

# Autoreferat

na temat dorobku i osiągnięć naukowo-badawczych

**Marcin Kowalczyk**

Politechnika Warszawska

Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych

Instytut Telekomunikacji

# Autoreferat

## 1. Imię i nazwisko: Marcin Kowalczyk

## 2. Posiadane stopnie naukowe - z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytuł rozprawy doktorskiej

- Doktor nauk technicznych (z wyróżnieniem) w dziedzinie Telekomunikacja, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych  
Tytuł rozprawy: *Transmisja poza pasmem podstawowym w światłowodzie wielomodowym*, rok 2010  
Promotor: prof. dr hab. inż. Jerzy Siuzdak  
Recenzenci pracy: prof. dr hab. inż. Krzysztof M. Abramski (Politechnika Wroclawska) oraz dr hab. inż. Andrzej Kowalski (Politechnika Warszawska)
- Magister inżynier w specjalności Telekomunikacja, Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki  
Tytuł pracy dyplomowej: *Rozkłady natężenia modów światłowodu dwuskokowego typu W domieszkowanego 3,1 M% GeO<sub>2</sub> w rdzeniu oraz 1 M% F w płaszczu*, rok 2006

## 3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

Lata	Miejsce
2011- obecnie	Politechnika Warszawska Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych Instytut Telekomunikacji - adiunkt (pełny etat) – od 15.02.2013 - adiunkt (0,5 etatu) – od 15.02.2011
2007-2011	Studia III stopnia Politechnika Warszawska Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych Instytut Telekomunikacji

## 4. Działalność naukowo-dydaktyczna

Dziedziną moich zainteresowań naukowych jest Telekomunikacja. Jednym z najważniejszych obszarów badań naukowych podejmowanych przeze mnie po uzyskaniu tytułu doktora nauk technicznych w r. 2010 są badania w zakresie możliwości zwiększenia potencjału systemów transmisji optycznej krótkiego zasięgu, zarówno systemów transmisji bezprzewodowej, jak i przewodowej na bazie światłowodów wielomodowych. W szczególności przy wykorzystaniu do tego celu wielokanałowej techniki MIMO (ang. *Multiple Input Multiple Output*). Efektem prowadzonych przeze mnie w tym obszarze dociekań naukowych jest m.in. szereg publikacji naukowych oraz prezentacji i komunikatów na konferencjach krajowych

i międzynarodowych, jak też monografia naukowa, która została poświęcona szerszej analizie tegoż zagadnienia.

#### **4.1 Przebieg pracy naukowo-badawczej przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych**

Po ukończeniu w 2001 roku z wyróżnieniem 5-letniego Technikum Elektroniczno-Informatycznego w Zespole Szkół Mechanicznych w Busku Zdroju rozpocząłem studia na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach, rozwijając swoje zainteresowania naukowe na specjalnościach Telekomunikacja oraz równolegle Automatyka i Informatyka. W okresie studiów byłem m.in. aktywnym członkiem (w tym również pełnienie funkcji przewodniczącego i zastępcy przewodniczącego) Koła Naukowego „Foton”. Wynikiem tego były zarówno pierwsze publikacje, jak też m.in. udział w pracach Komitetów Organizacyjnych międzynarodowych konferencji dla studentów i młodych pracowników nauki – *Telekomunikacja w XXI w.*, Kielce-Wólka Milanowska. Do istotnych osiągnięć z tego okresu zaliczam również m.in. bycie dwukrotnie laureatem Nagrody Ministra Edukacji Narodowej i Sportu.

Po uzyskaniu tytułu magistra inżyniera w 2007 r. rozpocząłem studia III stopnia na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej w Instytucie Telekomunikacji, uzyskując uchwałą Rady tegoż Wydziału w dn. 14.12.2010 z wyróżnieniem tytuł doktora w dziedzinie nauk technicznych w kierunku Telekomunikacja na podstawie dysertacji „*Transmisja poza pasmem podstawowym światłowodu wielomodowego*”. Promotor pracy: prof. dr hab. inż. Jerzy Siuzdak, recenzenci: prof. dr hab. inż. Krzysztof M. Abramski (Politechnika Wrocławska) oraz dr hab. inż. Andrzej Kowalski (Politechnika Warszawska). W tym okresie moje zainteresowania badawcze dotyczyły możliwości zwiększenia potencjału informacyjnego wielomodowych sieci światłowodowych na drodze organizacji dodatkowych kanałów transmisji poza tzw. pasmem podstawowym światłowodu wielomodowego, przy wykorzystaniu do tego celu techniki zwielokrotnienia podnośnych SCM (ang. *Subcarrier Multiplexing*). Wynikiem realizowanych przeze mnie w tym okresie prac badawczych, w tym również jako wiodący wykonawca grantu KBN „*Zwiększenie przepustowości binarnej światłowodów wielomodowych poprzez zastosowanie zwielokrotnienia podnośnych SCM*”, kierownik dr hab. A Kowalski, były m.in. trzy publikacje w czasopiśmie z tzw. listy JCR [1-3], jak też szereg nagród, w tym m.in. 3-cia nagroda dla młodego autora na Krajowym Sympozjum Telekomunikacji i Teleinformatyki w 2009 r., Stypendium Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej, Zespołowa Nagroda Rektora 1-wszego stopnia za osiągnięcia naukowe w latach 2008-2009 (wraz z J. Siuzdak, L. Maksymiuk oraz G. Stępnia) oraz Indywidualna Nagroda Rektora 2-go stopnia za osiągnięcia naukowe w latach 2009-2010. Do największych osiągnięć z tego okresu zaliczam m.in. opracowanie oraz przebadanie autorskiego systemu transmisji SCM poza pasmem podstawowym światłowodu MM z automatycznym doбором częstotliwości podnośnej [1], opracowanie wielokanałowego systemu transmisji sygnałów TV, działającego poza pasmem podstawowym MMF (ang. *Multimode Fibre*) [2], oraz identyfikację zjawiska niestabilności charakterystyki przenoszenia światłowodu wielomodowego poza jego pasmem podstawowym w przypadku stosowania koherentnych źródeł światła [3].

