Politechnika Warszawska
Wydział Fizyki
Koszykowa 75, 00-662 Warszawa
fax (22) 628 2171, tel. (22) 234 5689; e-mail: tomasz.wolinski@pw.edu.pl

Prof. dr hab. Tomasz R. Woliński

Warszawa, 26.05.2021 r.

Ocena dorobku naukowego i rozprawy habilitacyjnej pt.:
„Wykorzystanie zjawisk liniowych i nieliniowych do kontrolowania właściwości światła w światłowodach specjalnych."
dra inż. Karola Tarnowskiego

Ocena działalności naukowej

Pan Karol Tarnowski uzyskał w 2007 r. tytuł zawodowy magistra inżyniera na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej na kierunku Fizyka w specjalności: Fizyczne Podstawy Informatyki. W 2010 r. został również mgr inż. na kierunku Informatyka o specjalności Algorytmy i Systemy Informatyczne również na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej.

Stopień doktora nauk fizycznych w zakresie fizyki uzyskał w 2012 r. w Instytucie Fizyki Politechniki Wrocławskiej na podstawie wyróżnionej rozprawy „Wybrane procesy konwersji częstotliwości w strukturyzowanych włóknach optycznych", której promotorem był dr hab. inż. Włodzimierz Salejda. Od 1.10.2012 r. pan Tarnowski został zatrudniony na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej: początkowo na stanowisku asystenta, a od 1.10.2014 r. na stanowisku adiunkta.

Od roku 2010 pan Tarnowski uczestniczył łącznie w realizacji 6 projektów badawczych: w latach 2015-2017 kierował grantem NCN SONATA, a od roku 2019 kieruje kolejnym projektem NCN SONATA BIS. Od roku 2010 uczestniczył w realizacji projektów w ramach współpracy polsko-francuskiej POLONIUM z Laboratoire Interdisciplinare Carnot de Bourgogne (Université de Bourgogne, Dijon, Francja), przy czym dwukrotnie: w latach 2016-2017 oraz 2019-2020 był koordynatorem tej współpracy.

W dokumentacji wniosku odnajdujemy dane bibliometryczne sporządzone przez Habilitanta według stanu z dniu 16.11.2020 r. Baza Web of Science (WoS) podaje 348 cytowań obcych, indeks Hirscha h = 11 oraz sumaryczny *Impact Factor* publikacji indeksowanych według listy JCR, który wynosi 82,493. Baza Scopus odnotowała 411 cytowań obcych oraz indeks Hirscha h = 10 (bez autocytowań). Są to bardzo dobre – na tym etapie rozwoju kariery naukowej – wskaźniki bibliograficzne świadczące o zauważalnej w świecie pozycji naukowej Habilitanta.

Dr inż. Karol Tarnowski jest od roku 2013 członkiem Polskiego Towarzystwa Fizycznego, od 2015, r. *Optical Society of America*, OSA a od 2017 r. *European Optical Society*, EOS. Łącznie opublikował 33 prace: 11 prac przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora i 22 prace po doktoracie, z których 10 prac wchodzi w skład rozprawy habilitacyjnej.

Swoje prace z sukcesem umieszczał w szerokim spektrum wiodących na świecie czasopism optycznych i fotonicznych. Liczba prac opublikowanych w najczęściej wybieranych przez Habilitanta czasopismach wynosi: 7 w *Optics Express*, 5 w *Optics Letters*, 2 w *Photonics Research*, 2 w *Journal of Optics*; 2 w *Opto-Electronics Review*.

