

AUTOREFERAT

Gabriela Statkiewicz-Barabach

Politechnika Wroclawska
Wydział Podstawowych Problemów Techniki
Katedra Optyki i Fotoniki

Wrocław 2016

1. Imię i nazwisko

Gabriela Statkiewicz-Barabach

2. Posiadane stopnie naukowe – z podaniem nazwy i roku ich uzyskania oraz tytułu pracy

2003 magister inżynier

Wydział Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej (kierunek: Fizyka Techniczna, specjalność: Inżynieria Biomedyczna – Optyka Biomedyczna). Tytuł pracy magisterskiej: „*Badania właściwości światłowodów fotonicznych*,” promotor: prof. Waław Urbańczyk.

2007 doktor

Instytut Fizyki Politechniki Wrocławskiej (dziedzina: Nauki Fizyczne, dyscyplina: Fizyka). Tytuł rozprawy doktorskiej: „*Badania eksperymentalne światłowodów mikrostrukturalnych do zastosowań pomiarowych*,” promotor: prof. Waław Urbańczyk.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

2007 - 2009 asystent naukowo-dydaktyczny w Politechnice Wrocławskiej, Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Instytut Fizyki.

2009 - 2014 adiunkt w Politechnice Wrocławskiej, Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Instytut Fizyki.

od 2014 adiunkt w Politechnice Wrocławskiej, Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Katedra Optyki i Fotoniki.

4. Wskazanie osiągnięcia naukowego wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U.nr 65, poz. 595 ze zm.)

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe zgodnie z powyższą ustawą, wskazuję cykl publikacji na temat: „**Wybrane właściwości struktur światłowodowych z poosiową modulacją współczynnika załamania**”.

4.2. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego

Poniżej przedstawiono cykl 10 artykułów z zakresu optyki światłowodów, opublikowanych w recenzowanych czasopismach z Listy Filadelfijskiej, dotyczących technologii wytwarzania oraz właściwości struktur falowodowych z poosiową modulacją współczynnika załamania, takich jak interferometry wewnątrzświatłowodowe, siatki długookresowe, siatki polaryzacyjne oraz siatki Bragga w dwójłomnych i niedwójłomnych światłowodach krzemionkowych i polimerowych. Oświadczenia współautorów określające ich indywidualny wkład do niżej wymienionych artykułów znajdują się w załączniku 4.

Cykl 10 publikacji stanowiący rozprawę habilitacyjną:

1. **G. Statkiewicz-Barabach**, K. Tarnowski, D. Kowal, P. Mergo, W. Urbańczyk, "Fabrication of multiple Bragg gratings in microstructured polymer fibers using a phase mask with several diffraction orders," *Opt. Express* **21**, 8521-8534 (2013).
Impact factor: 3.525
2. **G. Statkiewicz-Barabach**, D. Kowal, P. Mergo, W. Urbańczyk, "Comparison of growth dynamics and temporal stability of Bragg gratings written in polymer fibers of different types," *J. Opt.* **17**, 085606 (9pp) (2015).
Impact factor: 2.059
3. **G. Statkiewicz-Barabach**, D. Kowal, M. Szczurowski, P. Mergo, W. Urbańczyk, "Hydrostatic pressure and strain sensitivity of long period grating fabricated in polymer microstructured fiber," *IEEE Photon. Technol. Lett.* **25**, 496-499 (2013).
Impact factor: 2.176
4. D. Kowal, **G. Statkiewicz-Barabach**, P. Mergo, W. Urbańczyk, "Microstructured polymer optical fiber for long period gratings fabrication using an ultraviolet laser beam," *Opt. Lett.* **39**, 2242-2245 (2014).
Impact factor: 3.292
5. **G. Statkiewicz-Barabach**, A. Anuszkiewicz, W. Urbańczyk, J. Wójcik, "Sensing characteristics of rocking filter fabricated in microstructured birefringent fiber using fusion arc splicer," *Opt. Express* **16**, 17258-17268 (2008).
Impact factor: 3.880
6. A. Anuszkiewicz, **G. Statkiewicz-Barabach**, T. Borsukowski, J. Olszewski, T. Martynkien, W. Urbańczyk, P. Mergo, M. Makara, K. Poturaj, T. Geernaert, F. Berghmans, H. Thienpont, "Sensing characteristics of the rocking filters in microstructured fibers optimized for hydrostatic pressure measurements," *Opt. Express* **20**, 23320-23330 (2012).
Impact factor: 3.546
7. **G. Statkiewicz-Barabach**, J. Olszewski, P. Mergo, W. Urbańczyk, "Higher-order rocking filters induced mechanically in fibers with different birefringence dispersion," *App. Opt.* **53**, 1258-1267 (2014).
Impact factor: 1.784
8. **G. Statkiewicz-Barabach**, P. Mergo, W. Urbańczyk, "Rocking filter induced mechanically in a highly birefringent microstructured polymer fiber," *Appl. Opt.* **53**, 7729-7734 (2014).
Impact factor: 1.784
9. **G. Statkiewicz-Barabach**, J. Olszewski, M. Napiórkowski, G. Gołojuch, T. Martynkien, K. Tarnowski, W. Urbańczyk, J. Wójcik, P. Mergo, M. Makara, T. Nasiłowski, F. Berghmans, H. Thienpont, "Polarizing photonic crystal fiber with low index inclusion in the core," *J. Opt.* **12**, 075402-075408 (2010).
Impact factor: 1.662
10. **G. Statkiewicz-Barabach**, J. P. Carvalho, O. Frazão, J. Olszewski, P. Mergo, J. L. Santos, W. Urbańczyk, "Intermodal interferometer for strain and temperature sensing fabricated in birefringent boron doped microstructured fiber," *App. Opt.* **50**, 3742-3749 (2011).
Impact factor: 1.748

4.3. Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Prowadzone przeze mnie badania, których wyniki są przedmiotem cyklu publikacji stanowiących rozprawę habilitacyjną, miały charakter eksperymentalny i koncentrowały się na aktualnych zagadnieniach z zakresu optyki światłowodów. W szczególności dotyczyły technologii wytwarzania oraz właściwości struktur falowodowych z poosiową modulacją współczynnika załamania w dwójłomnych i niedwójłomnych światłowodach krzemionkowych i polimerowych przeznaczonych do potencjalnych zastosowań w telekomunikacji i metrologii. W ramach rozprawy opracowano szereg metod umożliwiających wytwarzanie siatek długookresowych i siatek polaryzacyjnych w krzemionkowych i polimerowych światłowodach mikrostrukturalnych i konwencjonalnych, w tym metodę łuku elektrycznego dla światłowodów krzemionkowych, metodę zapisu wiązką lasera He-Cd dla światłowodów polimerowych, metodę mechaniczno-termiczną dla światłowodów polimerowych oraz metodę periodycznego nacisku dla światłowodów polimerowych i krzemionkowych. Opracowano także efektywny sposób zapisu siatek Bragga wyższego rzędu na zakres widzialny w światłowodach polimerowych z wykorzystaniem maski fazowej i lasera He-Cd. Przeprowadzono również badania właściwości transmisyjnych i metrologicznych wytworzonych struktur, w tym badania dynamiki zapisu, stabilności długoterminowej oraz czułości na temperaturę, ciśnienie hydrostatyczne i wydłużenie. Wyniki uzyskane w ramach rozprawy potwierdzają możliwość zastosowania struktur z poosiową modulacją współczynnika załamania jako czujników do pomiarów pojedynczego parametru fizycznego (temperatury, wydłużenia, ciśnienia hydrostatycznego) lub kilku parametrów jednocześnie. Takie struktury mogą być także w przyszłości stosowane w optycznych systemach telekomunikacyjnych jako selektywne zwierciadła, multipleksery, tłumiki i przełączniki.

Rozprawa została podzielona na cztery części, w których omówiono sposoby wytwarzania, wybrane właściwości oraz możliwości zastosowań struktur z poosiową modulacją współczynnika załamania, to znaczy siatek Bragga, siatek długookresowych, siatek polaryzacyjnych oraz interferometrów wewnątrzświatłowodowych.

4.3.1. Wprowadzenie

Wśród struktur z poosiową modulacją współczynnika załamania wykorzystywanych w praktyce, największą grupę stanowią siatki Bragga, siatki długookresowe i siatki polaryzacyjne typu „rocking filter”, w których poosiowe zmiany współczynnika załamania mają charakter periodyczny. Falę elektromagnetyczną propagującą we włóknie możemy przedstawić jako kombinację modów prowadzonych w rdzeniu i modów radiacyjnych prowadzonych w płaszczu. W przypadku, gdy fala elektromagnetyczna propagująca się we włóknie nie ulega zaburzeniom (tzn. przy braku poosiowej zmiany współczynnika załamania) mody rdzeniowe i płaszczowe propagują się całkowicie niezależnie nie wchodząc ze sobą w interakcję. We włóknie z siatką dochodzi natomiast do rezonansowych sprzężeń pomiędzy modami spełniającymi warunek dopasowania fazowego¹. Najczęściej stosowaną metodą do analizowania światłowodowych struktur z poosiową modulacją współczynnika załamania jest teoria fal sprzężonych (z ang. *coupled-mode theory*), w której stałe propagacji i amplitudy poruszających się naprzeciw siebie lub w tą samą stronę modów oblicza się

[1] S. A. Vasil'ev, O. I. Medvedkov, I. G. Korolev, A. S. Bozhkov, A. S. Kurkov, and E. M. Dianov, "Fibre gratings and their applications," *Quantum Electron.* **35**, 1085 (2005).

poprzez rozwiązanie układu sprzężonych równań różniczkowych. Zakłada się przy tym najczęściej, że dla określonej długości fali światła tylko dwa mody spełniają warunek dopasowania fazowego i z tego powodu sprzęgają się między sobą (tzn. przekazują energię jeden do drugiego).

Siatka Bragga jest strukturą o periodycznie zmodulowanym współczynniku załamania w rdzeniu włókna optycznego. Fala elektromagnetyczna propagująca się w światłowodzie z zapisaną siatką Bragga ulega rozproszeniom spowodowanym zmianami współczynnika załamania. Gdy różnica faz pomiędzy falami rozproszonymi od kolejnych takich samych elementów struktury jest równa wielokrotności 2π , to w efekcie uzyskuje się silne odbicie wsteczne. Jednorodna siatka Bragga o okresie Λ (rzędu długości fali świetlnej), zapisana we włóknie jednomodowym odbija światło o długości fali λ_B spełniające warunek dopasowania fazowego (warunek Bragga):

$$i\lambda_B = 2n_{eff}\Lambda, \quad (1)$$

gdzie: i jest rzędem siatki, λ_B nazywane jest długością fali Bragga, a n_{eff} jest efektywnym współczynnikiem załamania modu¹⁻⁴. W zależności od długości odbijanej fali okres siatek Bragga zawiera się w przedziale od około 400 nm do 2600 nm.

Okres siatek długookresowych jest znacznie większy i wynosi od 100 μm do 1000 μm . W tego typu strukturach sprzężenie następuje pomiędzy modem podstawowym i propagującymi się w tym samym kierunku modami płaszczowymi różnych rzędów. Ponieważ mody płaszczowe są silnie pochłaniane przez polimerowe pokrycie, efekt sprzężenia widoczny jest w widmie transmisyjnym w postaci brakujących rezonansowych długości fali. Siatka długookresowa o okresie Λ zapisana we włóknie jednomodowym sprzęga do modów płaszczowych światło o długości fali λ_{LPG} spełniającej warunek dopasowania fazowego:

$$i\lambda_{LPG} = (n_{eff}^{co} - n_{eff}^{cl})\Lambda = \Delta n_{eff}\Lambda, \quad (2)$$

gdzie: i jest rzędem rezonansu, Δn_{eff} jest różnicą efektywnych współczynników załamania modu podstawowego i płaszczowego^{1,3,4}.

Siatki długookresowe, typu „rocking filter”, nazywane również siatkami polaryzacyjnymi, wytwarza się w światłowodach dwójłomnych, w których lokalne zmiany geometrii włókna powodują niewielki obrót (skręcenie) osi polaryzacyjnych światłowodu^{2,6,7}. W tego typu siatkach sprzężenie następuje pomiędzy ortogonalnie spolaryzowanymi modami podstawowymi LP_{01}^x i LP_{01}^y . W widmie transmisyjnym takiej siatki, przy ustawieniu polaryzatorów równolegle do osi polaryzacyjnych włókna na jego wejściu i wyjściu, widoczny jest ubytek mocy w modzie początkowo pobudzonym,

[2] R. Kashyap, *Fiber Bragg Gratings*, Academic Press, 1999.

[3] A. Othonos, K. Kalli, *Fiber Bragg Gratings, Fundamentals and Applications in Telecommunications and Sensing*, Artech House Optoelectronics Library, 1999.

[4] T. Erdogan, “Fiber grating spectra”, *J. Lightwave Technol.*, **15**, 1277-1294 (1997)

[5] A.M.Vengsarkar, P. J. Lemaire, J. B. Judkins, V.Bhatia, T. Erdogan, and J. E. Sipe, “Long-period fiber gratings as band-rejection filters,” *J. Lightwave Technol.* **14**, 58–65 (1996).

[6] R. H. Stolen, A. Ashkin, W. Pleibel, and J. M. Dziedzic, “In-line fiber-polarization rocking rotator and filter,” *Opt. Lett.* **9**, 300–302 (1984).

[7] K. O. Hill, F. Bilodeau, B. Malo, and D. C. Johnson, “Birefringent photosensitivity in monomode optical fiber: Application to external writing of rocking filters,” *Electron. Lett.* **27**, 1548–1550 (1991).

[8] J. Villatoro, V. P. Minkovich, V. Pruneri and G. Badenes, “Simple all-microstructured-optical-fiber interferometer built via fusion splicing,” *Opt. Express* **15**, 1491–1496 (2007).

[9] J. Villatoro, V. Finazzi, G. Badenes and V. Pruneri, “Highly sensitive sensors based on photonic crystal fiber,” *J. Sens.* **2009**, 747803 (2009).

a przy prostopadłym ustawieniu polaryzatorów, pojawia się moc w modzie początkowo niepobudzonym. W tym przypadku warunek dopasowania fazowego można zapisać jako:

$$i\lambda_{RF} = AB(\lambda), \quad (3)$$

gdzie: i jest rzędem rezonansu, λ_{RF} oznacza rezonansową długość fali, A jest okresem siatki, $B(\lambda)$ jest dwójłomnością fazową światłowodu rozumianą jako różnica efektywnych współczynników załamania modów o ortogonalnych polaryzacjach.

Do struktur z poosiową modulacją współczynnika załamania zaliczyć można również interferometry wewnątrzświatłowodowe^{8,9}. Zasada działania wewnątrzświatłowodowego interferometru, np. Macha-Zehndera, wykorzystuje efekt odsprężenia mocy z modu podstawowego do modów wyższych rzędów lub modów płaszczowych w pierwszym punkcie sprzężenia (na przykład przez lokalne przewężenie włókna) i rekombinacji obu modów w drugim punkcie sprzężenia. Na wyjściu światłowodu obserwuje się wtedy interferencję obu modów w postaci spektralnych prążków interferencyjnych.