## 4.2 Przebieg pracy naukowo-badawczej po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych rozpocząłem w r. 2011 pracę akademicką na stanowisku adiunkt naukowo-dydaktyczny, początkowo na 0,5 etatu, a od r. 2013 w pełnym wymiarze. W pierwszym okresie pracy moje zainteresowania badawcze dalej skupione były w obszarze zwiększenia potencjału wielomodowych sieci światłowodowych na bazie wykorzystania możliwości organizacji dodatkowych kanałów transmisji poza 3dB-owym pasmem podstawowym MMF przy wykorzystaniu do tego celu zaawansowanych formatów modulacji oraz technik korekcji po stronie odbiornika [4]. Zainteresowania te ewoluowały w kierunku wykorzystania do tego celu znanej z transmisji radiowej techniki MIMO. Wynikiem prowadzonych przeze mnie prac naukowych w tym okresie były m.in. eksperymentalne systemy transmisji tego typu, działające poza pasmem podstawowym MMF, które określa się obecnie mianem systemów transmisji RSC-MIMO (ang. *Radio-Subcarrier MIMO*). Jestem pomysłodawcą, jak i realizatorem kilku prototypowych systemów tego typów, w tym również systemu o czterech kanałach, działającego w czasie rzeczywistym [5,6], oraz systemu o dwóch kanałach o dużej przepływności [7-9]. Prowadzone przeze mnie badania nad możliwością wykorzystania techniki wielu kanałów MIMO w optycznych systemach krótkiego zasięgu miały swoją kontynuację w kolejnych latach zarówno w odniesieniu do systemów transmisji na bazie światłowodów wielomodowych, dla których prowadzenie takiej transmisji odbywało się w zakresie ich pasma podstawowego, tzw. systemy MGDM-MIMO (ang. *Mode Group Dispersive Multiplexing - MIMO*) [10], jak też systemów hybrydowych łączących w sobie możliwości systemów transmisji radiowej i optycznej. W tym systemów transmisji RoF (ang. *Radio over Fibre*) przenoszących sygnały radiowe w standardzie IEEE 802.11n. W kontekście tych pierwszych zaproponowałem m.in. możliwość wykorzystania do tego celu tanich laserów VCSEL (ang. *Vertical Cavity Surface Emitting Laser*) przy wykorzystaniu klasycznych sprzęgaczy optycznych jako mechanizmu sprzęgania sygnałów świetlnych do światłowodu MM. Pozwala to uzyskać znaczącą redukcję kosztów realizacji tego typu transmisji. Na przestrzeni ostatnich trzech lat moje zainteresowania naukowe dotyczące możliwości wykorzystania techniki MIMO na gruncie transmisji optycznej krótkiego zasięgu skierowałem w stronę systemów transmisji bezprzewodowej. W tym okresie opracowałem, jak też przebadłem m.in. prototypowy system transmisji eksperymentalnej VLC-MIMO (ang. *Visible Light Communication*), wykorzystujący diody LED w podwójnej roli, tj. zarówno nadajników, jak też odbiorników [11]. Realizacja tego projektu została poprzedzona przeze mnie badaniami właściwości diod LED jako fotodetektorów, a tym samym możliwości ich stosowanie w tej roli w systemach transmisji VLC [12-14]. Wynikiem tych prac było m.in. wyselekcjonowanie grupy ultra jasnych diod HBLED (ang. *High Brightness LED*) najlepiej rokujących pod względem ich przydatności w takiej podwójnej roli, jak też określenie możliwych do osiągnięcia z ich udziałem charakterystyk, takich jak ich czułość, wartość prądu ciemnego oraz pasmo modulacji w funkcji wartości wstecznego napięcia polaryzacji. Należy podkreślić dużą wartość użytkową uzyskanych wyników. Wyniki te wskazują bowiem na możliwość realizacji tanich systemów transmisji dla rozwiązań takich jak Internet Rzeczy, dają też nadzieję na realizację w przyszłości „naturalnego” kanału zwrotnego w systemach transmisji VLC. Zapewnienie tego ostatniego stanowi jeden z największych problemów, który musi zostać rozwiązany, jeżeli systemy te mają w przyszłości odgrywać istotną rolę na rynku systemów transmisji bezprzewodowej. Uzyskane na tym polu wyniki posłużyły też do opracowania eksperymentalnych systemów transmisji jednokanałowej [15], w tym również systemu pracującego z przepływnością powyżej 100 Mbit/s [16]. Wiele wyników moich prac

badawczych z tego okresu zostało opublikowanych w liczących się czasopismach naukowych, w tym również z tzw. listy JCR (*IEEE Photonics Technology Letters*, *Journal of Optical Communications and Networking*, *Opto-Electronic Review*). W tym okresie zrealizowałem również projekt, którego celem było potwierdzenie możliwości realizacji transmisji wielokanałowej w tzw. systemach transmisji OCC (ang. *Optical Camera Communication*) [17]. W systemach tego typu jako odbiorniki wykorzystuje się kamery CCD lub CMOS, które są montowane m.in. w urządzeniach powszechnego użytku, co czyni takie podejście bardzo atrakcyjnym dla użytkownika końcowego.

W okresie pracy po doktoracie realizowałem zarówno własne projekty badawcze, w ramach tzw. małych grantów dla młodych naukowców, jak też uczestniczyłem w dużych projektach naukowych pod auspicjami m.in. Narodowego Centrum Nauki w roli wykonawcy lub głównego wykonawcy. W wielu tych projektach wykorzystanie techniki MIMO na gruncie transmisji optycznej było istotnym elementem badań, aczkolwiek w wielu z nich prowadzone przeze mnie badania szły daleko dalej. Badania te dotyczyły m.in. takich zagadnień jak: możliwość przesyłania sygnałów video w systemach transmisji RoF na bazie pasywnych sieci wielomodowych [18], możliwości redukcji wpływu obecności optycznego szumu zdudniania OBI (ang. *Optical Beat Interference*) w pasywnych sieciach RoF [19], opracowanie taniej jednostki anteny wyniesionej RAU (ang. *Remote Antena Unit*) zasilanej zdalnie na drodze optycznej [20]. W swoich badaniach zajmowałem się również możliwościami przekształcania urządzeń typu smartfony w przydatne urządzenia pomiarowe. Ostatni okres mojej działalności badawczej dotyczy w głównej mierze modelowania zjawisk i charakterystyk optycznych kanałów dla transmisji bezprzewodowej VLC wewnątrz pomieszczeń, oraz realizacji badań nad wpływem nieliniowości dynamicznych diod LED na możliwości realizacji transmisji VLC w pomieszczeniach zamkniętych.

Wyrazem uznania dla prowadzonych przeze mnie badań były m.in. liczne nagrody, w tym m.in. trzykrotnie nagroda zespołowa Rektora za osiągnięcia naukowe oraz 1-wsza nagroda dla młodego uczestników KSTiT, Kraków 2015. Miałem też przyjemność prezentować wyniki swoich prac naukowych w formie wykładów zapraszanych. Od wielu lat jestem członkiem Polskiego Stowarzyszenia Fotonicznego. Uczestniczę też aktywnie w wielu konferencjach naukowych, zarówno krajowych, jak też zagranicznych. W swoich badaniach zajmuje się również obszarem zastosowań systemów uczenia maszynowego, sztucznej inteligencji oraz baz danych.