Pojedyncze prace zostały opublikowane m.in. w *Measurement Science and Technology, IEEE Photonics Journal, IEEE Journal of Quantum Electronics, Applied Physics Letters, Journal of Optical Society of America B, Optical Engineering, Applied Physics Letters.*

Prace Habilitanta były w większości wieloautorskie, również we współpracy międzynarodowej, przy czym w 13 pracach (5 przed doktoratem i 8 po doktoracie) Karol Tarnowski był pierwszym autorem, co świadczy o wiodącym jego zaangażowaniu w te prace. W latach 2005-2020 pan Tarnowski wygłosił ponad 30 prezentacji konferencyjnych, w tym 12 referatów na konferencjach międzynarodowych organizowanych w kraju i zagranicą oraz jeden referat zaproszony na konferencji w światłowodowej *17th Conference on Optical Fibers and Their Applications*, Supraśl, 23-27.01.2017. Jest to wynik bardzo dobry świadczący o wysokiej aktywności konferencyjnej kandydata.

Dr inż. K. Tarnowski był w latach 2013-20 pięciokrotnie laureatem Indywidualnej Nagrody Rektora Politechniki Wrocławskiej. W roku 2015 uzyskał 3-letnie stypendium Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego dla młodych naukowców oraz dwukrotnie (2013, 2014) stypendium START Fundacji na rzecz Nauki Polskiej.

Od 2010 roku dziesięciokrotnie przebywał na krótkich stażach naukowych bądź konsultacjach w *Laboratoire Interdisciplinare Carnot de Bourgogne* w Dijon we Francji w ramach polsko-francuskiej współpracy dwustronnej Polonium.

Habilitant był recenzentem 28 publikacji nadsyłanych do czasopism międzynarodowych: Photonics Research (5), Optics Letters (5), Optics Express (5), Applied Physics Letters (2), Applied Optics (3), Photonics (1), Optica Applicata (6), Opto-Electronics Review (2).

Całokształt działalności i aktywności naukowej Habilitanta należy ocenić bardzo dobrze. Na podkreślenie zasługuje fakt licznej współpracy z szeregiem instytucji naukowych krajowych i zagranicznych tj. *Université Bourgogne Franche-Comté* (Dijon, Francja), *Vrije Universiteit Brussel* (Bruksela, Belgia), *Pennsylvania State University* (Pensylwania, USA), *Universidad de Cantabria* (Santander, Hiszpania). Współprace te zaowocowały publikacjami naukowymi; przy czym wkład Habilitanta w powstanie wspólnych publikacji dotyczył w ogólności modelowania numerycznego oddziaływania światła z materią.

Ocena rozprawy habilitacyjnej

Zgodnie art. 219 ust. 1 p. 2b Ustawy z dnia 20. lipca 2018 r. (Dz. U. z dn. 30.08.2018 poz. 1668 ze zm.) rozprawę habilitacyjną dr inż. Karol Tarnowski przedstawia w postaci jednotematycznego cyklu dziesięciu poniżej wymienionych artykułów naukowych opatrzonych wspólnym tytułem: *„Wykorzystanie zjawisk liniowych i nieliniowych do kontrolowania właściwości światła w światłowodach specjalnych."*

Cykl ten obejmuje prace współautorskie, w których liczba autorów wynosiła od dwóch do dziesięciu:

H1 K. Tarnowski, W. Urbańczyk, *Origin of Bragg reflection peaks splitting in gratings fabricated using a multiple order phase mask*, Optics Express, vol. 21(19), pp. 21800-21819 (2013);

H2 K. Tarnowski, A. Anuszkiewicz, J. Olszewski, P. Mergo, B. Kibler, W. Urbańczyk, *Nonlinear frequency conversion in a birefringent microstructured fiber tuned by externally applied hydrostatic pressure*, Optics Letters, vol. 38(24), pp. 5260-5263 (2013);

H3 K. Tarnowski, A. Anuszkiewicz, K. Poturaj, P. Mergo, W. Urbańczyk, *Birefringent optical fiber with dispersive orientation of polarization axes*, Optics Express, vol. 22(21), pp. 25347-25353 (2014);

H4 K. Tarnowski, A. Anuszkiewicz, P. Mergo, B. Frisquet, B. Kibler, W. Urbańczyk, *Nonlinear mode coupling in a birefringent microstructured fiber tuned by externally applied hydrostatic pressure*, Journal of Optics, vol. 17(3), 035506 (2015);