Struktury z poosiową modulacją współczynnika załamania można wytwarzać zarówno we włóknach krzemionkowych (co jest już stosunkowo dobrze rozpoznane), jak i we włóknach polimerowych (w początkowym etapie rozwoju). Światłowody polimerowe mają pewne wady, takie jak duże tłumienie, absorbują wodę, mają dużo mniejszą wytrzymałość termiczną i trudno je łączyć z włóknami kwarcowymi. Jednak polimery mają również wiele zalet, które umożliwiają unikalne zastosowania włókien polimerowych oraz wytworzonych w nich struktur z poosiową modulacją współczynnika załamania. Niewątpliwą przewagą światłowodów polimerowych nad światłowodami wytwarzanymi ze szkła krzemionkowego jest ich większa elastyczność (moduł Younga dla PMMA wynosi około 3 GPa, natomiast dla szkła krzemionkowego 73 GPa) oraz większy zakres wydłużenia. Kolejną zaletą jest biokompatybilność PMMA, co pozwala na zastosowania światłowodów polimerowych na przykład w medycynie i biologii. Polimery posiadają również unikatową cechę związaną ze sposobem domieszkowania. W odróżnieniu od światłowodów krzemionkowych można zmieniać lokalnie właściwości polimerowego światłowodu (np. zwiększyć jego fotoczułość) poprzez dyfuzję odpowiednich materiałów już po wytworzeniu światłowodu.

Szeroki obszar zastosowań struktur światłowodowych z poosiową modulacją współczynnika załamania, w szczególności siatek Bragga, można podzielić na dwie grupy. Pierwsza grupa to zastosowania telekomunikacyjne, w których siatki Bragga wykorzystywane są do kompensacji dyspersji chromatycznej, jako multipleksery/demultipleksery optyczne i elementy wypłaszczające charakterystykę wzmocnienia wzmacniaczy EDFA, jako zwierciadła w laserach światłowodowych, a także do stabilizacji długości fali diod laserowych. Drugi obszar zastosowań związany jest z metrologią optyczną. Zarówno siatki Bragga, jak i siatki długookresowe oraz siatki polaryzacyjne mogą być stosowane do pomiaru różnych parametrów fizycznych, w tym temperatury, odkształceń, ciśnienia hydrostatycznego, zgięcia, współczynnika załamania i innych.

Głównym celem badań prowadzonych przez autorkę rozprawy habilitacyjnej było opracowanie i zoptymalizowanie technologii wytwarzania różnego rodzaju struktur falowodowych z poosiową modulacją współczynnika załamania w dwójłomnych i niedwójłomnych światłowodach krzemionkowych i polimerowych. W kolejnych częściach niniejszego opracowania omówione zostały najważniejsze rezultaty zawarte w cyklu publikacji stanowiącym rozprawę habilitacyjną dotyczące kolejno: siatek Bragga, siatek długookresowych, siatek polaryzacyjnych oraz interferometrów wewnątrzświatłowodowych wraz z możliwością ich praktycznego wykorzystania.

4.3.2. Siatki Bragga

Na pierwszą część cyklu składają się dwie publikacje opisujące technologię wytwarzania siatek Bragga w światłowodach polimerowych oraz badania dynamiki wzrostu siatek, ich długoterminowej stabilności czasowej oraz wpływu temperatury i wilgotności na widmo odbiciowe wytworzonych siatek. Badania te prowadzone były przez autorkę w ramach programu badawczego POIG 01.01.02-02-002/08 zatytułowanego „Wykorzystanie nanotechnologii w nowoczesnych materiałach - polimerowe światłowody mikrostrukturalne”, finansowanego ze środków UE.

Najważniejszym wynikiem publikacji:

[1] **G. Statkiewicz-Barabach**, K. Tarnowski, D. Kowal, P. Mergo, W. Urbańczyk, “Fabrication of multiple Bragg gratings in microstructured polymer fibers using a phase mask with several diffraction orders,” *Opt. Express* **21**, 8521-8534 (2013).

było pokazanie po raz pierwszy możliwości zapisu siatek Bragga w mikrostrukturalnych światłowodach polimerowych jednocześnie dla kilku długości fali w zakresie widzialnym i podczerwieni. Ze względu na fakt, że światłowody polimerowe wykonane z polimetakrylanu metylu (PMMA) mają mniejsze tłumienie w zakresie widzialnym, dąży się do wytwarzania siatek Bragga pracujących w tym właśnie przedziale długości fal. Ze względu na krótszy okres siatek o podstawowej długości fali Bragga w zakresie widzialnym, ich zapis w światłowodzie jest procesem trudniejszym niż zapis siatek na długość fali 1555 nm, co sprawia, że możliwość wytworzenia siatek wyższych rzędów jest tak istotna. W ramach pracy [1] zbudowano układ do wytwarzania siatek Bragga w światłowodach polimerowych metodą maski fazowej przy użyciu lasera He-Cd o mocy 30 mW, emitującego światło o długości fali 325 nm. Istnienie dodatkowych rzędów dyfrakcji, poza podstawowymi ± 1 , w widmie dyfrakcyjnym maski fazowej wykorzystywanej do zapisu siatek Bragga (o okresie Λ), powoduje że w przestrzeni za maską tworzy się tzw. interferencyjna struktura Talbota. Dzięki efektowi fotoczułości polimeru, ten złożony rozkład intensywności pola świetlnego za maską fazową zostaje odwzorowany w rdzeniu światłowodu jako poosiowa modulacja współczynnika załamania o okresie równym Λ , $\Lambda/2$, $\Lambda/3$, itd. Powoduje to powstanie siatek wyższych rzędów odbijających fale o długościach innych niż podstawowa długość fali Bragga. W pracy [1] przedstawiono również symulacje numeryczne procesu zapisu siatek wyższych rzędów, które analizują możliwe interferencje pomiędzy falami ugiętymi w różne rzędy dyfrakcji. Pozwoliło to na wiarygodne powiązanie siatek Bragga wyższych rzędów z pikami obserwowanymi w widmie odbiciowym takiej struktury. Na przykład w widmie odbiciowym siatki Bragga pokazanej w pracy [1], zapisanej przy użyciu maski fazowej o okresie $\Lambda=1052$ nm, dla której za maską fazową powstają rzędy dyfrakcyjne 0, ± 1 , ± 2 , ± 3 , widoczne są trzy piki Bragga na długościach fali $\lambda_B=1555$ nm, $2\lambda_B/3=1040$ nm oraz $\lambda_B/2=782$ nm, które odpowiadają poosiowej modulacji współczynnika załamania z okresem $\Lambda/2$, $\Lambda/3$, $\Lambda/4$. Dwa dodatkowe piki $2\lambda_B/5$ oraz $\lambda_B/3$, odpowiadające modulacji współczynnika załamania z okresem $\Lambda/5$ i $\Lambda/6$, których istnienie było przewidywane symulacjami numerycznymi nie były widoczne w widmach siatek zapisywanych we włóknach mikrostrukturalnych. Trzeci rząd dyfrakcji, który jest niezbędny do powstania pola prążkowego o takiej modulacji, ulega prawdopodobnie zbyt dużemu rozproszeniu na mikrostrukturze włókna.

W pracy [1] opisano również charakterystyczne cechy uzyskiwanych widm odbiciowych siatek Bragga wytwarzanych w niewygrzewanych mikrostrukturalnych światłowodach polimerowych i ich

ewolucję w trakcie zapisu. Przedstawiono zmianę długości fali Bragga oraz wysokości pików w funkcji czasu naświetlania i po zakończeniu naświetlania dla wszystkich trzech pików obecnych w widmie odbiciowym. W trakcie zapisu widoczne jest przesuwanie się wszystkich pików w kierunku fal krótszych. Efekt ten związany jest ze zmianą współczynnika załamania oraz wzrostem temperatury światłowodu podczas naświetlania, co skutkuje relaksacją naprężeń zamrożonych we włóknie podczas wyciągania i stopniowym skracaniem okresu siatki powstającej we włóknie. Po wyłączeniu lasera wszystkie piki przesuwają się w stronę fal dłuższych, co spowodowane jest stygnięciem włókna. Część zamrożonych naprężeń w podwyższonej temperaturze zostaje jednak uwolniona powodując trwałe skurczenie się włókna, co po wyłączeniu lasera i ustabilizowaniu się położenia pików widoczne jest w postaci trwałego przesunięcia długości fali Bragga w stronę fal krótszych. Im siatka jest dłużej naświetlana, tym większe jest trwałe przesunięcie. Zaobserwowana zmiana długości fali Bragga jest największa dla pików podstawowego $\lambda_B=1555$ nm, najmniejsza zaś dla pików $\lambda_B/2=782$ nm. Wraz z czasem naświetlania wysokość pików Bragga w widmie odbiciowym siatki rośnie. Po uzyskaniu maksymalnej wysokości, widoczny jest spadek wysokości pików, gdy siatka jest dalej naświetlana. Proces saturacji zachodzi najszybciej dla pików $\lambda_B/2=782$ nm, najwolniej zaś dla pików $\lambda_B=1555$ nm. Piki podstawowe osiąga największą wysokość, podczas gdy pik $2\lambda_B/3=1040$ nm jest zawsze najmniejszy (co jest prawdopodobnie spowodowane większym rozpraszaniem trzeciego rzędu dyfrakcji). Widoczna była również zależność dynamiki procesu zapisu od orientacji włókna mikrostrukturalnego w stosunku do wiązki naświetlającej.

W pracy [1] pokazano również zmierzoną odpowiedź na zmiany temperatury siatek wyższych rzędów. Siatki poddane zostały wygrzewaniu w kilku cyklach ze stopniowo rosnącym zakresem temperatury. Zaobserwowano histerezę zwiększającą się wraz z rosnącą temperaturą wygrzewania, związaną z odpuszczaniem naprężeń zamrożonych we włóknie, w efekcie czego po każdym cyklu wygrzewania widoczne było trwałe przesunięcie położenia pików siatki w kierunku fal krótszych. Wysokość wszystkich pików zmieniała się nieznacznie w trakcie kolejnych cykli wygrzewania, do temperatury 80°C. Powyżej tej temperatury, w ostatnim cyklu pomiarowym, widoczne było szybkie zmniejszenie się wysokości pików, aż do ich całkowitego zaniku. Ponadto, w temperaturze powyżej 80°C widoczne było duże przesunięcie wszystkich pików w stronę fal krótszych, spowodowane szybkim kurczeniem się włókna na skutek odprężania w wysokiej temperaturze. W przeciwieństwie do siatek Bragga zapisanych w światłowodach krzemionkowych, w siatkach Bragga zapisanych we włóknach polimerowych zmiana współczynnika załamania spowodowana efektem termooptycznym ma większy wkład do przesunięcia długości fali Bragga niż rozszerzalność termiczna, co skutkuje ujemnym znakiem czułości na temperaturę dla wszystkich pików. Zmiana długości fali Bragga jest większa w trakcie grzania siatki. Dodatkowo czułość siatki zmniejsza się w kolejnych cyklach i w ostatnim cyklu (do 90°C) wyniosła, w liniowej części charakterystyki, -59 pm/°C dla pików λ_B , -40.9 pm/°C dla pików $2\lambda_B/3$ i -31.1 pm/°C dla pików $\lambda_B/2$. Daje to potencjalną możliwość wykorzystania wytworzonych siatek do pomiaru temperatury w zakresie do 80°C z dobrą rozdzielczością 0.02-0.03°C (przy rozdzielczości detektora 1 pm).

Mój wkład w powstanie pracy [1] polegał na opracowaniu technologii wytwarzania siatek Bragga w światłowodach polimerowych, wytworzeniu siatek Bragga wyższych rzędów w polimerowych włóknach mikrostrukturalnych, przebadaniu procesu zapisu siatek Bragga wyższych rzędów, interpretacji wyników badań oraz na udziale w powstaniu manuskryptu. Swój udział procentowy w pracy [1] szacuję na 60%.

W drugiej pracy:

[2] **G. Statkiewicz-Barabach**, D. Kowal, P. Mergo, W. Urbańczyk, "Comparison of growth dynamics and temporal stability of Bragg gratings written in polymer fibers of different types," *J. Opt.* **17**, 085606 (9pp) (2015).

przedstawiono wyniki badań dynamiki wzrostu siatek Bragga w dwóch różnych włóknach polimerowych, tzn. we włóknie mikrostrukturalnym wykonanym z czystego polimetakrylanu metylu (PMMA) oraz we włóknie z PMMA typu step-index z rdzeniem domieszkowanym polistyrenem (PS). Szczegółowa analiza dynamiki zapisu siatek po raz pierwszy przedstawiona w pracy [2], umożliwia zrozumienie procesów zachodzących w trakcie naświetlania różnego rodzaju włókien polimerowych światłem UV i w konsekwencji dobór optymalnych warunków zapisu siatki.

Przed zapisem siatek oba włókna były wygrzewane przez 5 h w temperaturze 85°C. Wygrzewanie powoduje uwolnienie części resztkowych naprężeń zamrożonych podczas wyciągania włókien, co bezpośrednio skutkuje poprawą jakości pików Bragga i lepszą stabilnością czasową wytworzonych siatek. Stwierdzono, że dynamika wzrostu siatek Bragga we włóknach z rdzeniem domieszkowanym PS jest istotnie różna niż we włóknach wytworzonych z czystego PMMA, co związane jest z większą absorpcją UV w polistyrenie. Zaobserwowano, że zapis siatek we włóknach z polistyrenowym rdzeniem zachodzi ponad dwa razy szybciej niż we włóknie z PMMA. Dodatkowo stwierdzono dużą różnicę w dynamice zmian szerokości połówkowej siatek Bragga w obu włóknach. Ten parametr rejestrowano od momentu uzyskania wysokości pików Bragga w widmie odbiciowym równej 3 dB. Dla siatki zapisanej we włóknie z czystego PMMA był on praktycznie niezmienny w czasie całego procesu zapisu, podczas gdy dla siatek zapisywanych we włóknach z rdzeniem domieszkowanym PS zaobserwowano nagły wzrost szerokości pików po dłuższym naświetlaniu włókna. W przypadku włókien z rdzeniem domieszkowanym PS wyróżnić można zatem trzy etapy budowania się siatek. Pierwszy etap (siatki I typu) charakteryzuje się wzrostem wysokości pików i praktycznie niezmienną szerokością połówkową. W drugim etapie (siatki mieszane) wysokość pików nadal rośnie w podobnym tempie jak w fazie pierwszej, jednak widoczny jest gwałtowny wzrost szerokości połówkowej pików siatki od wartości 0.6 nm do około 2.0 nm. W trzecim etapie (siatki II typu) wysokość pików Bragga osiąga poziom saturacji, podczas gdy szerokość połówkowa pików nadal wzrasta. Gwałtowny wzrost szerokości połówkowej siatek i tworzenie się siatek mieszanych oraz siatek II typu we włóknach z rdzeniem domieszkowanym PS jest spowodowany zmianami strukturalnymi materiału w obszarze rdzenia. Związane jest to z większą absorpcją UV w polistyrenie, którym domieszkowany jest rdzeń. W siatkach zapisywanych w światłowodach z czystego PMMA poszerzenie pików Bragga nie jest zauważalne ze względu na jednakową absorpcję UV w obszarze rdzenia i płaszczu. Dłuższe naświetlanie włókna z PMMA powoduje jedynie deformację powierzchni włókna. Większa początkowa szerokość połówkowa pików Bragga (około 1.0 nm) siatek zapisanych we włóknach mikrostrukturalnych, spowodowana jest obecnością mikrostruktury płaszczu odpowiedzialnej za rozpraszanie wiązki UV, co prowadzi do pogorszenia jakości odwzorowania modulacji rozkładu intensywności w przestrzeni za maską fazową w rdzeniu światłowodu.