### ***Bibliografia:***

- [1] **M. Kowalczyk**, J. Siuzdak, SCM Transmission in MM Fiber with Automatic Selection of the Subcarrier Frequency, *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 41(5), ss. 1212-1214, 2009, DOI:10.1002/mop.24277
- [2] **M. Kowalczyk**, J. Siuzdak, Multi-Channel AM Video Transmission Beyond The Baseband of Multimode Fiber, *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 52(2), pp. 435-438, 2010, DOI:10.1002/mop
- [3] J. Siuzdak, G. Stępnia, **M. Kowalczyk**, Ł. Maksymiuk, Instability of the Multimode Fiber Frequency Response Beyond the Baseband for Coherent Sources, *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 21(14), pp. 993-995, 2009, DOI: 10.1109/LPT.2009.2021572
- [4] **M. Kowalczyk**, A spectral effective transmission beyond a baseband of the multimode fiber, *Proceedings of Photonic Global Conference / Huang Ying, Yoo Seongwoo (red. ), Singapoure, IEEE, ISBN 978-1-4673-2516-5, pp. 1-7, 2012*

- [5] **M. Kowalczyk**, J. Siuzdak, Four-channel incoherent MIMO transmission over 4.4-km MM fiber, *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 53(3), pp. 502-506, 2011, DOI:10.1002/mop.25791
- [6] J. Siuzdak, **M. Kowalczyk**, Two- And Four-Channel-Incoherent Multiple Input Multiple Output System Operating Over Multimode Fiber, *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 54(4), pp. 940-943, 2012, DOI:10.1002/mop.26680
- [7] **M. Kowalczyk**, J. Siuzdak, 800 Mbit/s (2x400 Mbit/s) 2-Channel Incoherent MIMO Transmission over a OM2 Grade Multimode Fiber, Proceedings of *3rd IEEE International Conference on Photonics 2012 / Zufadzli Yusoff* (red. ), IEEE Photonics Society, Malaysia, ISBN 978-1-4673-1463-3, pp. 377-380, 2012
- [8] **M. Kowalczyk**, J. Siuzdak, 400 Mbit/s (2x200 Mbit/s) 2-channel multiple input multiple output (MIMO) transmission over a 50  $\mu\text{m}$  core multimode fiber, *Optica Applicata*, vol. 43(2), pp. 279-286, 2013, DOI:10.5277/oa130208
- [9] **M. Kowalczyk**, J. Siuzdak, Eksperymentalny system niekoherentnej, optycznej transmisji MIMO BPSK 2 x 400 Mbit/s po światłowodzie MM, *Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne*, vol. LXXXV, nr 8-9/2012, pp. 888-898, 2012
- [10] **M. Kowalczyk**, Two-channels MGDM transmission over GI-MMF with using low-cost VCSEL lasers, Proceedings of SPIE *Optical Fibers and Their Applications 2014 / Romaniuk Ryszard, Dorosz Jan* ( red. ), vol. 9228, SPIE, ISBN 9781628412758, spp. 92280K-1 - 92280K-6, 2014, DOI:10.1117/12.2065515
- [11] **M. Kowalczyk**, 2x2 MIMO VLC optical transmission system based on LEDs in a dual role, *Acta Physica Polonica A*, vol. 130(1), pp. 41-44, 2016, DOI:10.12693/APhysPolA.130.41
- [12] **M. Kowalczyk**, J. Siuzdak, Influence of reverse bias on the LEDs properties used as photo detectors in VLC systems, Proceedings of SPIE, *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments / Romaniuk Ryszard* ( red. ), vol. 9662, SPIE, ISBN 9781628418804, pp. 9662058-1, 2015, DOI:10.1117/12.2197831
- [13] **M. Kowalczyk**, Zastosowanie diod LED jako fotodetektorów w systemach transmisji VLC, *Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne*, vol. LXXXVIII, nr 8-9/2015, pp. 733-737, 2015, DOI:10.15199/59.2015.8-9.9
- [15] **M. Kowalczyk**, J. Siuzdak, Photo-reception properties of common LEDs, *Opto-Electronics Review*, vol. 25(3), pp. 222-228, 2017, DOI:10.1016/j.opelre.2017.06.009
- [15] **M. Kowalczyk**, J. Siuzdak, VLC Link with LEDs Used as Both Transmitters and Photo-Detectors, Proceedings of the *7<sup>th</sup> IEEE International Conference on Ubiquitous and Future Networks - ICUFN 2015 / Jang Yeong Min, Toh C. K., Umehira Masahiro* ( red. ), ISBN 978-1-4799-8993-5, pp. 893 - 897, 2015, DOI:10.1109/ICUFN.2015.7182673
- [16] G. Stępnia, **M. Kowalczyk**, Ł. Maksymiuk, J. Siuzdak, Transmission Beyond 100 Mbit/s Using LED Both as a Transmitter and Receiver, *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 27(19), pp. 2067 - 2070, 2015, DOI:10.1109/LPT.2015.2451006
- [17] **M. Kowalczyk**, Two-channel MIMO-OCC transmission system on a smartphone, Proc. SPIE. 10445, *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2017 / Romaniuk Ryszard, Linczuk Maciej Grzegorz* (red. ), vol. 10445, SPIE , ISBN 9781510613546, pp. 104450H-104455H, DOI:10.1117/12.2280882, 2017
- [18] **M. Kowalczyk**, Ł. Maksymiuk, J. Siuzdak, Experimental video signals distribution MMF network based on IEEE 802.11 standard, Proceedings of SPIE: *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments*, vol. 9290, SPIE, ISBN 9781628413694, pp. 92900B-1 - 92900B-6, DOI:10.1117/12.2074562, 2014
- [19] J. Siuzdak, **M. Kowalczyk**, Ł. Maksymiuk, G. Stępnia, Substantial OBI Noise Reduction in MM Fiber Network, *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 25(14), pp. 1350-1353, 2013, DOI:10.1109/LPT.2013.2265406
- [20] **M. Kowalczyk**, J. Siuzdak, Low-cost RAU with Optical Power Supply Used in a Hybrid RoF IEEE 802.11 Network, *Journal of Optical Communications*, vol. 35(3), pp. 207-210, 2014, DOI:10.1515/joc-2014-0008

## 5. Wskazanie osiągnięcia będącego podstawą wniosku habilitacyjnego

Zgodnie z rozporządzeniem 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.) jako osiągnięcie będące podstawą wniosku habilitacyjnego wskazuję monografię naukową pt.: **ZASTOSOWANIA TECHNIKI MIMO W OPTYCZNYCH SYSTEMACH TRANSMISJI KRÓTKIEGO ZASIĘGU** (ISBN:978-83-7814-815-9), wydanej przez Oficynę Politechniki Warszawskiej w r. 2018. Recenzenci wydawniczy: prof. nzw. dr hab. inż. Przemysław Krehlik (Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie) oraz prof. nzw. dr hab. inż. Krzysztof Perlicki (Politechnika Warszawska).

Monografia została poświęcona zastosowaniom techniki MIMO w optycznych systemach transmisji krótkiego zasięgu. Technika ta odgrywa ważną rolę w systemach transmisji radiowej. Jej użycie w tego typu systemach pozwala zwiększyć zarówno przepływność całkowitą, jak i podnieść niezawodność [*Winters, Shah, Paulraj*]. Domniemywa się, że może ona zaoferować równie wiele, gdy zostanie przeniesiona na grunt transmisji optycznej. Wyniki m.in. prowadzonych przez autora wniosku badań dowodzą, że technika ta ma szanse być stosowana w systemach transmisji optycznej. Należy jednak zapewnić odpowiednie warunki dla jej użycia. W ogólnym rozumieniu warunki te definiuje wprowadzone w pracy *Twierdzenie Telatar'a*, oparte na wynikach pracy [*Telatar*]. Wskazuje ono, że technika MIMO może zapewnić zwiększenie pojemności informacyjnej systemu transmisji, w którym jest wykorzystywana, jeżeli:

(i) parametry kanału transmisji mogą być właściwie określone po stronie odbiornika,

(ii) utrzymany jest odpowiedni poziom niezależności ścieżek transmisji dla poszczególnym par nadajnik-odbiornik.