H5 K. Tarnowski, W. Urbańczyk, *All-normal dispersion hole-assisted silica fibers for generation of supercontinuum reaching midinfrared*, IEEE Photonics Journal, vol. 8(1), 7100311 (2016);

H6 K. Tarnowski, T. Martynkien, P. Mergo, K. Poturaj, G. Soboń, W. Urbańczyk, *Coherent supercontinuum generation up to 2.2 μm in an all-normal dispersion microstructured silica fiber*, Optics Express, vol. 24(26), pp. 30523-30536 (2016);

H7 K. Tarnowski, T. Martynkien, P. Mergo, K. Poturaj, A. Anuszkiewicz, P. Béjot, F. Billard, O. Faucher, B. Kibler, W. Urbańczyk, *Polarized all-normal dispersion supercontinuum reaching 2.5 μm generated in a birefringent microstructured silica fiber*, Optics Express, vol. 25(22), pp. 27452-27463, (2017);

H8 J. Biedrzycki, K. Tarnowski, W. Urbańczyk, *Optimization of microstructured fibers with germanium-doped core for broad normal dispersion range*, Opto-Electronics Review, vol. 26(1), pp. 57-62 (2018);

H9 G. Statkiewicz-Barabach, K. Tarnowski, D. Kowal, P. Mergo, *Experimental analysis of Bragg reflection peak splitting in gratings fabricated using a multiple order phase mask*, Sensors, vol. 19(2), 433 (2019);

H10 K. Tarnowski, T. Martynkien, P. Mergo, J. Sotor, G. Soboń, *Compact all-fiber source of coherent linearly polarized octave-spanning supercontinuum based on normal dispersion silica fiber*, Scientific Reports, vol. 9, 12313 (2019).

Wszystkie prace opublikowane zostały w przeciągu sześciu lat tj. w latach 2013 – 2019 w siedmiu czasopismach z listy JCR: *Optics Express* (4 prace) oraz po jednej w *Optics Letters, Journal of Optics, IEEE Photonics Journal, Opto-Electronics Review, Sensors, Scientific Reports*. Sumaryczny współczynnik wpływu *Impact Factor* (IF) cyklu prac stanowiących dzieło habilitacyjne wynosi ponad 28, co jest bardzo przyzwoitym wynikiem. W 8 pracach pan Tarnowski był pierwszym autorem, w pozostałych dwóch na liście autorów występował na 2. miejscu.

W dokumentacji wniosku znajdują się oświadczenia wszystkich współautorów, z których to oświadczeń wynika dominujący wkład dr. inż. Karola Tarnowskiego w powstanie każdej z wieloautorskich prac wchodzących w skład dzieła habilitacyjnego. W szczególności wkład ten polegał na opracowaniu założeń i koncepcji każdej z prac, przeprowadzeniu obliczeń i symulacji numerycznych oraz zaprojektowaniu światłowodów mikrostrukturalnych.

Tytuł rozprawy habilitacyjnej: *„Wykorzystanie zjawisk liniowych i nieliniowych do kontrolowania właściwości światła w światłowodach specjalnych"* uważam za trafnie dobrany. Odpowiada on postawionemu przez Habilitanta problemowi naukowemu, który sprowadza się do wykorzystania efektów zarówno liniowych jak i nieliniowych występujących podczas propagacji światła do kontrolowania właściwości światła w światłowodach specjalnych, głównie w światłowodach mikrostrukturalnych.

Trzy prace wchodzące w skład cyklu (H1, H3, H9) dotyczą efektów liniowych, natomiast pozostałe siedem prac (H2, H4-H8, H10) poświęcone jest efektom nieliniowym: konwersji częstotliwości i sprzęgania modów polaryzacyjnych w światłowodach dwójłomnych oraz generacji koherentnego superkontinuum. Prace w cyklu zostały uporządkowane chronologicznie, według dat ich opublikowania: od 2013 do 2019 r. Lepszą przejrzystość zyskałoby dzieło habilitacyjne, gdyby prace cyklu zostały uporządkowane tematycznie.

