dorobku osoby ubiegającej się o stopień naukowy doktora habilitowanego.

5. Wniosek końcowy

Wziąwszy pod uwagę wszystkie wymienione wyżej osiągnięcia pani dr inż. Agnieszki Popiołek-Masajady należy stwierdzić, że jej dorobek naukowy, organizacyjny, dydaktyczny i popularyzatorski spełnia wymogi określone w artykule 219 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 roku.

A zatem z pełnym przekonaniem popieram wniosek o nadanie pani dr Agnieszce Popiołek-Masajadzie stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki fizyczne.

Zbigniew Jaroszewicz