Specyficzne właściwości optycznych kanałów transmisji, które różnią się często w znaczący sposób od tych, które są spotykane w kanałach transmisji radiowej, sprawiają, że szczególnie istotny w kontekście możliwych zastosowań techniki wielokanałowej MIMO w systemach transmisji optycznej staje się warunek (ii). Z tego też względu optyczne systemy transmisji MIMO różnią się od swojego radiowego pierwowzoru. Koniecznym jest zatem prowadzenie badań w tym obszarze celem wypracowania najlepszych rozwiązań bazujących na wykorzystaniu podejścia MIMO. Stanowi to złożone zagadnienie naukowe.

W monografii zreferowano aktualny stan badań nad wykorzystaniem techniki MIMO w systemach transmisji optycznej, w szczególności tych krótkiego zasięgu. Przeanalizowane zostały szczegółowo możliwości oraz ograniczenia jej użycia w tym obszarze. Wyniki przeprowadzonych analiz skonfrontowano z licznymi wynikami badań eksperymentalnych, wykonanych przez autora wniosku dla prototypowych systemów transmisji tego typu.

Praca ta stanowi aktualnie najbardziej kompleksowe ujęcie tematu możliwych zastosowań techniki MIMO w systemach transmisji optycznej krótkiego zasięgu. Rozważane są zarówno systemy transmisji bezprzewodowej, przewodowej na bazie światłowodów wielomodowych, jak też rozwiązania mieszane, które łączą w sobie możliwości systemów transmisji optycznej oraz radiowej.

## 5.1 Omówienie celu naukowego/artystycznego osiągnięcia będącego podstawą wniosku habilitacyjnego, struktura pracy

Celem naukowym monografii będącej podstawą wniosku habilitacyjnego jest zarówno teoretyczna analiza, jak i praktyczna weryfikacja na gruncie badań eksperymentalnych możliwości stosowania techniki MIMO w systemach transmisji optycznej krótkiego zasięgu różnego rodzaju. W pracy rozpatrywane są systemy transmisji bezprzewodowej, przewodowej na bazie światłowodów wielomodowych, jak też tzw. systemy hybrydowe, łączące w sobie elementy transmisji radiowej oraz optycznej. Monografia stanowi prezentację osiągnięć autora na tym polu. Przedstawia ona m.in. wyniki badań wielu, prototypowych systemów transmisji optycznej krótkiego zasięgu wykorzystujących w swoim działaniu technikę MIMO, których pomysłodawcą, jak też realizatorem był autor wniosku.

Praca składa się z 6 rozdziałów. Rozdział **1** stanowi wprowadzenie w obszar tematyki podejmowanych badań. W rozdziale tym zostały sformułowane najważniejsze ograniczenia, jak też wskazano istotne uwarunkowania przestrzeni prowadzonych badań naukowych w obszarze tematyki pracy. W rozdziale tym zdefiniowano m.in. pojęcie systemów transmisji MIMO w domenie optycznej, co nie jest do końca oczywiste, biorąc pod uwagę mnogość proponowanych rozwiązań pod tym szyldem w literaturze światowej.

W rozdziale **2** zostały zreferowane podstawy teoretyczne działania systemów MIMO, w szczególności systemów optycznych. Scharakteryzowane zostały parametry, które mogą mieć istotny wpływ na możliwości oferowane przez tego typu systemy, takie jak: informacja o stanie kanału CSI (ang. *Channel State Information*), korelacja wzajemna kanałów transmisji, stopień uwarunkowania numerycznego macierzy kanałowej **H**. Rozdział ten uzupełnia prezentacja metod odbioru stosowanych w tego typu systemach.

Rozdział **3** został poświęcony analizie i prezentacji rozwiązań z obszaru optycznych systemów transmisji bezprzewodowej krótkiego zasięgu, dla których technika MIMO może stać się w przyszłości kluczowa, w tym: Li-Fi, VLC oraz OCC. W rozdziale tym zostały zaprezentowane również prototypowe systemy tego typu, które zrealizował autor osobiście. Wśród nich można wymienić m.in.: system transmisji 2-kanałowej VLC-MIMO, który wykorzystuje diody LED nie tylko w roli nadajników, lecz także odbiorników [Kowalczyk1]. Została też przedstawiona koncepcja prowadzenia wielokanałowej transmisji OCC oraz zrealizowany przez autora system tego typu [Kowalczyk2].

Rozdział **4** zawiera opis wyników prac badawczych prowadzonych przez autora w zakresie możliwych zastosowań techniki MIMO w optycznych systemach transmisji przewodowej. Szczególna uwaga została zwrócona na możliwość prowadzenia transmisji optycznej MIMO w łączach tego typu opartych o szklane światłowody wielomodowe. Część praktyczna zawiera opis badań i analiz zrealizowanych przez autora dotyczących systemów transmisji niekoherentnej MIMO po światłowodzie wielomodowym. W tym systemów, które działają zarówno w zakresie jego pasma podstawowego (dwukanałowy system MGDM-MIMO [Kowalczyk3]), jak i poza nim (dwukanałowy system RSC-MIMO [Kowalczyk4, Kowalczyk5]).

W rozdziale **5** zaprezentowano koncepcje rozwiązań hybrydowych będących połączeniem sieci radiowych z optycznymi, dla których to technika MIMO może być szczególnie istotna.



Rozwiązania takie będą stanowić jeden z kluczowych elementów systemów transmisji nowej generacji. W rozdziale tym przedstawiono m.in. opis i wyniki badań dla eksperymentalnego systemu transmisji RoF zrealizowanego na bazie światłowodów wielomodowych [Kowalczyk6, Maksymiuk]. Rozwiązanie to wspiera m.in. możliwość optycznej dystrybucji radiowych sygnałów MIMO w standardzie IEEE 802.11n. Omówiono też wyniki przeprowadzonej analizy wpływu obecności szumu zdudniania OBI (ang. *Optical Beat Interference*) na jakość transmisji w tego typu rozwiązaniach [Siuzdak].

Dopełnieniem pracy jest rozdział 6. Stanowi on jej całościowe podsumowanie. Zawarto w nim najważniejsze przemyślenia oraz wnioski końcowe w odniesieniu do użyteczności techniki MIMO w optycznych systemach krótkiego zasięgu. Rozdział ten zawiera również podsumowanie najważniejszych dokonań autora w obszarze tematyki pracy.