W pierwszej pracy cyklu H1 (2 autorów) z 2013 r. przedstawiony został oryginalny opis teoretyczny umożliwiający przewidywanie długości fal, dla których pojawiają się odbicia rezonansowe od nakładających się siatek Bragga zapisanych w pochylonym włóknie. Na podstawie tego opisu zostało wyjaśnione rozdwojenie pików Bragga. Habilitant przewidział również możliwość powstawania dodatkowych pików Bragga pochodzących od interferencji par wiązek UV odchylonych przez maskę fazową w wyższe rzędy dyfrakcyjne w pochylonym włóknie. Praca ta zdobyła od 2013 r. umiarkowaną liczbę 6 cytowań (wg WoS).

W kolejnej pracy H2 (6 autorów), pierwszej pracy cyklu dotyczącej efektów nieliniowych pan Tarnowski przeprowadził symulacje nieliniowej propagacji światła w światłowodzie dwójłomnym z wykorzystaniem autorskiej implementacji solwera układu sprzężonych nieliniowych równań Schrödingera dla modów polaryzacyjnych oraz zauważył, że proces wektorowej niestabilności modulacyjnej może być kontrolowany przez ciśnienie hydrostatyczne w światłowodzie mikrostrukturalnym. Taki światłowód o wysokiej czułości dwójłomności na ciśnienie hydrostatyczne został wytworzony w Pracowni Technologii Światłowodów UMCS w Lublinie.

W pracy H3 (6 autorów) Habilitant rozwiązał równanie różniczkowe opisujące ewolucję stanu polaryzacji światła w trakcie propagacji z wykorzystaniem wektora Stokesa. Okazało się, że można wykorzystać zjawisko konwersji energii w światłowodach dwójłomnych: wektorowej niestabilności modulacyjnej oraz nieliniowego sprzęgania modów polaryzacyjnych do pomiarów ciśnienia hydrostatycznego. Przeprowadzone symulacje numeryczne zostały odniesione do wyników pomiarowych oraz pokazały zarówno zalety jak i ograniczenia zaproponowanych rozwiązań.

Praca H4 (6 autorów) powstała we współpracy z ośrodkiem francuskim (Bourgogne) oraz z UMCS i stanowi rozwinięcie pracy H2. Celem badań było poszerzenie zjawiska nieliniowego sprzęgania modów polaryzacyjnych na szerszy zakres ciśnienia hydrostatycznego, w którym dwójłomność fazowa zmienia znak. Oryginalnym dokonaniem Habilitanta były symulacje propagacji nieliniowej fali ciągłej w światłowodzie o dwójłomności przestrajanej ciśnieniem. Okazało się, że dobierając odpowiednio długość odcinka światłowodu poddanego działaniu ciśnienia, moc fali pompującej oraz wartość ciśnienia można kontrolować stan polaryzacji na wyjściu włókna i światłowód może spełniać rolę czujnika ciśnienia.

Pięć prac cyklu (H5, H6, H7, H8, H10) poświęcone jest generacji superkontinuum w światłowodach krzemionkowych. Prace H5, H6, H8 udowodniły, że można przesuwać długofalową granicę koherentnego widma superkontinuum generowanego w światłowodach o dyspersji normalnej, natomiast prace H7 i H10 wykazały możliwość uzyskania spolaryzowanego koherentnego widma superkontinuum w światłowodach dwójłomnych o dyspersji normalnej.

W pracy H5 (2 autorów) Habilitant zaproponował konstrukcje włókien typu *hole-assisted* o sześciu kanałach powietrznych i rdzeniu domieszkowanym szkłem germanowym pozwalających na generację koherentnego superkontinuum przy pompowaniu laserami impulsowymi dla długości fali 1,55 μm oraz 1,97 μm. Praca ta doczekała się 11 cytowań (wg WoS).