Ponadto, w pracy [2] przebadano długoterminową stabilność siatek wszystkich typów zapisanych we włóknie z rdzeniem domieszkowanym PS oraz siatek zapisanych we włóknie mikrostrukturalnym z czystego PMMA. Siatki monitorowano przez okres około 8 miesięcy od momentu ich wytworzenia. Zaobserwowano, że siatki I typu są niestabilne w czasie. Wysokość pików Bragga dla tych siatek zaczyna maleć natychmiast po zakończeniu naświetlania, a czasami obserwuje się całkowity ich

zanik. Szybkość procesu degradacji siatek I typu zależy od momentu, w którym przerwano zapis siatki. Im krócej siatka I typu była naświetlana, tym szybciej widmo wytworzonej siatki ulega zanikowi. Podobną stabilnością czasową charakteryzują się siatki mieszane, z tą różnicą, że wysokość pików Bragga dla tych siatek nie zmniejsza się tak istotnie jak w przypadku siatek I typu. Najlepszą stabilnością czasową wykazują siatki typu II. W tym przypadku wysokość pików w funkcji czasu jest praktycznie niezmienna. Dobrą stabilność czasową mają także siatki we włóknach mikrostrukturalnych wykonanych z czystego PMMA zapisywane do momentu saturacji wysokości pików Bragga. W pracy [2] pokazano również, że zmieniająca się wilgotność otoczenia jest przyczyną widocznego dryfu położenia pików siatek Bragga podczas monitorowania ich stabilności czasowej.

Mój wkład w powstanie pracy [2] polegał na wytworzeniu siatek Bragga wyższych rzędów w polimerowych włóknach mikrostrukturalnych i typu step-index, przebadaniu dynamiki wzrostu siatek Bragga w obu włóknach, interpretacji wyników badań oraz przygotowaniu manuskryptu. Swoją część procentową w publikacji [2] oceniam na 80%.

4.c.3. Siatki długookresowe

Drugą część cyklu stanowią dwie publikacje [3,4] opisujące sposoby wytwarzania oraz właściwości siatek długookresowych w mikrostrukturalnych światłowodach polimerowych. Opracowane zostały dwie różne metody wytwarzania siatek długookresowych. Wytworzone siatki przebadano pod kątem ich stabilności długoterminowej oraz czułości na różne czynniki zewnętrzne. Badania te prowadzone były przez autorkę w ramach programu POIG 01.01.02-02-002/08 zatytułowanego „Wykorzystanie nanotechnologii w nowoczesnych materiałach-polimerowe światłowody mikrostrukturalne”, finansowanego ze środków UE.

W trzeciej pracy:

[3] **G. Statkiewicz-Barabach**, D. Kowal, M. Szczurowski, P. Mergo, W. Urbańczyk, “Hydrostatic pressure and strain sensitivity of long period grating fabricated in polymer microstructured fiber,” IEEE Photon. Technol. Lett. **25**, 496-499 (2013).

przedstawiono sposób wytwarzania siatek długookresowych w mikrostrukturalnych włóknach polimerowych metodą mechaniczno-termiczną. Opracowana metoda polega na mechanicznym odcisnięciu, w podwyższonej temperaturze, okresowej struktury w polimerowym światłowodzie, co powoduje powstanie periodycznej poosiowej modulacji efektywnego współczynnika załamania prowadzonych modów. W tym celu wykorzystano frezowaną płytę z rowkami oddalonymi od siebie o około 1 mm, podgrzewaną dwoma elementami Peltiera. Celem pierwszych eksperymentów było znalezienie optymalnych parametrów zapisu (siły nacisku, temperatury), które pozwalają na wykonanie siatek o najlepszych charakterystykach, takich jak niskie straty transmisyjne powstające w trakcie zapisu siatki, duże straty rezonansowe, mała szerokość połówkowa rezonansu oraz dobra stabilność długoterminowa. Przeprowadzono próby zapisu siatki w zakresie temperatur od 60°C (w której PMMA staje się plastyczne) do 115°C (temperatura odpowiadająca punktowi przejścia szklistego PMMA). Stwierdzono, że optymalna temperatura odcisnięcia siatki długookresowej w jednomodowym mikrostrukturalnym włóknie z PMMA jest równa około 70°C. W pracy [3] pokazano typowe charakterystyki wytworzonych siatek z rezonansowym sprzężeniem do modów płaszczowych w zakresie widzialnym (694 nm), głębokością rezonansu około 11 dB i ze stratami

transmisyjnymi mniejszymi niż 1 dB. Przedstawiono również eksperymentalne wyniki badań właściwości metrologicznych wytworzonych siatek długookresowych. Pomiary czułości na ciśnienie hydrostatyczne wykonano w trzech cyklach: do 3 MPa, do 5 MPa i do 7 MPa, po każdym cyklu wracając do ciśnienia atmosferycznego (0.1 MPa). W badanym zakresie pomiarowym odpowiedź siatki była liniowa i dodatnia (rezonansowa długość fali przesuwiała się w stronę fal dłuższych przy rosnącym ciśnieniu $d\lambda/dp=2.29$ nm/MPa). W ostatnim cyklu pomiarowym widoczna była niewielka histereza, rezonansowa długość fali nie wracała do wartości początkowej po zmniejszeniu ciśnienia. Wpływ ciśnienia na głębokość rezonansu siatki był stosunkowo niewielki. Przy ciśnieniu o wartości 7 MPa rezonans spłynął się o około 1.5 dB. Po zmniejszeniu ciśnienia głębokość rezonansu wracała do wartości początkowej. Wytworzone siatki poddano również rozciąganiu w pięciu cyklach pomiarowych: 0-2.1, 0-4.8, 0-7.5, 0-11.5 i 0-16.8 mstrain. Z powodu krótkich odstępów czasowych pomiędzy kolejnymi seriami pomiarowymi, około 5-10 min, we wszystkich seriach zauważalna była histereza. Po rozciągnięciu siatki do 16.8 mstrain, rezonansowa długość fali wracała do początkowej wartości dopiero po upływie 6 h od zakończenia pomiarów, co pokazuje jednak, że nie przekroczone wartości wydłużenia powodującego trwałe odkształcenie materiału polimerowego. Odpowiedź siatki na rozciąganie we wszystkich seriach pomiarowych była liniowa i ujemna (rezonansowa długość fali przesuwiała się w stronę fal krótszych wraz z rozciąganiem włókna). Uśredniając niezależnie wyniki dla wydłużania i luzowania włókna wyznaczono czułość siatki na rozciąganie $d\lambda/d\varepsilon=-1.418$ nm/mstrain dla wydłużania i -1.363 nm/mstrain dla luzowania włókna. Rozciąganie włókna miało również wpływ na głębokość rezonansu siatki, który początkowo się pogłębiał do wartości 16 dB, co może świadczyć o zbyt mocnym odcisnięciu periodycznej struktury w materiale polimerowym. Po przekroczeniu około 8 mstrain głębokość rezonansu zaczęła się zmniejszać i dla włókna rozciągniętego do 16.8 mstrain jego głębokość wynosiła zaledwie 7 dB. Widmo siatki wracało jednak do początkowego kształtu po luzowaniu włókna. Właściwości siatek monitorowano przez 72 dni. W tym czasie ich charakterystyki transmisyjne nie zmieniały się znacząco, co pokazuje, że metodą mechaniczno-termiczną można wytwarzać stabilne czasowo siatki długookresowe. Kilka siatek wytworzonych w podobnych warunkach poddano również zmianom temperatury. Odpowiedź siatki długookresowej na zmiany temperatury ma charakter nieliniowy i wykazuje wyraźną histerezę. Efekt ten jest związany zarówno z relaksacją naprężeń wywołanych zmianami temperatury, jak również ze zmianami zawartości wody w polimerze.

Wyniki badań przedstawione w pracy [3] po raz pierwszy wskazały na przydatność siatek długookresowych, zapisanych w światłowodach polimerowych metodą mechaniczno-termiczną, do pomiaru ciśnienia hydrostatycznego i wydłużenia. Stosunkowa prosta i tania metoda wytwarzania tego typu siatek oraz ich dobra stabilność długoterminowa może być impulsem do zintensyfikowania, jak do tej pory wstępnych, badań nad siatkami długookresowymi wytwarzanymi w światłowodach polimerowych. Warto jednak wspomnieć o ograniczeniach tych struktur, a mianowicie o ich słabej wytrzymałości na temperaturę. Wyniki badań pokazały, że po ogrzaniu siatki do temperatury 60°C rezonans uległ znacznemu spłyceniu, a w temperaturze 70°C zanikł całkowicie.

Mój wkład w powstanie pracy [3] polegał na wytworzeniu siatek długookresowych w mikrostrukturalnym włóknie polimerowym metodą mechaniczno-termiczną, przeprowadzeniu pomiarów czułości na ciśnienie hydrostatyczne i rozciąganie wytworzonej siatki, interpretacji wyników badań oraz na przygotowaniu manuskryptu. Swój udział procentowy w pracy [3] oceniam na 65%.

W czwartej pracy:

[4] D. Kowal, G. Statkiewicz-Barabach, P. Mergo, W. Urbańczyk, "Microstructured polymer optical fiber for long period gratings fabrication using an ultraviolet laser beam," *Opt. Lett.* **39**, 2242-2245 (2014).

pokazano sposób wytwarzania siatek długookresowych we włóknach polimerowych metodą punkt po punkcie. Każdy z punktów siatki naświetlany był osobno zogniskowaną wiązką lasera He-Cd ($\lambda=325$ nm). Opracowana metoda wykorzystuje zjawisko fotoczułości polimeru pod wpływem naświetlania wiązką UV. W pracy [4] porównano proces zapisu siatek długookresowych we włóknie mikrostrukturalnym wytworzonym z czystego PMMA oraz w specjalnie opracowanym do tego celu włóknie mikrostrukturalnym z płaszczem fotouczulonym trans-4-stilbenemetanolem (TSB), który jest związkami organicznymi charakteryzującym się silną absorpcją związaną z fotoindukowanym przejściem z konformacji *trans* do *cis* (fotoizomeryzacja). W trakcie wytwarzania siatek, zewnętrzny płaszcz światłowodu ulega silnej deformacji spowodowanej zwiększoną absorpcją światła UV i w konsekwencji wzrostem temperatury materiału. Deformacje płaszczu, które powstają w ten sposób, są przenoszone na mikrostrukturę i rdzeń światłowodu, zmieniając efektywny współczynnik załamania propagującego się modu. W pracy [4] przedstawiono charakterystykę transmisyjną przykładowej siatki długookresowej zapisanej we włóknie z zewnętrznym fotouczulonym płaszczem o głębokości rezonansu równej 20 dB, złożonej z 10 naświetlonych punktów o okresie $\Lambda=1$ mm. Czas naświetlania pojedynczego punktu wynosił 42 s i był trzykrotnie krótszy od czasu naświetlania stosowanego przy zapisie siatek we włóknach wykonanych z czystego PMMA. Ponadto, ilość punktów potrzebna do wytworzenia siatki we włóknie z fotouczulonym płaszczem jest znacznie mniejsza niż w przypadku siatek wytwarzanych we włóknie z czystego PMMA, co pozwala dodatkowo skrócić czas zapisu. Zastosowanie włókna z domieszkowanym płaszczem pozwoliło również obniżyć poziom strat transmisyjnych w porównaniu do siatek zapisywanych we włóknach z czystego PMMA, ponieważ w trakcie naświetlania deformowany jest głównie zewnętrzny płaszcz. W pracy [4] przebadano również odpowiedź wytworzonych siatek na temperaturę i sprawdzono ich stabilność długoterminową. Stwierdzono lepszą wytrzymałość na temperaturę oraz stabilność długoterminową siatek zapisanych zogniskowaną wiązką UV we włóknach fotouczulonych, w porównaniu do siatek wytwarzanych metodą mechaniczno-termiczną.

Mój wkład w powstanie pracy [4] polegał na opracowaniu i zbudowaniu układu do zapisu siatek długookresowych w mikrostrukturalnych światłowodach polimerowych oraz wytworzeniu pierwszych siatek. Swój udział procentowy w pracy [4] oceniam na 35%.

4.c.4. Siatki polaryzacyjne

Trzecia część cyklu składa się z czterech publikacji dotyczących sposobów wytwarzania i właściwości siatek długookresowych typu „rocking filter”, zwanych też siatkami polaryzacyjnymi oraz jednej publikacji dotyczącej światłowodów polaryzujących. Badania opisane w publikacjach [5-9] były prowadzone przez autorkę w ramach kilku projektów, w tym: POIG 01.01.02-02-002/08, Grant MNiSW N N505 560439, 6PR UE (NEMO-Sieć Doskonałości), 7PR-UE (PHOSFOS-projekt typu STREP).

W piątej pracy:

[5] **G. Statkiewicz-Barabach**, A. Anuszkiewicz, W. Urbańczyk, J. Wójcik, "Sensing characteristics of rocking filter fabricated in microstructured birefringent fiber using fusion arc splicer," *Opt. Express* **16**, 17258-17268 (2008).

pokazano możliwość wytworzenia siatek typu „rocking filter” o głębokości rezonansu ponad 20 dB, poprzez okresowe skręcanie mikrostrukturalnego światłowodu krzemionkowego o dużej dwójłomności w spawarce światłowodowej. Dwójłomność fazowa jest wielkością mocno dyspersyjną, dlatego sprzężenie pomiędzy modami o ortogonalnych polaryzacjach można uzyskać dla wielu długości fali, co zostało po raz pierwszy pokazane w pracy [5]. Siatka opisana w tym artykule miała trzy rezonanse na długościach fali odpowiednio 855 nm, 1271 nm i 1623 nm, co dość dobrze zgadza się z położeniami rezonansów wyznaczonymi na podstawie warunku dopasowania fazowego. Niewielkie różnice w położeniach rezonansów związane są z fluktuacjami geometrii włókna mikrostrukturalnego, która przekłada się na zmiany dwójłomności wzdłuż długości włókna, jak również z dodatkową dwójłomnością indukowaną skręcaniem światłowodu. W pracy [5] przedstawiono również wyniki badań czułości wytworzonych siatek na temperaturę, rozciąganie i ciśnienie hydrostatyczne oraz wyprowadzono związek pomiędzy czułością siatki i polarymetryczną czułością samego włókna dwójłomnego, a także jego dwójłomnością grupową. Ważnym wynikiem pokazanym w pracy [5] jest bardzo mała czułość siatki na temperaturę, wynosząca zaledwie 1.77 pm/K dla pierwszego rezonansu. Tak mała czułość siatki na temperaturę związana jest z bardzo małą czułością włókna użytego do jej wytworzenia, co uzyskano poprzez odpowiedni dobór geometrii włókna i brak obszarów domieszkowanych innymi materiałami. W jednorodnym materiałowo włóknie nie występują naprężenia pochodzenia termicznego związane z różnymi współczynnikami rozszerzalności temperaturowej rdzenia i płaszczka. Kolejnym ważnym rezultatem przedstawionym w pracy [5] jest bardzo duża czułość na ciśnienie hydrostatyczne, wynosząca 6.14 nm/MPa dla pierwszego rezonansu siatki. W konsekwencji stosunek czułości na ciśnienie do czułości na temperaturę jest rekordowo duży w porównaniu do innych struktur okresowych ($K_p/K_T=3500$ K/MPa), co pozwala na zastosowania takich siatek do pomiaru ciśnienia hydrostatycznego bez konieczności kompensacji temperaturowej. Możliwość stosowania siatek typu rocking filters wytworzonych w mikrostrukturalnych światłowodach polimerowych została również opatentowana: G. Statkiewicz-Barabach, A. Anuszkiewicz, W. Urbańczyk, J. Wójcik, Patent. Polska, nr 217208. Sposób pomiaru wielkości fizycznych i czujnik fotoniczny do pomiaru wielkości fizycznych: Int.Cl. G01D 5/353, G01L 11/02, G01B 11/16. Zgłosz. nr 385819 z 05.08.2008. Opubl. 30.06.2014.