### **Bibliografia:**

- [Winters] J. Winters, Optimum Combining in Digital Mobile Radio with Cochannel Interference, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 2(4), pp. 528-539, 1984
- [Shah] A. Shah, A.M. Haimovich, Performance Analysis of Maximal Ratio Combining and Comparison with Optimum Combining for Mobile Radio Communications with Cochannel Interference, IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 49(4), pp. 1454 - 1463, 2000
- [Paulraj] A. J. Paulraj, T. Kailath, Increasing capacity in wireless broadcast systems using distributed transmission/directional reception, U. S. Patent, no. 5.345.599, Sept. 1994
- [Telatar] E. Telatar, Capacity of Multi-antenna Gaussian Channels, Transaction on Emerging Telecommunications Technologies, vol. 10(6), pp. 585-595, 1999
- [Kowalczyk1] M. Kowalczyk,  $2 \times 2$  MIMO VLC Optical Transmission system based on LEDs in a double role, Acta Physica Polonica A, vol. 130, pp. 41-44, 2016
- [Kowalczyk2] M. Kowalczyk, Two-channel MIMO-OCC transmission system on a smartphone, Proc. SPIE 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments, pp. 2017402, 2017
- [Kowalczyk3] M. Kowalczyk, Two-channels MGDM transmission over GI-MMF with using low-cost VCSEL lasers, Proc. SPIE 9228, Optical Fibers and Their Applications 2014, pp. 1-6, 2014
- [Kowalczyk4] M. Kowalczyk, J. Siuzdak, 400 Mbit/s ( $2 \times 200$  Mbit/s) 2-channel multiple input multiple output (MIMO) transmission over a 50  $\mu\text{m}$  core multimode fiber, Optica Applicata, vol. 43(2), pp. 279-289, 2013
- [Kowalczyk5] M. Kowalczyk, J. Siuzdak, 800 Mbit/s ( $2 \times 400$  Mbit/s) 2-channel incoherent MIMO transmission over a OM2 grade multimode fiber, IEEE 3rd International Conference on Photonics (ICP), vol. 1, pp. 337-380, 2012
- [Kowalczyk6] M. Kowalczyk, L. Maksymiuk, J. Siuzdak, WiFi Signal Distribution over Multimode Fiber, Asia Communications and Photonics Conference, paper AF2F.10, pp. 1-4, 2014
- [Maksymiuk] L. Maksymiuk, M. Kowalczyk, J. Siuzdak, Multimode fiber passive optical network for IEEE 802.11 signal distribution, IEEE/OSA Journal of Optical Communications and Networking, vol. 6(8), pp. 743- 753, 2016
- [Siuzdak] J. Siuzdak, M. Kowalczyk, Ł. Maksymiuk, G. Stępnia, Substantial OBI Noise Reduction in MM Fiber Network, IEEE Photonics Technology Letters, vol. 25(24), pp. 1350-1353, 2013 PON, Asia Communications and Photonics Conference 2013, paper AF2F.10, pp. 1-3, 2013

## **5.2 Najważniejsze osiągnięcia związane z pracą będącą podstawą wniosku habilitacyjnego**

Do swoich najważniejszych osiągnięć związanych z pracą będącą podstawą wniosku habilitacyjnego zaliczam:

- opracowanie i fizyczną realizację wielu unikatowych, eksperymentalnych systemów transmisji optycznej krótkiego zasięgu, wykorzystujących w swoim działaniu podejście transmisji wielokanałowej MIMO, działających zarówno w wolnej przestrzeni (2-kanałowy system transmisji VLC-MIMO na bazie diod LED stosowanych w podwójnej roli, tj. zarówno jako nadajników, jak też odbiorników, dwukanałowy system transmisji OCC-MIMO), jak i w oparciu o technikę światłowodową (system transmisji MGDM-MIMO, czterokanałowy system transmisji RSC-MIMO działający w czasie rzeczywistym, 2-kanałowy system RSC-MIMO dużej przepływności, hybrydowy system transmisji RoF na bazie światłowodów wielomodowych),
- opracowanie bądź istotne rozwinięcie wielu modeli transmisji tego typu dla różnych schematów wykorzystania techniki MIMO na niwie transmisji optycznej,
- sformalizowanie warunków realizowalności transmisji MIMO wyrażonych wprowadzonym w pracy twierdzeniem Telatar'a,
- wskazanie i otwarcie nowych kierunków badań w tym obszarze, m.in. możliwość realizacji transmisji wielokanałowej w zakresie światła widzialnego na bazie diod LED wykorzystywanych w podwójnej roli, tj. zarówno nadajników, jak i odbiorników,
- liczne publikacje naukowe (w tym w czasopiśmie wyróżnionych w JCR).

### **5.3 Publikacje autora wykorzystane przy opracowaniu monografii stanowiącej podstawę wniosku habilitacyjnego**

- [1] **M. Kowalczyk**,  $2 \times 2$  MIMO VLC Optical Transmission system based on LEDs in a double role, *Acta Physica Polonica A*, vol. 130, pp. 41-44, 2016
- [2] G. Stepniak, **M. Kowalczyk**, L. Maksymiuk, J. Siuzdak, Transmission Beyond 100 Mbit/s Using LED Both as a Transmitter and Receiver, *IEEE Photonics Letters*, vol. 27(19), pp. 2067-2070, 2015
- [3] **M. Kowalczyk**, Two-channel MIMO-OCC transmission system on a smartphone, *Proc. SPIE 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments*, pp. 2017402, 2017
- [4] **M. Kowalczyk**, J. Siuzdak, Four-channel incoherent MIMO transmission over 4.4-km MM fiber, *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 53(3), pp. 502-508, 2011
- [5] J. Siuzdak, **M. Kowalczyk**, Two- and four-channel-incoherent multiple input multiple output system operating over multimode fiber, *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 54(4), 2012
- [6] **M. Kowalczyk**, J. Siuzdak, 400 Mbit/s ( $2 \times 200$  Mbit/s) 2-channel multiple input multiple output (MIMO) transmission over a 50  $\mu\text{m}$  core multimode fiber, *Optica Applicata*, vol. 43(2), pp. 279- 289, 2013
- [7] **M. Kowalczyk**, J. Siuzdak, 800 Mbit/s ( $2 \times 400$  Mbit/s) 2-channel incoherent MIMO transmission over a OM2 grade multimode fiber, *IEEE 3rd International Conference on Photonics (ICP)*, vol. 1, pp. 337-380, 2012
- [8] **M. Kowalczyk**, Two-channels MGDM transmission over GI-MMF with using low-cost VCSEL lasers, *Proc. SPIE 9228, Optical Fibers and Their Applications 2014*, pp. 1-6, 2014
- [9] **M. Kowalczyk**, J. Siuzdak, VLC link with LEDs used as both transmitters and photo-detectors, *7th International Conference on Ubiquitous and Future Networks*, pp. 893-897, 2015