Głównym celem pracy H6 (6 autorów z 3 zespołów) była weryfikacja eksperymentalna możliwość generacji superkontinuum sięgającego do 2,2 μm. Światłowody zostały wykonane w UMCS, a Habilitant dokonał modelowania zjawisk nieliniowych na bazie skalarnego nieliniowego równania Schrödingera. Praca ta doczekała się 19 cytowań (wg WoS).

W pracy H7 (10 autorów z 3 zespołów) pan Tarnowski zaprojektował dwójłomny krzemionkowy światłowód mikrostrukturalny o rdzeniu domieszkowanym tlenkiem germanu.

Dwójłomność światłowodu (wytworzonego w UMCS) była indukowana poprzez ściśnięcie sieci mikrostruktury w jednym kierunku. W pracy tej uzyskano przesunięcie długofalowej krawędzi widma superkontinuum generowanego w reżimie dyspersji normalnej w światłowodach krzemionkowych do 2,56 μm oraz generację spolaryzowanego superkontinuum. Praca ta doczekała się już 18 cytowań (wg WoS).

Kolejna praca H8 (3 autorów) prezentowała optymalizację krzemionkowych światłowodów mikrostrukturalnych o rdzeniu domieszkowanym szkłem germanowym uzyskane na podstawie symulacji numerycznych.

Praca H9 (4 autorów, 2 zespoły) jest rozwinięciem a jednocześnie eksperymentalną egzemplifikacją teoretycznych przewidywań zaproponowanych w pracy H1 i dotyczyła możliwości powstawania wielokrotnych pików Bragga w wyniku pochylenia światłowodu polimerowego na bazie PMMA wykonanego w UMCS.

Ostatnia praca cyklu H10 (5 autorów, 2 zespoły), która powstała we współpracy z Wydziałem Elektroniki PWr oraz UMCS prezentuje w pełni światłowodowe źródło koherentnego superkontinuum emitujące koherentne i spolaryzowane widmo.

Dr inż. Karol Tarnowski w cyklu 10. publikacji naukowych zaprezentował swój bogaty warsztat narzędzi teoretycznych do analizy zjawisk liniowych i nieliniowych występujących podczas propagacji światła w światłowodach specjalnych. Wkład Habilitanta we wszystkie prace cyklu sprowadzał się do modelowania propagacji światła w światłowodach specjalnych (zarówno metodami analitycznymi jak i numerycznymi) oraz projektowania innowacyjnych konstrukcji światłowodów specjalnych. Niewątpliwie weryfikacja eksperymentalna wszystkich przewidywań teoretycznych Habilitanta nie byłaby możliwa bez współpracy z wieloma zespołami eksperymentalnymi. Pan Tarnowski po dołączeniu do Zespołu Optyki Światłowodów prof. Wacława Urbańczyka (Katedra Optyki i Fotoniki, Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Politechnika Wrocławska) skorzystał z wieloletniej współpracy z technologami z Pracowni Technologii Światłowodów (Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie), bez których wszystkie ambitne projekty nowych światłowodów nie mogłyby być urzeczywistnione. Również współpraca z Zespołem Elektroniki Laserowej i Światłowodowej (Katedra Teorii Pola, Układów Elektronicznych i Optoelektroniki, Wydział Elektroniki, Politechnika Wrocławska) oraz Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne (Université Bourgogne Franche-Comté, Dijon) była w ramach prac wchodzących w skład dzieła habilitacyjnego bardzo owocna.