Mój wkład w powstanie pracy [5] polegał na opracowaniu metody wytwarzania siatek typu rocking filters przy użyciu spawarki światłowodowej oraz na wytworzeniu siatek polaryzacyjnych wyższych rzędów w dwójłomnym mikrostrukturalnym włóknie krzemionkowym, przeprowadzeniu części pomiarów czułości na temperaturę, ciśnienie hydrostatyczne i rozciąganie, interpretacji wyników badań oraz na przygotowaniu manuskryptu. Swój udział procentowy w pracy [5] oceniam na 55%.

W szóstej pracy:

[6] A. Anuszkiewicz, **G. Statkiewicz-Barabach**, T. Borsukowski, J. Olszewski, T. Martynkien, W. Urbańczyk, P. Mergo, M. Makara, K. Poturaj, T. Geernaert, F. Berghmans, H. Thienpont, "Sensing characteristics of the rocking filters in microstructured fibers optimized for hydrostatic pressure measurements," *Opt. Express* **20**, 23320-23330 (2012).

przedstawiono inną metodę wytwarzania siatek typu „rocking filter” przy użyciu lasera CO₂. Pokazano charakterystyki dwóch przykładowych siatek o głębokości rezonansu ponad 20 dB, wytworzonych w krzemionkowych włóknach mikrostrukturalnych o różnej geometrii oraz szczegółową analizę wpływu temperatury i ciśnienia hydrostatycznego na przesunięcia rezonansowych długości fali. Odpowiedź obu siatek na ciśnienie miała przeciwny znak i była tak duża (dla przyłożonego ciśnienia $p=9$ MPa przesunięcie rezonansowej długości fali wynosiło około 300 nm dla rezonansu pierwszego rzędu w siatce pierwszej i 800 nm dla rezonansu trzeciego rzędu w siatce drugiej po przyłożeniu ciśnienia $p=7$ MPa), że widoczne było odstępstwo od liniowej zależności położenia rezonansu od przyłożonego ciśnienia. Obserwowana nieliniowość odpowiedzi siatki związana jest z nieliniową zależnością czułości polarymetrycznej włókna od ciśnienia hydrostatycznego oraz dwójłomności grupowej od długości fali. Czułość na ciśnienie wyznaczona w liniowych częściach charakterystyk była rekordowo duża i osiągała nawet 43.4 nm/MPa (w zakresie 0.1-3 MPa) dla pierwszego rezonansu pierwszej siatki oraz -178 nm/MPa (w zakresie 7.4-10 MPa) dla czwartego rezonansu drugiej siatki. Ponadto, odpowiedź pierwszej siatki na temperaturę była bardzo mała i wynosiła -0.49 pm/K (w zakresie 20-150°C) dla pierwszego rezonansu, natomiast dla czwartego rezonansu miała przeciwny znak i wynosiła 0.61 pm/K. Siatka z rezonansem dla długości fali około 1.3 μm miałyby więc zerową czułością na temperaturę. W przypadku drugiej siatki, czułość na temperaturę była większa i wynosiła -79 pm/K dla trzeciego rezonansu. Wzrost czułości na temperaturę związany jest z obecnością domieszki germanu w rdzeniu włókna krzemionkowego, która odpowiada za pojawienie się zależnych od temperatury naprężeń związanych z różnymi współczynnikami rozszerzalności termicznej czystej i domieszkowanej krzemionki. Dzięki wykorzystaniu specjalnie zaprojektowanych światłowodów o podwyższonej czułości na ciśnienie hydrostatyczne do zapisu siatek typu rocking filter, w pracy [6] po raz pierwszy zademonstrowano rekordową czułość na ciśnienie hydrostatyczne przy bardzo małej czułości na temperaturę, która dodatkowo może być obniżona poprzez zastosowanie włókna wytworzonego z czystej krzemionki. Takie struktury z powodzeniem mogą zostać wykorzystane w metrologii do pomiarów ciśnienia hydrostatycznego z rozdzielczością sięgającą nawet 0.6 mbar.

Mój wkład w powstanie pracy [6] polegał na przeprowadzeniu części pomiarów dwójłomności fazowej i grupowej, a także czułości na temperaturę i ciśnienie hydrostatyczne dwójłomnych mikrostrukturalnych włókien krzemionkowych oraz na przeprowadzeniu części pomiarów czułości na ciśnienie i temperaturę siatek polaryzacyjnych wytworzonych w tych włóknach. Swoją udział procentowy w pracy [6] oceniam na 25%.

W siódmej pracy:

[7] **G. Statkiewicz-Barabach**, J. Olszewski, P. Mergo, W. Urbańczyk, "Higher-order rocking filters induced mechanically in fibers with different birefringence dispersion," *App. Opt.* **53**, 1258-1267 (2014).

pokazano po raz pierwszy możliwość wytworzenia siatek typu „rocking filter” wyższych rzędów w dwójłomnych światłowodach krzemionkowych przy użyciu mechanicznego nacisku. Przedstawiono również szczegółowe wyniki badań eksperymentalnych i symulacyjnych dotyczących wpływu siły oraz kierunku nacisku na charakterystyki transmisyjne siatek polaryzacyjnych wyższych rzędów wytworzonych w mikrostrukturalnym światłowodzie krzemionkowym i standardowym światłowodzie krzemionkowym z eliptycznym rdzeniem. Dyspersja dwójłomności fazowej, a co za tym idzie spektralny przebieg drogi zdudnień w światłowodach mikrostrukturalnych i konwencjonalnych jest istotnie różny. W przypadku światłowodu mikrostrukturalnego droga zdudnień maleje wraz z długością fali, co w konsekwencji powoduje, że dla mniejszych długości fali występują rezonanse niższych rzędów. Dla włókna standardowego z eliptycznym rdzeniem jest odwrotnie, tzn. droga zdudnień rośnie wraz z długością fali.

Siatki wytworzono metodą mechaniczną, stosując periodyczny nacisk na włókno dwójłomne. Przyłożona siła generuje dodatkową dwójłomność, która dodaje się z istniejącą dwójłomnością we włóknie, co prowadzi do niewielkiego obrotu osi głównych światłowodu i w konsekwencji do sprzęgania modów o ortogonalnych polaryzacjach. Metoda mechaniczna indukowania siatek polaryzacyjnych jest odwracalna, tzn., po usunięciu nacisku włókno powraca do początkowego stanu. W pierwszej kolejności zbadano wpływ siły przyłożonej punktowo do światłowodu na współczynnik sprzężenia pomiędzy ortogonalnie spolaryzowanymi modami. We włóknie mikrostrukturalnym, wraz ze wzrostem siły coraz więcej mocy odsprzęga się z modu początkowo pobudzonego do modu o ortogonalnej polaryzacji. Dla kąta działania siły zbliżonego do 45° w stosunku do osi symetrii włókna, sprzężenie pomiędzy modami polaryzacyjnymi osiąga wartość maksymalną. W przypadku włókna mikrostrukturalnego, współczynnik sprzężenia silnie zależy od długości fali, zaś w przypadku włókna z eliptycznym rdzeniem jest on praktycznie niezależny od długości fali. Dyspersyjność współczynnika sprzężenia między modami polaryzacyjnymi ma istotny wpływ na widmo siatek typu „rocking filter” indukowanych naciskiem. W przypadku włókien mikrostrukturalnych widać dużą zależność głębokości rezonansów od długości fali, w przeciwieństwie do siatek indukowanych we włóknie z eliptycznym rdzeniem. Podobnie jak w przypadku punktowego nacisku, widoczny jest wpływ przyłożonej siły na głębokość rezonansów w obu włóknach. Początkowo, wraz ze zwiększającą się siłą rezonans pogłębia się, a po przekroczeniu pewnej wartości siły odpowiadającej maksymalnemu sprzężeniu zaczyna się stopniowo spłycać, aż do całkowitego zaniku. Zanik sprzężenia między modami polaryzacyjnymi w siatce typu „rocking filter” obserwowany dla pewnej wartości przyłożonej siły spowodowany jest powrotnym odsprzężeniem całej mocy do modu początkowo pobudzonego. Ze względu na dużą dyspersję współczynnika sprzężenia we włóknie mikrostrukturalnym, siła potrzebna do uzyskania maksymalnego odsprzężenia mocy z jednego modu do drugiego bardzo mocno zależy od rzędu rezonansu. W przypadku włókna z eliptycznym rdzeniem, dla którego współczynnik sprzężenia praktycznie nie zależy od długości fali, siła potrzebna do uzyskania największej głębokości rezonansu zmienia się nieznacznie w funkcji rzędu rezonansu. Dodatkowo, w obu włóknach widoczna jest zależność maksymalnej głębokości rezonansu od jego rzędu. Im wyższy rząd rezonansu, tym jego głębokość jest mniejsza. Związane to jest z losowymi wahaniami okresu siatki lub z nierównomiernym rozkładem siły w punktach sprzężenia, co powoduje niewielkie zmiany przesunięcia fazowego między modami polaryzacyjnymi w kolejnych segmentach siatki. W pracy [7] przeprowadzono również analizę wpływu nacisku na dodatkowo indukowaną dwójłomność. Ujemna bądź dodatnia zmiana dwójłomności, która przekłada się na przesunięcie

rezonansów w stronę fal krótszych lub dłuższych, zależna jest od kąta przyłożenia siły w stosunku do osi symetrii włókna i jest największa dla kąta 0° i 90° . Wyniki eksperymentalne przedstawione w pracy zostały porównane z wynikami obliczeń numerycznych wykorzystujących formalizm Jonesa.

Mój wkład w powstanie pracy [7] polegał na zbudowaniu układu do wytwarzania siatek polaryzacyjnych metodą mechaniczną i wytworzeniu siatek wyższych rzędów w krzemionkowym włóknie dwójłomnym mikrostrukturalnym i w standardowym włóknie z eliptycznym rdzeniem, przeprowadzeniu pomiarów drogi zdudnień, współczynnika sprzężenia, zbadaniu wpływu nacisku na rezonanse siatek, interpretacji wyników badań oraz na udziale w przygotowaniu manuskryptu. Mój udział procentowy w pracy [7] oceniam na 52%.

W ósmej pracy:

[8] G. Statkiewicz-Barabach, P. Mergo, W. Urbańczyk, "Rocking filter induced mechanically in a highly birefringent microstructured polymer fiber," Appl. Opt. 53, 7729-7734 (2014).

pokazano po raz pierwszy możliwość wytworzenia, metodą nacisku, siatek typu „rocking filter” w mikrostrukturalnych włóknach polimerowych. Większa czułość na ciśnienie hydrostatyczne siatek polaryzacyjnych w porównaniu do siatek długookresowych i siatek Bragga, a ponadto biokompatybilność światłowodów polimerowych, umożliwia zastosowania metrologiczne tego typu struktur w medycynie i biologii. W pracy [8] pokazano, że siatki indukowane w mikrostrukturalnych włóknach polimerowych mają podobne właściwości, jak siatki w mikrostrukturalnych włóknach krzemionkowych. Między innymi możliwe jest uzyskanie siatek wyższych rzędów, ponieważ droga zdudnień światłowodu polimerowego jest silnie dyspersyjna. Współczynnik sprzężenia jest również silnie dyspersyjny, co przekłada się na różnicowanie głębokości rezonansów w funkcji rzędu. Dla przykładowej siatki pokazanej w pracy [8] (14 punktów sprzężenia, okres siatki 8 mm i całkowite obciążenie 1200g) rezonans pierwszego rzędu dla długości fali około 740 nm miał głębokość 22 dB, zaś rezonans drugiego rzędu dla długości fali 1100 nm miał głębokość tylko 5 dB. Podobnie jak dla siatek indukowanych we włóknach krzemionkowych, również w tym przypadku maksymalna głębokość rezonansu zależy od jego rzędu.

Mój wkład w powstanie pracy [8] polegał na zbudowaniu układu do wytwarzania siatek metodą mechaniczną i wytworzeniu siatki polaryzacyjnej w dwójłomnym mikrostrukturalnym włóknie polimerowym, zbadaniu wpływu nacisku na rezonanse siatki, interpretacji wyników badań oraz na przygotowaniu manuskryptu. Mój udział procentowy w pracy [8] oceniam na 80%.

Możliwość zastosowania siatek polaryzacyjnych, jako całkowicie światłowodowych elementów pomiarowych jest ograniczona koniecznością umieszczenia polaryzatorów na wejściu i wyjściu światłowodu dwójłomnego z wytworzoną siatką. Problem ten można rozwiązać poprzez dospawanie do światłowodu z siatką odcinków włókien polaryzujących, które zastąpią polaryzatory objętościowe. Światłowody polaryzujące, w których jeden z modów polaryzacyjnych jest silnie tłumiony, podczas gdy drugi propaguje się z niewielkimi stratami, były już wcześniej znane, jednak ich spektralny zakres użytkowy był stosunkowo niewielki (około 300 nm). W przypadku siatek typu „rocking filter” wyższych rzędów, zakres spektralny,

w którym widoczne są rezonanse wyższych rzędów jest dużo szerszy. Stało się to motywacją do poszukiwania nowych geometrii polaryzujących światłowodów mikrostrukturalnych, dla których zakres jednopolarizacyjnej propagacji byłby dużo szerszy.

W dziewiątej pracy:

[9] **G. Statkiewicz-Barabach**, J. Olszewski, M. Napiórkowski, G. Gołojuch, T. Martynkien, K. Tarnowski, W. Urbańczyk, J. Wójcik, P. Mergo, M. Makara, T. Nasilowski, F. Berghmans, H. Thienpont, "Polarizing photonic crystal fiber with low index inclusion in the core," *J. Opt.* **12**, 075402-075408 (2010).

przedstawiono badania eksperymentalne strat polaryzacyjnych dwóch krzemionkowych światłowodów mikrostrukturalnych wytworzonych przez UMCS, z dwoma dużymi kanałami powietrznymi umieszczonymi w pobliżu rdzenia i dodatkową inkluzją domieszkowaną borem o niższym współczynniku załamania w środku rdzenia. Takie światłowody charakteryzują się występowaniem dwóch pasm polaryzacji, odpowiednio w krótkofalowym i długofalowym zakresie. Ponadto zgięcie włókna powoduje poszerzenie pasma polaryzacji nawet do ponad 600 nm, czyli ponad dwukrotnie więcej niż uzyskiwano dotychczas. Wyniki badań eksperymentalnych zostały potwierdzone obliczeniami numerycznymi bazującymi na metodzie elementów skończonych. Dalsza optymalizacja struktury włókna i większa precyzja jego wykonania powinna zaowocować w przyszłości uzyskaniem jeszcze szerszego pasma polaryzacji.

Mój wkład w powstanie pracy [9] polegał na zaplanowaniu i przeprowadzeniu pomiarów strat polaryzacyjnych mikrostrukturalnych dwójłomnych światłowodów krzemionkowych, interpretacji wyników badań oraz na udziale w przygotowaniu manuskryptu. Swój udział procentowy w pracy [9] oceniam na 45%.