- [10] J. Siuzdak, **M. Kowalczyk**, On the spectral efficiency of incoherent optical MIMO systems, *Optica Applicata*, vol. 43(3), pp. 497-503, 2013
- [11] **M. Kowalczyk**, Modeling of multi-channel MIMO-VLC systems in the indoor environment, *Proceedings of SPIE 10031, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments*, pp. 1-10, 2016
- [12] **M. Kowalczyk**, J. Siuzdak, Influence of reverse bias on the LEDs properties used as photo detectors in VLC systems, *Proc. SPIE 9662, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments*, pp. 1-8, 2015
- [13] **M. Kowalczyk**, Zastosowanie diod LED jako fotodetektorów w systemach transmisji VLC, *Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne*, vol. 8-9, pp. 733-737, 2015
- [14] **M. Kowalczyk**, J. Siuzdak, Photo-reception properties of common LEDs, *Opto-Electronics Review*, vol. 25, pp. 222-228, 2017
- [15] **M. Kowalczyk**, Model komputerowy rozkładów natężenia modów światłowodu dwuskokowego typu W w oparciu o numeryczne rozwiązanie jego równania charakterystycznego, *III Konferencja Naukowo-Techniczna Doktorantów i Młodych Naukowców*, Warszawa, 2008
- [16] J. Siuzdak, G. Stepniak, **M. Kowalczyk**, L. Maksymiuk, Instability of the Multimode Fiber Frequency Response Beyond the Baseband for Coherent Sources, *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 21(14), pp. 993-995, 2009
- [17] J. Siuzdak, **M. Kowalczyk**, L. Maksymiuk, Signal recovery algorithm for 4 channel incoherent optical MIMO system, *Proceedings of the International Conference on Instrumentation, Measurement, Circuits and Systems Hong Kong*, pp. 499-502, 2011
- [18] J. Siuzdak, **M. Kowalczyk**, On the spectral efficiency of incoherent optical MIMO systems, *Optica Applicata*, vol. 43(3), pp. 497 – 503, 2013
- [19] **M. Kowalczyk**, J. Siuzdak, Low-cost RAU with Optical Power Supply Used in a Hybrid RoF IEEE 802.11 Network, *Journal of Optical Communications*, vol. 35(3), pp. 1-4, 2014
- [20] **M. Kowalczyk**, L. Maksymiuk, J. Siuzdak, WiFi Signal Distribution over Multimode Fiber, *Asia Communications and Photonics Conference*, paper AF2F.10, pp. 1-4, 2014
- [21] L. Maksymiuk, **M. Kowalczyk**, J. Siuzdak, Multimode fiber passive optical network for IEEE 802.11 signal distribution, *IEEE/OSA Journal of Optical Communications and Networking*, vol. 6(8), pp. 743- 753, 2016
- [22] J. Siuzdak, **M. Kowalczyk**, Ł. Maksymiuk, G. Stępiak, Substantial OBI Noise Reduction in MM Fiber Network, *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 25(24), pp. 1350-1353, 2013 PON, *Asia Communications and Photonics Conference 2013*, paper AF2F.10, pp. 1-3, 2013

## 6 Omówienie pozostałej działalności naukowo-badawczej

### 6.1 Podejmowane tematy badań w okresie po doktoracie, inne niż tematyka badań stanowiąca podstawę monografii wskazanej jako podstawa wniosku habilitacyjnego

Oprócz prowadzenia badań nad zastosowaniami techniki transmisji wielokanałowej MIMO w optycznych systemach transmisji krótkiego zasięgu po doktoracie zajmowałem się także takimi zagadnieniami jak:

- ❖ możliwości i ograniczenia transmisji sygnałów video w systemach transmisji RoF na bazie pasywnych sieci wielomodowych
  - **M. Kowalczyk**, Ł. Maksymiuk, J. Siuzdak, Experimental video signals distribution MMF network based on IEEE 802.11 standard, Proceedings of SPIE: Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments, vol. 9290, SPIE, ISBN 9781628413694, pp. 92900B-1 - 92900B-6
- ❖ możliwości prowadzenia transmisji o dużej efektywności widmowej poza pasmem podstawowym światłowodu wielomodowego
  - **M. Kowalczyk**, A spectral effective transmission beyond a baseband of the multimode fiber, Proceedings of *Photonic Global Conference* / Huang Ying, Yoo Seongwoo (red.), Singapoure, IEEE, ISBN 978-1-4673-2516-5, pp. 1-7, 2012
  - **M. Kowalczyk**, Optycznie Niekoharentna Transmisja QAM Po Światłowodzie MM Poza Jego Pasmem Podstawowym, Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne, vol. LXXXVI, nr 8-9/2013, pp. 1053-106, 2013
- ❖ analizą zniekształceń występujących w pasywnych, wielomodowych sieciach optycznych
  - Ł. Maksymiuk, J. Siuzdak, **M. Kowalczyk**, Sources of Interference in Passive Optical Networks Based on Multimode Fibers, Proceedings of SPIE Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments / Romaniuk Ryszard ( red. ), vol. 9290, ISBN 9781628413694, pp. 929003-1 - 929003-7, 2014
  - Ł. Maksymiuk, **M. Kowalczyk**, J. Siuzdak, Multimode Fiber Passive Optical Network for IEEE 802.11 Signal Distribution, Journal of Optical Communications and Networking, vol. 6(8), pp. 743 - 753, 2014, DOI:10.1364/JOCN.6.000743
- ❖ opracowywaniem tanich jednostek anten wyniesionych RAU dla systemów transmisji RoF w zakresie pasma częstotliwości 2.4 GHz, zasilanych zdalnie w sposób optyczny
  - **M. Kowalczyk**, J. Siuzdak, Low-cost RAU with Optical Power Supply Used in a Hybrid RoF IEEE 802.11 Network, Journal of Optical Communications, vol. 35(3), pp. 207-210, 2014
- ❖ realizacją eksperymentalnych systemów pomiarowych na bazie możliwości oferowanych przez współczesne telefony komórkowe, wyposażone w wiele czujników. Do efektów prac w tym zakresie należą: miernik pomiaru wysokości oraz mierniki pomiaru dźwięku oraz światła, które zostały zrealizowane w formie platform softwarowych o dużych możliwościach gromadzenia i przetwarzania danych
  - P. Roszkowski, **M. Kowalczyk**, Mobile platform of altitude measurement based on a smartphone, Proc. SPIE. 10031, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2016 / Romaniuk Ryszard ( red. ), vol. 10031, 2016, SPIE , ISBN 9781510604858, ss. 100311W-1 - 100311W-9, 2016
  - P. Roszkowski, **M. Kowalczyk**, Sound and light intensity meter in a form of application on mobile phone, Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, vol.1, ISBN 978-1-4673-8361-5, pp. 6-11, 2015

- ❖ badaniem właściwości diod elektroluminescencyjnych LED jako detektorów światła i ich możliwością wykorzystania jako fotodetektorów w systemach transmisji bezprzewodowej
  - **M. Kowalczyk**, J. Siuzdak, Influence of reverse bias on the LEDs properties used as photo detectors in VLC systems, Proceedings of SPIE, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments / Romaniuk Ryszard ( red. ), vol. 9662, SPIE, ISBN 9781628418804, pp. 9662058-1, 2015
  - G. Stępnia, **M. Kowalczyk**, Ł. Maksymiuk, J. Siuzdak, Transmission Beyond 100 Mbit/s Using LED Both as a Transmitter and Receiver, IEEE Photonics Technology Letters, vol. 27(19), pp. 2067- 2070, 2015, DOI:10.1109/LPT.2015.2451006
  - **M. Kowalczyk**, Zastosowanie diod LED jako fotodetektorów w systemach transmisji VLC, Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne, vol. LXXXVIII, nr 8-9/2015, pp. 733-737, 2015, DOI:10.15199/59.2015.8-9.9
  - **M. Kowalczyk**, A transmission of Ethernet signals via VLC link based on using LEDs in a double role, Journal of Physical Chemistry & Biophysics, vol. 5(4), pp. 72-72, 2015
  - **M. Kowalczyk**, J. Siuzdak, Photo-reception properties of common LEDs and their potential application as photodetectors in VLC, Proceedings of the ENM Summer Meeting / Wang Zhiming, Basiuk Vladimir A. ( red. ), Springer, pp 54-55, 2016
  - **M. Kowalczyk**, Photoreception properties of common LEDs and their potential application as photodetectors in VLC, Proceedings of the 2016 EMN Optical Communications Meeting, OAHOST, pp. 15-19, 2016 – INVITED TALK
  - **M. Kowalczyk**, J. Siuzdak, Photo-reception properties of common LEDs, Opto-Electronics Review, vol. 25(3), pp. 222-228, 2017, DOI:10.1016/j.opelre.2017.06.009
- ❖ niestandardowe techniki zwiększenia pojemności transmisyjnej światłowodów wielomodowych
  - **M. Kowalczyk**, G. Stępnia, Ł. Maksymiuk, J. Siuzdak, Transmission in single mode telecom fiber below the cut-off wavelength, Microwave and Optical Technology Letters, vol. 59(8), pp. 2033-2038, 2017, DOI:10.1002/mop.30678
- ❖ badania nieliniowych właściwości dynamicznych diod LED, wykorzystywanych w systemach transmisji VLC
  - G. Stępnia, **M. Kowalczyk**, J. Siuzdak, Volterra Kernel Estimation of White Light LEDs in the Time Domain, Sensors, vol. 18(4), pp. 1024-1034, 2018, DOI:10.3390/s18041024
  - J. Siuzdak, **M. Kowalczyk**, G. Stępnia, On the modeling of lighting LED dynamic nonlinearity, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments, SPIE, Wilga, Poland, 2018
- ❖ analizą właściwości kanału transmisji VLC w pomieszczeniach zamkniętych
  - **M. Kowalczyk**, J. Siuzdak, Channel modeling and characterization for VLC indoor transmission systems based on MMC ray tracing method, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments, SPIE, Wilga, Poland, 2018
  - **M. Kowalczyk**, J. Siuzdak, Modelowanie kanału dla bezprzewodowej komunikacji optycznej w pomieszczeniu w oparciu o zmodyfikowany algorytm Monte Carlo, w: Przegląd