Do najważniejszych oryginalnych osiągnięć Habilitanta zaprezentowanych w jednotematycznym cyklu dziesięciu publikacji należy zaliczyć:

1. opracowanie modelu teoretycznego siatek Bragga o kilku pikach odbiciowych kontrolowanych pochyleniem włókna względem maski fazowej [H1, H9];
2. opracowanie koncepcji światłowodu dwójłomnego o dyspersyjnej orientacji osi polaryzacyjnych [H3];
3. zaproponowanie wykorzystania zjawisk wektorowej niestabilności modulacyjnej [H2] oraz nieliniowego sprzęgania modów polaryzacyjnych w światłowodach dwójłomnych [H4] do budowy czujnika ciśnienia hydrostatycznego;
4. wykazanie możliwości przesunięcia długofalowej granicy koherentnego widma superkontinuum generowanego w światłowodach krzemionkowych o dyspersji normalnej [H5, H6, H8];
5. uzyskania spolaryzowanego koherentnego widma superkontinuum w dwójłomnych światłowodach krzemionkowych o dyspersji normalnej [H7, H10].

W podsumowaniu należy podkreślić, że rozprawa habilitacyjna dra inż. Karola Tarnowskiego pt. „*Wykorzystanie zjawisk liniowych i nieliniowych do kontrolowania właściwości światła w światłowodach specjalnych*" w postaci cyklu dziesięciu monotematycznych prac spełnia całkowicie wymagania dotyczące rozprawy habilitacyjnej w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki fizyczne.

Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej

Działalność dydaktyczna Habilitanta na Politechnice Wrocławskiej obejmowała prowadzenie różnorodnych zajęć obejmujących metod numeryczne i podstawy programowania dla studentów Wydziału Podstawowych Problemów Techniki (WPPT). Pan Tarnowski przygotował i prowadził siedem kursów dydaktycznych: Analiza numeryczna, Metody numeryczne w fizyce, Wstęp do obliczeń naukowych w języku C, Wstęp do programowania (Fizyka Techniczna i Optyka), Programowanie proceduralne, Wstęp do programowania (Inżynieria kwantowa), Techniki programowania. Prowadził także zajęcia dla studentów różnych Wydziałów (ćwiczenia rachunkowe z Fizyki) i specjalistyczne dla studentów WPPT (Studenckie laboratorium obliczeniowe, Metody numeryczne w optyce). Był współautorem skryptu pt. „Studenckie laboratorium obliczeniowe," który był wykorzystywany w trakcie kursu Studenckie laboratorium obliczeniowe.

Dr inż. Karol Tarnowski został czterokrotnie nagrodzony w kategorii „Mistrz uśmiechu" oraz „Nagrodą dla najlepszego dydaktyka" przyznawaną przez studentów WPPT. Wypromował łącznie czterech inżynierów i siedmiu magistrów a obecnie pełni rolę promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim Sylwii Majchrowskiej, której promotorem jest prof. Wacław Urbańczyk.

Pan Tarnowski posiada również znaczące osiągnięcia organizacyjne i popularyzatorskie: brał udział w organizacji 2 międzynarodowych konferencji naukowych, wykazywał aktywność na gruncie rodzimego Wydziału i Uczelni. Uczestniczył w organizacji Drzwi Otwartych, wygłosił wykład zaproszony na studenckiej konferencji FOKA 2019 oraz współprowadził zajęcia popularyzatorskie dla dzieci w ramach Akademii Młodych Odkrywców Politechniki Wrocławskiej.

Ocena końcowa

W podsumowaniu stwierdzam, że rozprawę habilitacyjną dra inż. Karola Tarnowskiego pt. ***„Wykorzystanie zjawisk liniowych i nieliniowych do kontrolowania właściwości światła w światłowodach specjalnych"*** jak również całość jego dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego oceniam wysoce pozytywnie.

Mając na uwadze wszystkie omawiane aspekty dzielności naukowo-dydaktycznej oraz organizacyjnej na rzecz nauki i szkolnictwa wyższego dr. inż. Karola Tarnowskiego, ubiegającego się o stopień doktora habilitowanego, z pełnym przekonaniem stwierdzam, iż wszystkie te dokonania wypełniają warunki określone w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce" (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.) i wnoszę o przejście do kolejnych etapów postępowania habilitacyjnego przewidzianych w Ustawie.

W związku z powyższym wnoszę o dopuszczenie dra inż. Karola Tarnowskiego do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

Tomasz Woliński