4.c.5. Interferometry wewnątrzświatłowodowe

W ostatniej pracy:

[10] **G. Statkiewicz-Barabach**, J. P. Carvalho, O. Frazão, J. Olszewski, P. Mergo, J. L. Santos, W. Urbańczyk, "Intermodal interferometer for strain and temperature sensing fabricated in birefringent boron doped microstructured fiber," *App. Opt.* **50**, 3742-3749 (2011).

przedstawiono zasadę działania oraz właściwości interferometru wewnątrzświatłowodowego wykorzystującego efekt interferencji międzymodowej w mikrostrukturalnym światłowodzie dwójłomnym. Warto wspomnieć, że badania nad tego typu strukturami są aktualnie przeze mnie kontynuowane w ramach projektu MNiSW Iuventus Plus (IP2014 044573), zatytułowanego „Wewnątrzświatłowodowe interferometry międzymodowe w krzemionkowych i polimerowych światłowodach mikrostrukturalnych do zastosowań pomiarowych”. W pracy [10] pokazano nowy typ wewnątrzświatłowodowego interferometru Macha-Zehndera, który został wytworzony przy użyciu lasera CO₂ w krzemionkowym dwumodowym włóknie dwójłomnym. Zasada działania tego interferometru wykorzystuje zjawisko sprzężenia pomiędzy polaryzacyjnymi modami podstawowymi i modami wyższego rzędu, które zachodzi w dwóch przewężeniach światłowodu oddalonych od siebie o 11.7 mm. Aby ułatwić międzymodowe sprzężenie opracowano i wytworzono specjalny światłowod mikrostrukturalny z inkluzją domieszkowaną tlenkiem boru w środku rdzenia.

Ponadto, dzięki dużej dwójłomności światłowodu, spektralne prążki interferencyjne obserwowane na wyjściu interferometru były zmodulowane polarymetrycznym sygnałem różnicowym. W widmie wyjściowym widoczne były zarówno prążki pochodzące od interferencji międzymodowej uśrednione po polaryzacji jak i wolnozmienna obwiednia określona przez różnicę dwójłomności modu podstawowego i modu wyższego rzędu. Taka struktura sygnału wyjściowego daje możliwość śledzenia zmian położenia indywidualnych prążków interferencyjnych, jak również zmiany ich kontrastu, obserwowanych w odpowiedzi na zmianę parametrów fizycznych oddziałujących na interferometr. W pracy [10] przeprowadzono również wyniki pomiarów czułości interferometru na temperaturę i rozciąganie, odpowiednio w zakresie 20-700°C i 0-1.7 mstrain. Czułość interferometru związana z przesunięciem prążków i zmianą ich kontrastu wynosi -2.51 nm/mstrain, -0.0256 1/mstrain dla rozciągania i 16.7 pm/°C i 5.74×10^{-5} 1/°C dla temperatury. Pozwala to na zastosowanie zaproponowanego interferometru do równoczesnego pomiaru obu parametrów. Warto wspomnieć, że w porównaniu do struktur periodycznych, takich jak siatki Bragga i siatki długookresowe, zaproponowany interferometr odznacza się prostotą konstrukcji i łatwością wykonania.

Mój wkład w powstanie pracy [10] polegał na wytworzeniu interferometru wewnątrzświatłowodowego w dwójłomnym mikrostrukturalnym włóknie krzemionkowym z rdzeniem domieszkowanym tlenkiem boru, pomiarach dwójłomności grupowej oraz różnicy grupowych współczynników załamania modu podstawowego i modu wyższego rzędu, interpretacji wyników pomiaru oraz na przygotowaniu manuskryptu. Mój udział procentowy szacuję na 50%.

4.4. Plany naukowo-badawcze na najbliższe lata

W najbliższym czasie moja praca badawcza będzie się nadal koncentrowała na strukturach z poosiową modulacją współczynnika załamania. W szczególności, w ramach obecnie realizowanego projektu Iuventus Plus, zamierzam udoskonalić technologię wytwarzania **wewnątrzświatłowodowych interferometrów** w krzemionkowych i polimerowych światłowodach mikrostrukturalnych. W celu uzyskania optymalnych parametrów metrologicznych wytwarzanych interferometrów planuję opracowanie i przetestowanie różnych konstrukcji interferometrów, m.in. opartych na siatkach długookresowych, przewężeniach włókna, zasklepieniu kanałów powietrznych lub poprzecznym przesunięciu odcinków włókna dwumodowego zespawanych z doprowadzającymi włóknami jednomodowymi. Optymalizowanymi parametrami będzie długość interferometru, poprzeczne przesunięcie wspawanego światłowodu, szerokość i długość przewężeń zapewniających dobre sprzężenia międzymodowe i jednocześnie niskie straty transmisyjne. Testowane będą również różne rodzaje światłowodów dwójłomnych, w tym między innymi światłowody o małej czułości na temperaturę, dużej czułości na ciśnienie hydrostatyczne oraz różne rodzaje siatek długookresowych zapisanych w takich włóknach.

Planuję również kontynuację badań mających na celu optymalizację procesu zapisu **siatek Bragga i siatek długookresowych** we włóknach polimerowych oraz analizę właściwości metrologicznych takich struktur. Na szczególną uwagę zasługuje głębsze zrozumienie zjawiska fotoczułości, które w przypadku włókien polimerowych, nie jest jeszcze do końca wyjaśnione. W literaturze wskazuje się na kilka możliwych mechanizmów odpowiedzialnych za zmiany współczynnika załamania PMMA podczas naświetlania go wiązką UV takich, jak fotodegradacja,

fotopolimeryzacja, sieciowanie lub fotoizomeryzacja. Doniesienia literaturowe nie wyjaśniają ostatecznie mechanizmu fotoczułości włókien polimerowych, w szczególności dla długości fali 325 nm używanej przeze mnie do wytwarzania siatek. Sprzeczne są nawet doniesienia na temat dodatniej lub ujemnej zmiany współczynnika załamania pod wpływem naświetlania światłem UV. Według przeprowadzonych przeze mnie obserwacji, zmiana współczynnika indukowana naświetlaniem światłem UV jest ujemna i najprawdopodobniej spowodowana jest fotodegradacją polimeru. Moje badania ponadto pokazują, że podobnie, jak w przypadku włókien kwarcowych, również we włóknach polimerowych redukcja naprężeń reszkowych wytworzonych w światłowodzie podczas wyciągania jest ważnym czynnikiem wpływającym na modulację współczynnika załamania w trakcie naświetlania światłem UV.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

5.1. Dane bibliometryczne autora na dzień 05.01.2016

Liczba publikacji w czasopismach z Listy Filadelfijskiej:	31
Liczba publikacji z Listy Filadelfijskiej po doktoracie:	24
Sumaryczny <i>Impact Factor</i> (wg <i>Journal Citation Report</i>)	81,145
Indeks Hirsha (wg <i>Web of Science, Science Citation Index</i>)	14
Całkowita liczba cytowań (wg <i>Web of Science, SCI</i>)	601
Liczba cytowań obcych (bez autocytowań)	504

5.2. Przebieg dotychczasowej pracy badawczej

5.2.1. Opis działalności naukowej przed uzyskaniem stopnia doktora

Jestem absolwentką Wydziału Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej. Studia magisterskie na specjalności Inżynieria Biomedyczna – Optyka Biomedyczna, kierunku Fizyka Techniczna ukończyłam w 2003 roku. W ramach pracy magisterskiej pt. „*Badania właściwości światłowodów fotonicznych*” wykonaną pod kierownictwem prof. Wacława Urbańczyka zapoznałam się z metodami eksperymentalnymi stosowanymi do charakteryzacji światłowodów, w tym ze sposobami pomiaru dwójłomności modowej.

Bezpośrednio po ukończeniu studiów magisterskich podjęłam studia doktoranckie w zespole Optyki Światłowodów kierowanym przez prof. Wacława Urbańczyka. Badania prowadzone przeze mnie w ramach rozprawy doktorskiej miały charakter eksperymentalny i dotyczyły aktualnych zagadnień związanych ze światłowodami mikrostrukturalnymi. Moja praca zaowocowała zbudowaniem kilku oryginalnych stanowisk pomiarowych oraz przeprowadzeniem systematycznych badań światłowodów mikrostrukturalnych typu „index-guided” i z fotoniczną przerwą wzbronioną, które obejmowały spektralne pomiary dwójłomności fazowej i grupowej, pomiary czułości na rozciąganie, ciśnienie hydrostatyczne i temperaturę, a także pomiary parametrów polaryzacyjnych oraz charakteryzację siatek Bragga zapisanych w światłowodach mikrostrukturalnych. Ważnym elementem mojej rozprawy były kompleksowe badania spektralnych przebiegów dwójłomności fazowej i grupowej przeprowadzone dla szerokiej gamy światłowodów mikrostrukturalnych, zarówno typu „index-guided”, jak i z fotoniczną przerwą wzbronioną. Uzyskane wyniki pokazywały

silnie dyspersyjny charakter dwójłomności modowej w światłowodach typu „index guided”, a także paraboliczną zależność dwójłomności od długości fali w światłowodach z fotoniczną przerwą wzbronioną, z minimum dwójłomności w pobliżu środka przerwy [A.1, A.2, A.4, A.5]. Wykazałam również, że czułość na temperaturę w światłowodach mikrostrukturalnych typu „index-guided” jest silnie dyspersyjna i w konsekwencji może dla pewnej długości fali przyjmować wartość zerową, co ma niezmiernie duże znaczenie przy projektowaniu czujników światłowodowych [A.3, A.6, A.7]. Ważnym wynikiem rozprawy było również wykazanie, że polarymetryczna czułości na ciśnienie hydrostatyczne w światłowodach fotonicznych typu „index-guided” jest o wiele większa od czułości klasycznych w światłowodach dwójłomnych (np. bow-tie) stosowanych jako czujniki ciśnienia i naprężeń [A.3, A.6]. Wykazałam również, że światłowody mikrostrukturalne o specjalnej konstrukcji można stosować jako szerokopasmowe polaryzatory światłowodowe [A.22, A.23]. Wstępne badania właściwości siatek Bragga zapisanych w mikrostrukturalnych włóknach dwójłomnych miały na celu sprawdzenie przydatności tych struktur do jednoczesnego pomiaru temperatury i ciśnienia hydrostatycznego poprzez wykorzystanie odbić dla obu modów polaryzacyjnych [A.18, A.24, A.28].

Wyniki mojej pracy w latach 2003-2007 zostały opublikowane w 7 artykułach w czasopismach recenzowanych oraz 26 komunikatach konferencyjnych. W tym czasie aktywnie uczestniczyłam w realizacji projektu KBN oraz w europejskich projektach badawczych, w tym European Network of Excellence on Micro-Optics (NEMO), Cost Action P11 i 2 umowach dwustronnych z Belgią i Czechami. W czasie trwania studiów doktoranckich brałam udział w 3 stażach zagranicznych we Vrije Universiteit Brussels oraz w jednym w Technical University Ostrava.

Moja działalność dydaktyczna w trakcie studiów doktoranckich pokrywała się z moimi zainteresowaniami naukowymi i polegała na prowadzeniu zajęć w laboratorium podstaw fizyki, ćwiczeń rachunkowych do wykładów z fizyki, w laboratorium pomiarów optycznych oraz laboratorium optyki światłowodów. W trakcie studiów doktoranckich aktywnie uczestniczyłam także w działaniach propagujących Politechnikę Wrocławską i Instytut Fizyki wśród dzieci i młodzieży szkolnej. Byłam zaangażowana m.in. w pokazy eksperymentalne w ramach Dolnośląskiego Festiwalu Nauki oraz pokazy fizyczne w szkołach podstawowych. Uczestniczyłam również w targach edukacyjnych TARED oraz prowadziłam seminarium mające na celu promocję kierunków studiów na Wydziale PPT w Liceum Ogólnokształcącym w Lubaniu. W trakcie studiów doktoranckich byłam członkiem organizacji międzynarodowej SPIE. Byłam także członkiem zarządu koła naukowego przy studenckim oddziale SPIE we Wrocławiu, a w latach 2006–2007 wiceprezesem tego koła. Jestem również laureatką pierwszego programu stypendialnego ZPORR dla doktorantów Politechniki Wrocławskiej.

Moja rozprawa doktorska zatytułowana „*Badania eksperymentalne światłowodów mikrostrukturalnych do zastosowań pomiarowych*” obroniona 25 września 2007 roku uzyskała wyróżnienie Nagrodą Rektora.

5.2.2. Opis działalności naukowej po uzyskaniu stopnia doktora

Po ukończeniu studiów doktoranckich, 5 października 2007 roku zostałam zatrudniona na stanowisku asystenta naukowo-dydaktycznego w Instytucie Fizyki na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej i kontynuowałam swoją pracę badawczą w Grupie Optyki Światłowodów. Koncentrowała się ona na badaniu właściwości transmisyjnych i czujnikowych

światłowodów mikrostrukturalnych. Jednym z ciekawszych wyników, które uzyskałam było pokazanie, że dwójłomność grupowa w światłowodzie mikrostrukturalnym z eliptyczną inkluzją w rdzeniu domieszkowaną GeO_2 , zmienia znak i przechodzi przez zero dla pewnej długości fali [B.1]. Ponadto, optymalizacja geometrii światłowodów mikrostrukturalnych pozwala zdecydowanie poprawić ich właściwości czujnikowe. Dzięki odpowiedniej konstrukcji włókien można uzyskać zerową czułość na temperaturę dla dowolnej długości fali [B.4], jak również bardzo dużą czułość na ciśnienie hydrostatyczne [B.7] i rozciąganie [B.8]. Poza światłowodami krzemionkowymi w obszarze moich badań eksperymentalnych znalazły się również światłowody polimerowe, które charakteryzują się m. in. znacznie większym zakresem odkształceń związanym z mniejszym modułem Younga niż szkło krzemionkowe. W pracy [B.5] wyznaczono podatności włókien polimerowych na różne czynniki zewnętrzne, a także przedstawiono systematyczne wyniki pomiarów $\Delta C = C_2 - C_1$ (gdzie C_1 i C_2 są współczynnikami piezooptycznymi) we włóknach z PMMA wyciągniętych z różnymi naprężeniami [B.6]. Uzyskane eksperymentalnie wartości ΔC zawierały się w przedziale $(-4.5 \div -1.5) \times 10^{-12} \text{ Pa}^{-1}$ i rosły nieliniowo wraz ze zwiększaniem naprężenia wyciągania. Ponadto, ważnym rezultatem przedstawionym w pracy [B.6] było pokazanie liniowej zależności ΔC od resztkowej dwójłomności włókna spowodowanej naprężeniami zamrożonymi w trakcie wyciągania.

W ostatnich latach moje badania koncentrowały się na opracowaniu technologii wytwarzania struktur z poosiową modulacją współczynnika załamania w światłowodach krzemionkowych i polimerowych, pomiarach ich właściwości i poszukiwaniu potencjalnych zastosowań. Uzyskane wyniki zastały szczegółowo omówione w poprzedniej części autoreferatu, ponieważ ta tematyka stanowi główny element mojej rozprawy habilitacyjnej. W pracach nieujętych w wykazie publikacji stanowiących rozprawę, przedstawiono m.in. koncepcję poprawy efektywności zapisu siatek długookresowych metodą punkt po punkcie przy użyciu lasera He-Cd w światłowodach polimerowych, których płaszcz został fotouczulony poprzez dyfuzję azobenzenu z roztworu metanolu [B.14]. W publikacjach [B.2, B.9] przedstawiono metrologiczne właściwości siatek Bragga zapisanych w mikrostrukturalnych światłowodach krzemionkowych. Wykorzystanie w metrologii optycznej unikatowych właściwości światłowodów mikrostrukturalnych (takich jak bardzo mała, a nawet zerowa czułość na temperaturę dla pewnych długości fali i jednocześnie duża czułości na inne parametry) umożliwiających łatwy zapis siatek Bragga było tematem projektu europejskiego PHOSFOS („Photonic Skins for Optical Sensing”, „Fotoniczna skóra do zastosowań w metrologii optycznej”), w którym w ostatnim czasie brałam udział. Celem projektu było opracowanie nowego rodzaju czujnika do jednoczesnego pomiaru ciśnienia hydrostatycznego i temperatury bazującego na siatkach Bragga zapisanych we włóknach mikrostrukturalnych. Światłowody wraz z siatkami zatapiane są w polimerowej warstwie tworząc swego rodzaju „skórę” umożliwiającą rejestrację zmian ciśnienia lub bocznego nacisku w wielu miejscach jednocześnie. Tego typu czujnik może z powodzeniem znaleźć zastosowanie w medycznych urządzeniach monitorujących, w przemyśle samochodowym i lotniczym, a także w robotyce i budownictwie.