Telekomunikacyjny - Wiadomości Telekomunikacyjne, vol. XCI, nr 8-9/2018, 2018, ss. 826-829, DOI:10.15199/59.2018.8-9.60

- **M. Kowalczyk**, J. Siuzdak, Numerical methods of the VLC channel impulse response determination, 5th International Conference on Computational and Experimental Science and Engineering - ICCESEN 2018, Turkey, 12-16 October, 2018
  
- ❖ systemami sztucznej inteligencji oraz rozwiązaniami Business Intelligence
  
- P. Buława, **M. Kowalczyk**, Application of Clark-Wilson model to security improvement of BI systems, Proceedings of the 10th International PhD Students and Young Scientists R&D Conference: Young Scientists Towards the Challenges of Modern Technology, Warsaw University of Technology, ISBN 8-83-935118-3-9, pp. 1-2, 2015
- P. Buława, **M. Kowalczyk**, Application of the Clark-Wilson model for Business Intelligence System security improvement, Challenges of Modern Technology, vol. 7(3), pp. 16-19, 2016
- M. Ziółkowski, **M. Kowalczyk**, Scalable analytical platform based on the Raspberry PI cluster, Proceedings of the 4th International Conference on Computational and Experimental Science and Engineering - ICCESEN 2017 / Akkurt Iskender ( red. ), INOMICS, Turkey, pp. 272-272, 2017

## 6.2 Czynny udział w konferencjach i seminariach naukowych

Aktywnie biorę udział w konferencjach i seminariach naukowych, w tym również zagranicznych, zarówno jako osoba prezentująca, również na zaproszenia, jak też przewodniczący sesji oraz członek komitetów technicznych, w przeszłości też jako członek komitetów organizacyjnych. Szczegółowy wykaz konferencji, w których brałem udział zawiera wykaz dorobku naukowego (*Załącznik 4*).

## 6.3 Udział w projektach naukowo-badawczych

### 6.3.1 Kierowanie projektami badawczymi

1. Wykorzystanie techniki MIMO w systemach transmisji OCC, grant Dziekana WEiTI, 2016
2. Zastosowanie diod świecących LED w podwójnej roli, w optycznych systemach transmisji wielokanałowych MIMO-VLC, grant Dziekana WEiTI, 2015
3. Wykorzystanie emisyjnych diod LED jako selektywnych widmowo detektorów światła, grant Dziekana WEiTI, 2014
4. Gigabitowa transmisja MGDM po światłowodzie MM z wykorzystaniem tanich laserów VCSEL, grant Dziekana WEiTI, 2013
5. Badanie możliwości realizacji cyfrowej transmisji poza pasmem podstawowym światłowodów wielomodowych, przy wykorzystaniu techniki zwielokrotnienia podnośnych SCM, dla formatów modulacji o dużej efektywności widmowej, grant Dziekana WEiTI, 2012

6. Dwukanałowa, niekoherentna, optyczna transmisja MIMO po światłowodzie wielomodowym o łącznej przepływności na poziomie co najmniej 0,5 Gb/s. Model teoretyczny oraz realizacja fizyczna, grant Dziekana WEiTI, 2011

### 6.3.2 Udział w projektach badawczych w charakterze wykonawcy

1. Metody modulacji w nieliniowych torach optycznych o ograniczonym paśmie, grant NCN, kierownik – prof. dr hab. inż. Jerzy Siuzdak, okres realizacji: 09.10.2017 – obecnie
2. System zwielokrotnienia kanałów polaryzacyjnych w światłowodach – projekt wykonywany w ramach umowy RPMA.01.02.00-14-6532/16-00 zawartej z Województwem Mazowieckim. Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.
3. Zastosowanie zaawansowanych metod modulacji w szerokopasmowych sieciach bezprzewodowych wykorzystujących światło widzialne, grant NCN, kierownik – prof. dr hab. inż. Jerzy Siuzdak, okres realizacji: 30.08.2012 - 29.08.2015
4. Transmisja RoF standardu IEEE 802.11 z użyciem optycznych sieci pasywnych wykorzystujących światłowody wielomodowe, grant NCN, kierownik – prof. dr hab. inż. Jerzy Siuzdak, okres realizacji: 27.02.2011 - 26.03.2014
5. Zastosowanie techniki MIMO dla zwiększenia możliwości transmisyjnych światłowodów wielomodowych, grant NCN, kierownik – prof. dr hab. inż. Jerzy Siuzdak, okres realizacji 02.06.2009- 01.06.2012
6. Zwiększenie przepustowości binarnej światłowodów wielomodowych poprzez zastosowanie zwielokrotnienia podnośnych SCM, grant KBN, kierownik – dr hab. inż. Andrzej Kowalski, okres realizacji 07.11.2006- 31.05.2009

### 6.4 Nagrody i wyróżnienia za osiągnięcia naukowe

#### Nagrody Rektora

- Nagroda Rektora Politechniki Warszawskiej, zespołowa stopnia I-go, za osiągnięcia naukowe w latach 2015-2016 (wraz z J Siuzdak, L. Maksymiuk oraz G. Stępniaak)
- Nagroda Rektora Politechniki Warszawskiej, zespołowa stopnia I-go, za osiągnięcia naukowe w latach 2013-2014 (wraz z J Siuzdak, L. Maksymiuk oraz G. Stępniaak)
- Nagroda Rektora Politechniki Warszawskiej, zespołowa stopnia I-go, za osiągnięcia naukowe w latach 2010-2011 (wraz z J Siuzdak, L. Maksymiuk oraz G. Stępniaak)
- Nagroda Rektora Politechniki Warszawskiej, indywidualna II go stopnia, za osiągnięcia naukowe w latach 2009-2010
- Nagroda Rektora Politechniki Warszawskiej, zespołowa stopnia I-go, za osiągnięcia naukowe w latach 2008-2009 (wraz z J Siuzdak, L. Maksymiuk oraz G. Stępniaak)