Ważnym zagadnieniem w kontekście zastosowań metrologicznych jest możliwość jednoczesnego pomiaru dwóch lub większej liczby parametrów fizycznych. Jednym z rozwiązań tego problemu jest zastosowanie siatek typu „rocking filter” z kilkoma rezonansami lub siatek długookresowych wytworzonych we włóknie dwójłomnym. Rezonanse siatek długookresowych są wówczas rozseparowane ze względu na polaryzację, co umożliwia analizę przesunięcia obu rezonansów [B.10]. Innym rozwiązaniem jest wytworzenie wewnątrzświatłowodowego interferometru, np.

Macha-Zehndera, o którym była mowa w głównej części rozprawy lub interferometru Sagnaca w światłowodzie o dużej dwójłomności [B.3]. Warto dodać, że w ostatnich latach współpracowałam również z Oddziałem Kardiologii Wojewódzkiego Centrum Medycznego w Opolu. Współpraca dotyczyła badania powiązania zmienności rytmu serca (HRV, heart rate variability) ze średnim rytmem serca (HR, heart rate), co pozwoliło między innymi wykazać istotną różnicę zależności pomiędzy tymi czynnikami u kobiet i mężczyzn jak również umożliwiło wyodrębnienie chorych po zawale serca zagrożonych różnymi typami zgonu. Uzyskane wyniki zostały opublikowane w trzech artykułach [B.11-B.13].

W okresie po uzyskaniu stopnia doktora opublikowałam 24 współautorskie artykuły w czasopismach z Listy Filadelfijskiej, 18 komunikatów konferencyjnych oraz uzyskałam jeden patent krajowy [C.1]. W tym czasie aktywnie uczestniczyłam w realizacji kilku krajowych i europejskich projektów naukowo-badawczych oraz dwóch umów dwustronnych z Portugalią.

Po doktoracie byłam promotorem 3 prac magisterskich i 7 prac inżynierskich oraz promotorem pomocniczym 1 doktoratu. Jestem również kierownikiem dwóch dydaktycznych laboratoriów Pomiarów Optycznych i Technologii Optycznych. Angażowałam się również w organizację międzynarodowych konferencji i spotkań naukowych, a także uczestniczyłam aktywnie w działaniach popularyzujących naukę wśród dzieci i młodzieży szkolnej. Jestem członkiem organizacji międzynarodowej OSA. Jestem również laureatką kilku stypendiów dla młodych naukowców.

5.2.3. Pozostałe publikacje (nie wchodzące w skład osiągnięcia wymienionego w pkt 4)

5.2.3.1. Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JRC) przed uzyskaniem stopnia doktora

	Praca	ImpactFactor
A.1	G. Statkiewicz , T. Martynkien, W. Urbańczyk, "Measurements of modal birefringence and polarimetric sensitivity of the birefringent holey fiber to hydrostatic pressure and strain", <i>Optics Communications</i> 241 , 339–348 (2004). 50% przeprowadzenie pomiarów, analiza danych, przygotowanie manuskryptu	1.581
A.2	M. Szpulak, G. Statkiewicz , J. Olszewski, T. Martynkien, W. Urbańczyk, J. Wójcik, M. Makara, J. Klimek, T. Nasiłowski, F. Berghams, and H. Thienpont "Experimental and theoretical investigations of the birefringent holey fiber with triple defect", <i>Applied Optics</i> 44 , 2652-2658 (2005). 35% przeprowadzenie części pomiarów, udział w przygotowaniu manuskryptu	1.637
A.3	T. Nasiłowski, T. Martynkien, G. Statkiewicz , M. Szpulak, J. Olszewski, G. Gołojuch, W. Urbańczyk, J. Wójcik, P. Mergo, M. Makara, F. Berghmans, H. Thienpont, "Temperature and pressure sensitivities of the highly birefringent photonic crystal fiber with core asymmetry", <i>Applied Physics B -Lasers and Optics</i> 81 , 325-331 (2005). 10% przeprowadzenie części pomiarów	2.056
A.4	G. Statkiewicz , T. Martynkien, W. Urbańczyk, "Measurements of birefringence and its sensitivity to hydrostatic pressure and elongation in photonic bandgap hollow core fiber with residual core ellipticity", <i>Optics Communications</i> 255 , 175–183 (2005). 50% przeprowadzenie pomiarów, analiza danych, przygotowanie manuskryptu	1.456

A.5	P. Hlubina, M. Szpulak, L. Knyblova, G. Statkiewicz , T. Martynkien, D. Ciprian, W. Urbańczyk, „Measurement and modelling of dispersion characteristics of a two-mode birefringent holey fibre”, <i>Measurement Science&Technology</i> 17 , 626–630 (2006). 10% przeprowadzenie części pomiarów	1.228
A.6	T. Martynkien, M. Szpulak, G. Statkiewicz-Barabach , G. Gołojuch, J. Olszewski, W. Urbańczyk, J. Wójcik, P. Mergo, M. Makara, T. Nasiłowski, F. Berghmans, H. Thienpont, “Measurements of sensitivity to hydrostatic pressure and temperature in highly birefringent photonic crystal fibers”, <i>Optical and Quantum Electronics</i> 39 , 481-489 (2007). 5% przeprowadzenie części pomiarów	0.718
A.7	T. Martynkien, G. Statkiewicz-Barabach , M. Szpulak, J. Olszewski, G. Gołojuch, W. Urbańczyk, J. Wójcik, P. Mergo, M. Makara, T. Nasiłowski, F. Berghmans, H. Thienpont, “Measurements of polarimetric sensitivity to temperature in birefringent holey fibers,” <i>Measurement Science&Technology</i> 18 , 3055-3060 (2007). 10% przeprowadzenie części pomiarów	1.297

5.2.3.2. Publikacje konferencyjne przed uzyskaniem stopnia doktora

A.8	G. Statkiewicz , W. Urbańczyk, W. J. Bock, J. Wójcik, “Pomiar czułości włókien różnych typów na ciśnienie hydrostatyczne”, materiały konferencyjne IX Konferencja Światłowodowy i ich zastosowania, str. 765-769, 9-11.10.2003, Krasnoblód. 80% przeprowadzenie pomiarów, analiza danych, przygotowanie manuskryptu
A.9	G. Statkiewicz , M. Szpulak, W. Urbańczyk, J. Wójcik, K. Poturaj, J. Klimek, „Pomiary właściwości fotonicznego włókna dwójłomnego z eliptycznym rdzeniem,” materiały konferencyjne Kongres Metrologii, str. 209-212, 6-9.09.2004 Wrocław. 70% przeprowadzenie pomiarów, analiza danych, przygotowanie manuskryptu
A.10	T. Martynkien, M. Szpulak, G. Statkiewicz , W. Urbańczyk, J. Wójcik, P. Mergo, M. Makara, “Pressure sensitivity of the birefringent photonic crystal fiber with triple defect”, materiały konferencyjne SPIE: Photonics Crystal Materials and Nanostructures, Vol. 5450, str. 550–556, 27–29.04.2004, Strasbourg, Francja. 15% przeprowadzenie części pomiarów
A.11	W. Urbańczyk, M. Szpulak, G. Statkiewicz , T. Martynkien, J. Olszewski, “Sensing capabilities of the birefringent holey fibers”, materiały konferencyjne IEEE: 6th International Conference on Transparent Optical Networks and European Symposium on Photonic Crystals, Vol. 1, str. 91–94, 4–8.07.2004 Wrocław. 20% przeprowadzenie części pomiarów, analiza danych
A.12	G. Statkiewicz , M. Szpulak, J. Olszewski, T. Martynkien, W. Urbańczyk, J. Wójcik, K. Poturaj, P. Mergo, “Birefringent holey fiber with triple defect”, materiały konferencyjne IEEE: 6th International Conference on Transparent Optical Networks and European Symposium on Photonic Crystals, Vol. 2, str. 350–354, 4–8.07.2004, Wrocław. 60% przeprowadzenie pomiarów, analiza danych, przygotowanie manuskryptu
A.13	J. Olszewski, T. Nasiłowski, M. Szpulak, G. Statkiewicz , T. Martynkien, W. Urbańczyk, J. Wójcik, P. Mergo, M. Makara, F. Berghmans, H. Thienpont, “Analysis of birefringent doped-core holey fibers for Bragg gratings”, materiały konferencyjne SPIE: 17th International Conference on Optical Fibre Sensors, Vol. 5855, str. 351–354, 23–27.05.2005, Bruges, Belgia. 5%

	analiza danych
A.14	T. Martynkien, M. Szpulak, M. Kieryk, G. Statkiewicz , J. Olszewski, W. Urbańczyk, J. Wójcik, P. Mergo, M. Makara, T. Nasilowski, F. Berghmans, H. Thienpont, "Temperature sensitivity in birefringent photonic crystal fiber with triple defect", materiały konferencyjne SPIE: 17th International Conference on Optical Fibre Sensors, Vol. 5855, str. 912–915, 23–27.05.2005, Bruges, Belgia. 15% przeprowadzenie części pomiarów
A.15	G. Statkiewicz , T. Martynkien, W. Urbańczyk, "Experimental characterization of the photonic bandgap holey fiber with residual core ellipticity", materiały konferencyjne IEEE: of 7th International Conference on Transparent Optical Networks, Vol. 2, str. 303–306, 3–7.07.2005, Barcelona, Hiszpania. 50% przeprowadzenie pomiarów, analiza danych, przygotowanie manuskrypt
A.16	W. Urbańczyk, T. Martynkien, M. Szpulak, G. Statkiewicz , J. Olszewski, J. Wójcik, "Photonic crystal fibers for sensing applications", materiały konferencyjne SPIE: International Congress Optics and Optoelectronics: Photonic Crystals and Fibers, Vol. 5950, str. 595014, 28.08–2.09.2005, Warszawa. 15% przeprowadzenie części pomiarów
A.17	J. Olszewski, T. Nasilowski, M. Szpulak, G. Statkiewicz , T. Martynkien, W. Urbańczyk, J. Wójcik, P. Mergo, M. Makara, F. Berghmans, H. Thienpont, „Theoretical investigations of birefringent holey fiber of new construction”, materiały konferencyjne SPIE: International Congress Optics and Optoelectronics: Photonic Crystals and Fibers, Vol. 5950, str. 59501W, 28.08–2.09.2005, Warszawa. 5% analiza danych
A.18	C. Caucheteur, H. Ottevaere, T. Nasilowski, K. Chah, G. Statkiewicz , W. Urbańczyk, F. Berghmans, H. Thienpont, P. Mégret, "Superimposed Bragg gratings written into polarization maintaining fiber for monitoring micro-strains", materiały konferencyjne SPIE: International Congress Optics and Optoelectronics: Optical Fibers: Applications; Vol. 5952, str. 59520M, 28.08–2.09.2005, Warszawa. 10% przeprowadzenie części pomiarów
A.19	P. Hlubina, G. Statkiewicz , T. Martynkien, W. Urbańczyk, "Dispersion measurements of the birefringent holey fiber by interferometric methods," materiały konferencyjne Photonics, Devices, and Systems III, vol. 6180, str. 618017-1 - 618017-6, 8-11.06.2005, Prague, Czechy. 25% przeprowadzenie części pomiarów
A.20	T. Martynkien, G. Statkiewicz , M. Szpulak, J. Olszewski, W. Urbańczyk, J. Wójcik, P. Mergo, M. Makara, T. Nasilowski, F. Berghmans, H. Thienpont, "Measurements of hydrostatic pressure and temperature sensitivity in birefringent holey fibers," materiały konferencyjne SPIE: Photonic Europe: Photonic Crystal Materials and Devices III, Vol. 6182, str. 61822P, 3.04–7.04.2006, Strasbourg, Francja. 35% przeprowadzenie części pomiarów, analiza danych
A.21	P. Hlubina, M. Szpulak, L. Knyblova, D. Ciprian, T. Martynkien, G. Statkiewicz , W. Urbańczyk, "Experimental and theoretical analysis of dispersion characteristics of two-mode birefringent holey fiber", materiały konferencyjne SPIE: Photonic Europe: Photonic Crystal Materials and Devices III, Vol. 6182, str. 61822G, 3.04–7.04.2006, Strasbourg, Francja. 5% przeprowadzenie części pomiarów
A.22	W. Urbańczyk, M. Szpulak, G. Statkiewicz , T. Martynkien, J. Olszewski, J. Wójcik, P. Mergo, M. Makara, T. Nasilowski, F. Berghmans, H. Thienpont, „Polarizing properties of photonic crystal fibers”, materiały konferencyjne IEEE: 8th International Conference on Transparent Optical Networks, Vol. 2 str. 59-63, 18.06-22.06.2006, Nottingham, Wielka Brytania.

	20% przeprowadzenie części pomiarów
A.23	G. Statkiewicz , M. Szpulak, T. Martynkien, W. Urbańczyk, J. Wójcik, M. Makara, P. Mergo, T. Nasilowski, F. Berghmans, H. Thienpont, "Polarizing photonic crystal fibers for different operation range", materiały konferencyjne SPIE: XV Czech-Polish-Slovak Optical Conference Wave and Quantum Aspects of Contemporary Optics, Vol. 6609 str. 2732-2735, 11-15.09.2006, Liberec, Czechy. 40% przeprowadzenie części pomiarów, analiza danych, przygotowanie manuskryptu
A.24	J. Wójcik, P. Mergo, M. Makara, K. Poturaj, T. Nasilowski, H. Thienpont, F. Berghmans, W. Urbańczyk, M. Szpulak, G. Statkiewicz , J. Olszewski, „High birefringent photonic crystal optical fiber for Bragg gratings inscriptions”, materiały konferencyjne SPIE: X Konferencja i Szkoła – Światłowody i ich zastosowania, Vol. 6608, str. 66080P, 4-7.10.2006, Krasnoblód. 5% przeprowadzenie części pomiarów
A.25	T. Nasilowski, G. Statkiewicz , M. Szpulak, J. Olszewski, G. Gołojuch, T. Martynkien, W. Urbańczyk, P. Mergo, M. Makara, J. Wójcik, J. Van Erps, J. Vlekken, Ch. Chojetzki, F. Berghmans, H. Thienpont, "Sensing applications of photonic crystal fibres", materiały konferencyjne SPIE: X Konferencja i Szkoła - Światłowody i ich zastosowania, Vol. 6608, str. 660802-16, 4-7.10.2006, Krasnoblód. 20% przeprowadzenie części pomiarów, analiza danych
A.26	P. Hlubina, D. Ciprian, J. Trojkova, G. Statkiewicz , T. Martynkien, W. Urbańczyk, "Interferometric techniques used to measure speciality optical fibers," materiały konferencyjne Symposium on Photonics Technologies for 7th Framework Program, str. 107-110, 12-14.10.2006, Wrocław. 15% przeprowadzenie części pomiarów
A.27	T. Martynkien, G. Statkiewicz , M. Szpulak, J. Olszewski, W. Urbańczyk, J. Wójcik, P. Mergo, M. Makara, T. Nasilowski, F. Berghmans, H. Thienpont, "Measurements of temperature sensitivity in index-guided highly birefringent photonic crystal fiber," materiały konferencyjne 18th International Optical Fiber Sensors Conference, paper ThE65, 23-27.10.2006, Cancun, Mexico. 15% przeprowadzenie części pomiarów, analiza danych
A.28	T. Nasilowski, G. Statkiewicz-Barabach , M. Szpulak, J. Olszewski, T. Martynkien, W. Urbańczyk, P. Mergo, M. Makara, J. Wójcik, J. Van Erps, J. Vlekken, Ch. Chojetzki, F. Berghmans, H. Thienpont, "Sensing properties of Bragg grating in highly birefringent and single mode photonic crystal fiber", materiały konferencyjne SPIE: Europe Optics and Optoelectronics, Vol. 6588, str. 65880I-1-65880I-10, 16 – 19.04.2007, Prague, Czechy. 15% przeprowadzenie części pomiarów, analiza danych
A.29	P. Hlubina, M. Szpulak, D. Ciprian, J. Trojková, G. Statkiewicz-Barabach , T. Martynkien, W. Urbańczyk, "Theoretical and experimental analysis of waveguiding in a two-mode birefringent holey fiber", materiały konferencyjne SPIE: Europe Optics and Optoelectronics, Vol. 6588, str. 65880K-1-65880K-9, 16-19.04.2007, Prague, Czechy. 15% przeprowadzenie części pomiarów
A.30	T. Martynkien, J. Olszewski, M. Szpulak, G. Gołojuch, G. Statkiewicz-Barabach , W. Urbańczyk, J. Wójcik, P. Mergo, M. Makara, T. Nasilowski, F. Berghmans, H. Thienpont, "Investigation of birefringence of the fundamental and the higher order modes in index guiding photonic crystal fiber", materiały konferencyjne SPIE: Europe Optics and Optoelectronics, Vol. 6588, str. 658810-1-658810-6, 16-19.04.2007, Prague, Czechy. 5% przeprowadzenie części pomiarów

A.31	P. Hlubina, D. Cyprian, J. Trojkova, G. Statkiewicz-Barabach , T. Martynkien, W. Urbańczyk, "Specialty optical fibers measured by interferometric techniques", materiały konferencyjne SPIE: Europe Optics and Optoelectronics, Vol. 6588, str. 658811-1 - 658811-7, 16 – 19.04.2007, Prague, Czechy. 10% przeprowadzenie części pomiarów
A.32	W. Urbańczyk, T. Martynkien, M. Szpulak, G. Statkiewicz-Barabach , J. Olszewski, G. Gołojuch, J. Wójcik, P. Mergo, M. Makara, T. Nasilowski, F. Berghmans, H. Thienpont, "Photonic crystal fibers: new opportunities for sensing," materiały konferencyjne SPIE: Third European Workshop on Optical Fiber Sensors, Vol. 6619, str. 66190G, 4 – 6.07.2007, Neapol, Włochy. 10% przeprowadzenie części pomiarów
A.33	T. Nasilowski, F. Berghmans, T. Geernaert, K. Chah, J. Van Erps, G. Statkiewicz-Barabach , M. Szpulak, J. Olszewski, G. Gołojuch, T. Martynkien, W. Urbańczyk, P. Mergo, M. Makara, J. Wójcik, Ch. Chojetzki, H. Thienpont, "Sensing with photonic crystal fibres," materiały konferencyjne IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing, str. 815-820, 3-5.10.2007, Alcalá de Henares, Hiszpania. 5% przeprowadzenie części pomiarów

5.2.3.3. Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JRC) po uzyskaniu stopnia doktora

	Praca	Impact Factor
B.1	T. Martynkien, M. Szpulak, G. Statkiewicz-Barabach , J. Olszewski, A. Anuszkiewicz, W. Urbańczyk, K. Schuster, J. Kobelke, A. Schwuchow, J. Kirchhof, H. Bartelt, "Birefringence in microstructure fiber with elliptical GeO ₂ highly doped inclusion in the core," Optics Letters 33 , 2764-2766 (2008). 10% przeprowadzenie części pomiarów	3.772
B.2	T. Geernaert, T. Nasilowski, K. Chah, M. Szpulak, J. Olszewski, G. Statkiewicz-Barabach , J. Wójcik, K. Poturaj, W. Urbańczyk, M. Becker, M. Rothhardt, H. Bartelt, F. Berghmans, H. Thienpont "Fiber Bragg gratings in germanium-doped highly birefringent microstructured optical fibers," IEEE Photonics Technology Letters 20 , 554-556 (2008). 5% przeprowadzenie części pomiarów	2.173
B.3	O. Frazão, S. O. Silva, J. M. Baptista, J. L. Santos, G. Statkiewicz-Barabach , W. Urbańczyk, J. Wójcik, "Simultaneous measurement of multiparameters using a Sagnac interferometer with polarization maintaining side-hole fiber," Applied Optics 47 , 4841-4848 (2008). 10% przeprowadzenie części pomiarów	1.763
B.4	T. Martynkien, A. Anuszkiewicz, G. Statkiewicz-Barabach , J. Olszewski, G. Gołojuch, M. Szczurowski, W. Urbańczyk, J. Wójcik, P. Mergo, M. Makara, T. Nasilowski, F. Berghmans, H. Thienpont, "Birefringent photonic crystal fibers with zero polarimetric sensitivity to temperature," Applied Physics B-Lasers and Optics 94 , 635-640 (2009). 5% przeprowadzenie części pomiarów	1.992
B.5	M. Szczurowski, T. Martynkien, G. Statkiewicz-Barabach , W. Urbańczyk, D. J. Webb, "Measurements of polarimetric sensitivity to hydrostatic pressure, strain and temperature in birefringent dual-core microstructured polymer fiber," Optics Express 18 , 12076-12087 (2010). 10% przeprowadzenie części pomiarów	3.753

B.6	M. Szczurowski, T. Martynkien, G. Statkiewicz-Barabach , W. Urbańczyk, L. Khan, D. J. Webb, "Measurements of stress-optic coefficient in polymer optical fibers," <i>Optics Letters</i> 35 , 2013-2015 (2010). 10% przeprowadzenie części pomiarów	3.318
B.7	T. Martynkien, G. Statkiewicz-Barabach , J. Olszewski, J. Wójcik, P. Mergo, T. Geernaert, C. Sonnenfeld, A. Anuszkiewicz, M. Szczurowski, K. Tarnowski, M. Makara, K. Skorupski, J. Klimek, K. Poturaj, W. Urbańczyk, T. Nasiałowski, F. Berghmans, H. Thienpont, „Highly birefringent microstructured fibers with enhanced sensitivity to hydrostatic pressure,” <i>Optics Express</i> 18 , 15113-15121 (2010). 5% przeprowadzenie części pomiarów	3.753
B.8	T. Tenderenda, K. Skorupski, M. Makara, G. Statkiewicz-Barabach , P. Mergo, P. Marc, L. R. Jaroszewicz, T. Nasiałowski, "Highly birefringent dual-mode microstructured fiber with enhanced polarimetric strain sensitivity of the second order mode," <i>Optics Express</i> 20 , 26996-27002 (2012). 10% przeprowadzenie części pomiarów	3.546
B.9	S. Sulejmani, C. Sonnenfeld, T. Geernaert, P. Mergo, M. Makara, K. Poturaj, K. Skorupski, T. Martynkien, G. Statkiewicz-Barabach , J. Olszewski, W. Urbańczyk, C. Caucheteur, K. Chah, P. Mégret, H. Terry, J. Van Roosbroeck, F. Berghmans, H. Thienpont, "Control over the pressure sensitivity of Bragg grating-based sensors in highly birefringent microstructured optical fibers," <i>IEEE Photonics Technology Letters</i> 24 , 527-529 (2012). 5% przeprowadzenie części pomiarów	2.038
B.10	J. P. Carvalho, A. Anuszkiewicz, G. Statkiewicz-Barabach , J. M. Baptista, O. Frazão, P. Mergo, J. L. Santos, W. Urbańczyk, "Long period gratings and rocking filters written with a CO2 laser in highly-birefringent boron-doped photonic crystal fibers for sensing applications," <i>Optics Communications</i> 285 , 264-268 (2012). 25% przeprowadzenie części pomiarów, analiza danych	1.438
B.11	J. Sacha, S. Barabach, G. Statkiewicz-Barabach , K. Sacha, A. Müller, J. Piskorski, P. Barthel, G. Schmidt, „How to select patients who will not benefit from ICD therapy by using heart rate and its variability?," <i>International Journal of Cardiology</i> 168 , 1655-1658 (2013). 5% analiza danych	6.175
B.12	J. Sacha, S. Barabach, G. Statkiewicz-Barabach , K. Sacha, A. Müller, J. Piskorski, P. Barthel, G. Schmidt, „How to strengthen or weaken the HRV dependence on heart rate - description of the method and its perspectives," <i>International Journal of Cardiology</i> 168 , 1660-1663 (2013). 5% analiza danych	6.175
B.13	J. Sacha, S. Barabach, G. Statkiewicz-Barabach , K. Sacha, A. Müller, J. Piskorski, P. Barthel, G. Schmidt, „Gender differences in the interaction between heart rate and its variability - how to use it to improve the prognostic power of heart rate variability," <i>International Journal of Cardiology</i> 171 , e42-e45 (2014). 5% analiza danych	4.036
B.14	D. Kowal, G. Statkiewicz-Barabach , P. Mergo, W. Urbańczyk, „Inscription of long period gratings using an ultraviolet laser beam in the diffusion-doped microstructured polymer optical fiber," <i>Applied Optics</i> 54 , 6327-6333 (2015). 20%	1.784

	analiza danych	
--	----------------	--

5.2.3.4. Publikacje konferencyjne po uzyskaniu stopnia doktora

B.15	W. Urbańczyk, T. Martynkien, M. Szpulak, G. Statkiewicz-Barabach , A. Anuszkiewicz, J. Olszewski, G. Gołojuch, M. Szczurowski, J. Wójcik, P. Mergo, M. Makara, T. Nasiłowski, F. Berghmans, H. Thienpont, "Photonic crystal fibers for sensing applications", materiały konferencyjne IEEE: Winter Topical Meeting Series, str. 196-197, 14-16.01.2008, Sorrento, Włochy. 15% przeprowadzenie części pomiarów, analiza danych
B.16	G. Statkiewicz-Barabach , A. Van Hoeken, M. Mikołajczyk, W. Urbańczyk, "Measurement of the chromatic dispersion in birefringent microstructured fibers by spectral interferometry", materiały konferencyjne SPIE: XI Konferencja - Światłowody i ich zastosowania, Vol. 7120, str. 71200B, 31.01-2.02.2008, Białowieża. 85% przeprowadzenie pomiarów, analiza danych, przygotowanie manuskryptu
B.17	A. Anuszkiewicz, G. Statkiewicz-Barabach , T. Martynkien, W. Urbańczyk, P. Mergo, M. Makara, J. Wójcik, "Measurement of modal birefringence and temperature sensitivity of birefringent holey fibers", materiały konferencyjne SPIE: XI Konferencja - Światłowody i ich zastosowania, Vol. 7120, str. 71200A, 31.01-2.02.2008, Białowieża. 30% przeprowadzenie części pomiarów, analiza danych
B.18	T. Martynkien, A. Anuszkiewicz, G. Statkiewicz-Barabach , W. Urbańczyk, J. Wójcik, P. Mergo, M. Makara, T. Nasiłowski, H. Terry, F. Berghmans, H. Thienpont, "Highly birefringent holey fibers with zero polarimetric sensitivity to temperature", materiały konferencyjne SPIE: Photonic Europe: Photonic Crystal Fibers II, Vol. 6990, str. 699011-1-699011-5, 9-10.04.2008, Strasbourg, Francja. 15% przeprowadzenie części pomiarów
B.19	G. Statkiewicz-Barabach , A. Anuszkiewicz, W. Urbańczyk, J. Wójcik, "Rocking filters fabricated in birefringent photonic crystal fiber", materiały konferencyjne SPIE: 16th Polish-Slovak-Czech Optical Conference on Wave and Quantum Aspects of Contemporary Optics, Vol. 7141, str. 71410I, 8-12.09.2008, Polanica Zdrój. 60% przeprowadzenie części pomiarów, analiza danych, przygotowanie manuskryptu
B.20	T. Martynkien, G. Statkiewicz-Barabach , W. Urbańczyk, J. Wójcik, "Highly birefringent microstructured fibers for sensing applications", materiały konferencyjne SPIE: 16th Polish-Slovak-Czech Optical Conference on Wave and Quantum Aspects of Contemporary Optics, Vol. 7141, str. 714108, 8-12.09.2008, Polanica Zdrój. 35% przeprowadzenie części pomiarów, analiza danych
B.21	G. Gołojuch, G. Statkiewicz-Barabach , M. Szpulak, J. Olszewski, T. Martynkien, W. Urbańczyk, J. Wójcik, P. Mergo, M. Makara, T. Nasiłowski, F. Berghmans, H. Thienpont, "Polarizing photonic crystal fiber with boron doped inclusion in the core", materiały konferencyjne MOC '08: Technical Digest of the Fourteenth Microoptics Conference, str. 328-329, 25-27.09.2008, Brussels, Belgia. 35% przeprowadzenie części pomiarów, analiza danych
B.22	M. Kadulová, P. Hlubina, D. Ciprian, G. Statkiewicz-Barabach , W. Urbańczyk, J. Wójcik, "Birefringence dispersion in elliptical-core fibers measured over a broad wavelength range by interferometric techniques", materiały konferencyjne SPIE: Optics + Optoelectronics, Photonic Crystal Fibers III, Vol. 7357, str. 73570C, 20-23.04.2009, Prague, Czechy. 15% przeprowadzenie części pomiarów, analiza danych