#### Wyróżnienia dla prac prezentowanych na konferencjach

- I-wsza nagroda dla pracy „Zastosowanie diod LED jako fotodetektorów w systemach transmisji VLC” w kategorii młody autor, prezentowanej na Krajowym Sympozjum Telekomunikacji i Teleinformatyki (KSTiT), Kraków 2015, jedyny autor
- Wyróżnienie dla pracy “A transmission of Ethernet signals via VLC link based on using LEDs in a double”, 3rd International Conference and Exhibition on Lasers, Optics & Photonics, Spain, Valance, 2015, jedyny autor

- Wyróżnienie dla pracy "*Application of Clark-Wilson model to security improvement of BI systems*", 10<sup>th</sup> International PhD Students and Young Scientists R&D Conference, Warsaw 2015, współautor: P. Buława
- Wyróżnienie dla pracy "*Multimode Fiber Based Network for IEEE 802.11n Signal Distribution*", 5<sup>th</sup> IEEE International Conference on Photonics, Malaysia 2014, współautorzy: L. Maksymiuk, J. Siuzdak
- 3-cia nagroda dla pracy „Transmisja sygnału video poza pasmem podstawowym wielomodowego włókna gradientowego 62,5µm” w kategorii młody autor, prezentowanej na Krajowym Sympozjum Telekomunikacji i Teleinformatyki (KSTiT), Telekomunikacji i Teleinformatyki, Warszawa 2009, jedyny autor
- Wyróżnienie dla pracy badawczej „Sieci neuronowe w przetwarzaniu i rozpoznawaniu obrazów cyfrowych”; 2ga Krajowa Konferencja Naukowa Studentów i Młodych Pracowników Nauki „XXI wiek Era Elektroniki i Teleinformatyki”, Koszalin 2004, jedyny autor

### Stypendia

- Stypendium Centrum Studiów Zaawansowanych PW dla młodych naukowców w ramach programu rozwoju Politechniki Warszawskiej, rok 2009
- Stypendium Ministra Edukacji Narodowej i Sportu za osiągnięcia w nauce w okresie studiów - dwukrotnie
- Stypendium Prezesa Rady Ministrów, w okresie szkoły średniej, czterokrotnie

### Wystąpienia zapraszone

- XLII-th IEEE-SPIE Joint Symposium on Photonics, Web Engineering for Astronomy and High Energy Physics Experiments, "*Channel modeling and characterization for VLC indoor transmission systems based on MMC ray tracing method*", Wilga, Poland, 2018
- Energy Material Nanotechnology EMN Photodetectors Meeting, "*Photo reception properties of common LEDs and their potential application as photodetectors in VLC*", Cancun, Mexico, 5-9 June 2016
- XXXV-th IEEE-SPIE Joint Symposium on Photonics, Web Engineering for Astronomy and High Energy Physics Experiments, "*Sources of interference in passive optical networks based on multimode fibers*", Wilga, Poland, 2014

### Pozostałe

- Wyróżnienie w konkursie Złota Kreda w kategorii prowadzący zajęcia pomocnicze w semestrze Zima 2013/2014, Wydział EiTI PW, 2014
- List Gratulacyjny jako wyraz uznania i podziękowania za aktywny udział w pracach Komitetu Organizacyjnego IV Międzynarodowej Konferencji Naukowej Studentów i Młodych Pracowników Nauki „Telekomunikacja w XXI wieku” Kielce 2004
- List Gratulacyjny jako wyraz uznania i podziękowania za aktywny udział w pracach Komitetu Organizacyjnego III Międzynarodowej Konferencji Naukowej Studentów i Młodych Pracowników Nauki „Telekomunikacja w XXI wieku” Kielce 2003



## 6.5 Zbiorcze wskaźniki bibliometryczne

- Całkowita liczba publikacji, w typ komunikatów konferencyjnych (**po doktoracie**) – 66(**49**)
- Liczba publikacji wyróżnionych w Journal Citation Reports (JCR) (w tym **po doktoracie**) – 14(**11**)
- Liczba wszystkich publikacji w czasopismach (w tym lista **A, B**) - 30 (**14, 13**)
- Liczba publikacji w czasopismach po doktoracie (w tym lista **A, B**) - 22 (**11, 8**)
- Lista publikacji notowanych w bazie Web of Science – 35
- Sumaryczny Impact Factor – **17,153**
- Wskaźniki bibliometryczne na podstawie bazy Web of Science (WoS), Scopus oraz Google Scholar [stan na 31.10.2018]:

baza danych	ilość publikacji	ilość cytowań		indeks Hirscha
		wszystkie	bez autocytowań	
Web of Science	35	57	30	5
Scopus	33	87	45	6
Google Scholar	47	126	70	7

## 6.6 Działalność na rzecz środowiska naukowego

### 6.6.1 Udział w komitetach technicznych zagranicznych konferencji naukowych

- 29<sup>th</sup> Biennial Symposium on Communications (BSC 2018), Toronto, Ontario, Canada, 2018
- 28<sup>th</sup> Biennial Symposium on Communications (BSC 2016), Kelowna, British Columbia, Canada, 2016
- 4<sup>th</sup> International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI 2015), Kerala, India, 2015
- 27<sup>th</sup> Biennial Symposium on Communications (BSC 2014), Kingston, Canada, 1-3 June, 2014,
- International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics EECSI 2014, Indonesia, 2014
- IEEE Student Conference on Research and Development 2012, Pulau Pinang, Malaysia, 2012

### 6.6.2 Przewodniczenie sesji na konferencjach zagranicznych

- 5<sup>th</sup> International Conference on Computational and Experimental Science and Engineering (ICCESEN 2018), Turkey, 2018
- 4<sup>th</sup> International Conference on Computational and Experimental Science and Engineering (ICCESEN 2017), Turkey, 2017
- 3<sup>rd</sup> International Conference on Computational and Experimental Science and Engineering (ICCESEN 2016), Turkey, 2016
- 2<sup>nd</sup> International Conference on Computational and Experimental Science and Engineering (ICCESEN 2015), Turkey, 2015
- 7<sup>th</sup> International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN 2015), Sapporo, Japan, 2015

- IEEE 5th International Conference on Photonics (ICP 2014), Kuala Lumpur, Malaysia, 2014

### 6.6.3 Recenzje w czasopismach naukowych

W latach 2012-2018 recenzowałem artykuły dla renomowanych czasopism naukowych z listy JCR.

Czasopismo	Liczba zrecenzowanych artykułów
Sensors (ISSN: 1424-8220)	7
Optics Express (ISSN 1094-4087)	2
IEEE Photonics Technology Letters (ISSN 1041-1135)	5
Opto-Electronic Review (ISSN 1230-3402)	2
OSA Applied Optics (ISSN 1559-128X)	1
Journal of Imaging (ISSN 2313-433X)	3
Electronics (ISSN 2079-9292)	2

*Marek Kowalewski*