B.23	P. Hlubina, D. Ciprian, M. Kadulova, G. Statkiewicz-Barabach , W. Urbańczyk, "Broadband measurement of dispersion in a two-mode birefringent holey fiber by spectral interferometric techniques", materiały konferencyjne SPIE: Optics+Optoelectronics, Photonic Crystal Fibers III, Vol. 7357, str. 73570A, 20-23.04.2009, Prague, Czechy. 15% przeprowadzenie części pomiarów, analiza danych
B.24	J. P. Carvalho, G. Statkiewicz-Barabach , A. Anuszkiewicz, J. M. Baptista, O. Frazão, J. Wójcik, J. L. Santos, W. Urbańczyk, "Sensing characteristics of long period gratings and rocking filters based on highly birefringent boron-doped photonic crystal fibre fabricated by a CO ₂ laser", materiały konferencyjne SPIE: Photonics Europe, Photonic crystal fibers IV, Vol. 7714 str. 771403-1 - 771403-9, 12-16.04.2010. Brussels, Belgia. 35% przeprowadzenie części pomiarów, analiza danych
B.25	M. Szczurowski, T. Martynkien, G. Statkiewicz-Barabach , L. Khan, D. J Webb, Ch. Ye, J. Dulieu-Barton, W. Urbańczyk, "Measurements of stress-optic coefficient and Young's modulus in PMMA fibers drawn under different conditions", materiały konferencyjne SPIE: Photonics Europe, Photonic crystal fibers IV, Vol. 7714, str. 77140G-1 - 77140G-8, 12-16.04.2010, Brussels, Belgia. 15% przeprowadzenie części pomiarów
B.26	A. Anuszkiewicz, G. Statkiewicz-Barabach , J. Wójcik, W. Urbańczyk, "Rocking filter in microstructured birefringent fiber for hydrostatic pressure measurements", materiały konferencyjne SPIE: Optics & Photonics, Vol. 7781, str. 77810R, 1-5.08.2010, San Diego, USA. 35% przeprowadzenie części pomiarów, analiza danych
B.27	M. Szczurowski, T. Martynkien, G. Statkiewicz-Barabach , W. Urbańczyk, D. J. Webb, "Polarimetric sensitivity to hydrostatic pressure and temperature in birefringent dual-core microstructured polymer fiber", materiały konferencyjne SPIE: Fourth European Workshop on Optical Fibre Sensors, Vol. 7653, str. 76530D-1 - 76530D-4, 8-10.09.2010, Porto, Portugalia. 15% przeprowadzenie części pomiarów
B.28	G. Statkiewicz-Barabach , J. P. Carvalho, O. Frazão, J. Olszewski, P. Mergo, J. L. Santos, W. Urbańczyk, "Modal interferometric sensor based in a birefringent boron-doped microstructured fiber", materiały konferencyjne SPIE: International Conference on Applications of Optics and Photonics, Vol. 8001, str. 80011K-1 - 80011K-6, 3-7.05.2011, Braga, Portugalia. 50% przeprowadzenie części pomiarów, analiza danych, przygotowanie manuskryptu
B.29	T. Nasiłowski, K. Skorupski, M. Makara, G. Statkiewicz-Barabach , P. Mergo, P. Marc, L. Jaroszewicz, "Very high polarimetric sensitivity to strain of second order mode of highly birefringent microstructured fibre", materiały konferencyjne SPIE: 21st International Conference on Optical Fiber Sensors, Vol. 7753, str. 775330-1 - 775330-4, 15-19.05.2011, Ottawa, Kanada. 15% przeprowadzenie części pomiarów
B.30	A. Anuszkiewicz, G. Statkiewicz-Barabach , T. Borsukowski, J. Olszewski, T. Martynkien, D. Kowal, W. Urbańczyk, P. Mergo, M. Makara, K. Poturaj, T. Geernaert, F. Berghmans, H. Thienpont, "Rocking filter in microstructured fiber for high resolution hydrostatic pressure measurements", materiały konferencyjne SPIE: 22nd International Conference on Optical Fiber Sensors, OFS-22, Vol. 8421, str. 84210W-1 - 84210W-4, 15-19.10.2012, Beijing, Chiny. 25% przeprowadzenie części pomiarów, analiza danych
B.31	G. Statkiewicz-Barabach , D. Kowal, P. Mergo, W. Urbańczyk, "Fabrication of higher order Bragg gratings in microstructured polymer fibers", materiały konferencyjne SPIE: Fifth European Workshop on Optical Fibre Sensors, Vol. 8794, str. 879403-1 - 879403-4, 19-22.05.2013, Kraków. 75% przeprowadzenie pomiarów, analiza danych, przygotowanie manuskryptu

B.32	G. Statkiewicz-Barabach , D. Kowal, P. Mergo, W. Urbanczyk, "Experimental investigation of growth dynamics of higher order Bragg gratings in polymer fibers," materiały konferencyjne 22nd International Conference on Plastic Optical Fibers, POF 2013, str. 5-8, 11-13.09.2013, Buzios, Brazylia. 80% przeprowadzenie pomiarów, analiza danych, przygotowanie manuskryptu
------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5.3. Wynalazki oraz wzory użytkowe i przemysłowe, które uzyskały ochronę i zostały wystawione na międzynarodowych lub krajowych wystawach lub targach

C.1	G. Statkiewicz-Barabach , A. Anuszkiewicz, W. Urbańczyk, J. Wójcik, Patent. Polska, nr 217208. Sposób pomiaru wielkości fizycznych i czujnik fotoniczny do pomiaru wielkości fizycznych : Int.Cl. G01D 5/353, G01L 11/02, G01B 11/16. Zgłoszenie nr 385819 z 05.08.2008. Opubl. 30.06.2014. 40% przeprowadzenie części pomiarów, analiza danych, przygotowanie zgłoszenia patentowego
-----	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5.4. Kierowanie międzynarodowymi i krajowymi projektami badawczymi oraz udział w takich projektach

Lp.	Rodzaj projektu	Tytuł projektu	Okres realizacji	Udział w projekcie
1.	Grant badawczy MNiSW, Iuventus plus, (IP2014 044573) Kierownik: dr G.Statkiewicz-Barabach	Wewnątrzświatłowodowe interferometry międzymodowe w krzemionkowych i polimerowych światłowodach mikrostrukturalnych do zastosowań pomiarowych	2015-2017	Kierownik
2.	Program współpracy dwustronnej MNiSW z Portugalią	Bragg and long period gratings in polymer fibers for sensing applications	2015-2017	Koordynator strony polskiej
3.	POIG 01.01.02-02-002/08 finansowany ze środków UE w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka Kierownik: prof. W. Urbańczyk	Wykorzystanie nanotechnologii w nowoczesnych materiałach- Polimerowe światłowody mikrostrukturalne	2011-2014	Wykonawca
4.	Program współpracy dwustronnej MNiSW z Portugalią	Novel microstructured fiber for sensing applications	2008-2010	Wykonawca
5.	Grant MNiSW N N505 560439 Kierownik: prof. W. Urbańczyk	Siatki długookresowe w światłowodach fotonicznych do zastosowań metrologicznych	2010-2013	Wykonawca
6.	7PR-siódmy program ramowy UE Kontrakt nr 224058 Kierownik: prof. W. Urbańczyk	Photonic Skins for Optical Sensing PHOSFOS	2008-2011	Wykonawca
7.	Cooperation in Science and Technology COST, Action 299 Kierownik: prof. W. Urbańczyk	Optical Fibres for New Challenges Facing the Information Society	2008-2010	Wykonawca

8.	6PR-szósty program ramowy UE Network of Excellence for Micro-Optics (Sieć doskonałości w mikrooptyce NEMO Kierownik: prof. W. Urbańczyk	Network of Excellence for Micro-Optics NEMO	2004-2009	Wykonawca
9.	Cooperation in Science and Technology COST, Action P11 Kierownik: prof. W. Urbańczyk	Physics of linear, non-linear and active photonics crystals - Birefringent and polarizing photonic crystal fibers for applications in optical metrology	2005-2007	Wykonawca
10.	grantKBN PB Nr 2 P03B 024 24 Kierownik: prof. W. Urbańczyk	Światłowody mikrostrukturalne do zastosowań pomiarowych	2003-2006	Wykonawca
11.	Program współpracy dwustronnej MNiSW z Republiką Czeską	Characterization, modeling and applications of photonic crystal fibers 2 umowy	2004-2007	Wykonawca
12.	Program współpracy dwustronnej MNiSW z Flandrią (Belgia)	Micro-optics structures for applications in photonics 2 umowy	2004-2007	Wykonawca

5.5. Międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność naukową

1. Nagroda MNiSW dla Wybitnych Młodych Naukowców, 2012-2015.
2. Nagroda za najlepszą pracę (prezentacja ustna) podczas konferencji 22nd International Conference on Plastic Fibers (POF2013), Buzios, Brazylia, 2013.
3. Stypendium „Młoda Kadra 2015 Plus” w ramach unijnego programu operacyjnego Kapitał Ludzki, 2011-2012.
4. Stypendium w ramach subsydium MISTRZ Fundacji na rzecz Nauki Polskiej dla prof. Wacława Urbańczyka, 2010-2012.
5. Stypendium Naukowe POKL (Młoda Kadra, II i III edycja), Politechnika Wroclawska, 2010-2011.
6. Nagroda START Fundacji na rzecz Nauki Polskiej, 2010.
7. Nagroda Rektora Politechniki Wroclawskiej za rozprawę doktorską, "Badania eksperymentalne światłowodów mikrostrukturalnych do zastosowań pomiarowych", 2008.
8. Wyróżnienie pracy doktorskiej przez Radę Naukowa Instytutu Fizyki PW, 2007.
9. Stypendium w ramach programu: Zintegrowany Program Operacyjny Rozwoju Regionalnego (ZPORR)-Stypendia dla najlepszych doktorantów Politechniki Wroclawskiej, 2006-2007.

5.6. Wygłoszenie referatów na międzynarodowych i krajowych konferencjach tematycznych

1. *Pomiary właściwości fotonicznego włókna dwójłomnego z eliptycznym rdzeniem*, prezentacja na Kongresie Metrologii, 6–9.09.2004, Wrocław.
2. *Pomiary dwójłomności modowej włókien fotonicznych*, prezentacja na II Konferencji Naukowej Studentów Politechniki Wrocławskiej, 17–18.05.2004, Wrocław.
3. *Polarizing photonic crystal fibers for different operation range*, prezentacja na 15th Czech-Polish-Slovak Optical Conference Wave and Quantum Aspects of Contemporary Optics, 11-15.09.2006, Liberec, Czech Republic.
4. *Rocking filters fabricated in birefringent photonic crystal fiber*, prezentacja na 16th Polish-Slovak-Czech Optical Conference on Wave and Quantum Aspects of Contemporary Optics, 8-12.09.2008, PolanicaZdrój.
5. *Broadband microstructured fiber polarizer*, prezentacja na spotkaniu w ramach europejskiego projektu: NEMO's General Scientific Networking Meeting and Access Meeting, 11-12.05.2009, Wrocław.
6. *Właściwości siatek długookresowych typu „rocking filter” zapisanych w światłowodach mikrostrukturalnych*, prezentacja na konferencji PKO2009, Polska Konferencja Optyczna, 27.06-1.07.2009, Będlewo.
7. *Gratings in polimer fibers*, prezentacja na konferencji XIV Krajowa Konferencja Światłowody i ich zastosowanie, 8-12.10.2012, Nałęczów.
8. *Fabrication of Bragg gratings in standard and microstructured polymer fibers doped with different photosensitive compounds*, prezentacja na 19th Polish-Slovak-Czech Optical Conference on Wave and Quantum Aspects of Contemporary Optics, 8-12.09.2014, Wojanów.
9. *Experimental investigation of growth dynamics of higher order Bragg gratings in polymer fibers*, prezentacja na 22nd International Conference on Plastic Optical Fibers, POF 2013, Buzios, Brazylia.
10. *Experimental investigation of Bragg gratings growth dynamics in polymer fibers of different types*, prezentacja na konferencji SPIE Optics+Optoelectronics 2015, 13-16.04.2015, Praga, Czechy.

6. Dorobek dydaktyczny i popularyzatorski oraz informacja o współpracy międzynarodowej habilitanta

6.1. Udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych

1. Spotkanie członków sieci COST Action 299, Wrocław, 9-11.09.2009, członek komitetu organizacyjnego.
2. Spotkanie europejskiej sieci doskonałości NEMO's General Scientific Networking Meeting and Access Meeting, Wrocław, 11-12.05.2009, członek komitetu organizacyjnego.

3. 16th Polish-Slovak-Czech Optical Conference on Wave and Quantum Aspects of Contemporary Optics, Polanica Zdrój, 8-12.09.2008, członek komitetu organizacyjnego.
4. Sympozyjum OPERA: Symposium on Photonics Technologies for the 7th Framework Programme, Wrocław, 12-14.10.2006; członek komitetu organizacyjnego.

6.2. Członkostwo w międzynarodowych i krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych

1. Członek OSA, od 2010.
2. Wiceprezes SPIE Student Chapter w PWr, 2006-2007.
3. Członek SPIE, 2005-2007.

6.3. Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki

1. Reprezentacja Instytutu Fizyki Wydziału PPT w targach edukacyjnych TARED (2004, 2006).
2. Udział w Dolnośląskim Festiwalu Nauki (2004,2006,2010).
3. Udział w Wielkim Festynie Fizycznym (2005).
4. Popularyzacja kierunków studiów na Wydziale PPT – seminarium w LO (2006), Dni Otwarte (2012).
5. Popularyzacja fizyki w szkołach podstawowych – pokazy fizyki (2007).
6. Działalność dydaktyczna promująca nauki przyrodnicze wśród dzieci i młodzieży szkolnej (2007, 20011, 2012).
7. Działalność w kole naukowym SPIE Student Chapter Wrocław (2003-2007), jako wiceprezes (2006-2007)
8. Zajęcia dydaktyczne: ćwiczenia (Fizyka 1), laboratorium (Fizyka 2, Optyka Fizyczna, Podstawy Optyki Fizycznej, Optyka Inżynierska, Pomiary Optyczne, Światłowody, Technologie Optyczne), prace dyplomowe, projekty inżynierskie.
9. Przygotowanie i uruchomienie nowych kursów: Optyka Inżynierska (laboratorium) i Podstawy Optyki Fizycznej (laboratorium) oraz opracowanie instrukcji i uruchomienie ćwiczeń do zajęć laboratoryjnych z Optyki Inżynierskiej i Podstaw Optyki Fizycznej. Kierownik Laboratorium Pomiarów Optycznych i Technologii Optycznych.
10. Wygłoszenie wykładu na szkole: Summer AOP 2012 - Summer School on Recent Advances in Optics and Photonics, 27-29.06.2012, Porto, Portugal, tytuł wykładu: "*Fiber long period gratings and rocking filters: characteristics and applications*".

6.4. Opieka naukowa nad studentami

Opiekun 3 prac magisterskich i 7 prac inżynierskich w latach 2010-2015.

6.5. Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze opiekuna naukowego lub promotora pomocniczego

Mgr inż. Dominik Kowal, promotor prof. Wacław Urbańczyk (2012-2016), tytuł rozprawy: *Struktury periodyczne w światłowodach polimerowych*, WPPT Politechnika Wrocławska (promotor pomocniczy).

6.6. Staże w zagranicznych i krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich

1. IX–X. 2009–INESC Institute for Systems and Computer Engineering, Porto, Portugalia.
2. X. 2008 – Department of Physics, Technical University Ostrava, Czechy.
3. VI–VIII.2008– Department of Applied Physics and Photonics, Vrije Universiteit Brussel, Belgia.
4. X.2007. – Department of Physics, Technical University Ostrava, Czechy.
5. XI.2006. – Department of Physics, Technical University Ostrava, Czechy.
6. V–VII.2006– Department of Applied Physics and Photonics, Vrije Universiteit Brussel, Belgia.
7. III – V, IX.2005– Department of Applied Physics and Photonics, Vrije Universiteit Brussel, Belgia.

6.7. Recenzowanie projektów międzynarodowych i krajowych

Recenzja 2 wniosków do Programu Ventures Fundacji na rzecz Nauki Polskiej, 2010-2011.

6.8. Recenzowanie publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych

Recenzja około 10 publikacji w czasopismach naukowych:

1. Optics Letters
2. Optics Express
3. Applied Optics
4. Optica Applicata
5. Review of Scientific Instruments
6. Sensors&Actuators: B Chemical
7. Journal of Electromagnetic Waves and Applications

6.9. Współpraca z krajowymi i międzynarodowymi ośrodkami badawczymi

1. Zakład Technologii Światłowodów Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, okres współpracy: od 2003, rodzaj współpracy: wspólne publikacje, patenty.
2. Technical University Ostrava, Department of Physics (Ostrava, Czechy), okres współpracy: od 2006, rodzaj współpracy: staże krótkoterminowe, wspólne publikacje.
3. Vrije Universiteit Brussel, Department of Applied Physics and Photonics (Bruksela, Belgia), okres współpracy: od 2004, rodzaj współpracy: staże krótkoterminowe, wspólne publikacje.
4. INESC (Porto, Portugalia), okres współpracy: od 2008, rodzaj współpracy: staż krótkoterminowy, wspólne publikacje.
5. IPHT, Institute of Photonic Technology (Jena, Niemcy), okres współpracy: od 2007, rodzaj współpracy: wspólne publikacje.
6. Photonics Research Group, Aston University (Birmingham, UK), okres współpracy: od 2009, rodzaj współpracy: wspólne publikacje.
7. Odział Kardiologii Wojewódzkiego Centrum Medycznego w Opolu, okres współpracy: od 2010, rodzaj współpracy: wspólne publikacje, prezentacje na konferencjach.