

Szczecin, 18.05.2024

Prof. dr hab. Ewa Weinert-Rączka
Wydział Elektryczny
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
Al. Piastów 17,
70-310 Szczecin
e-mail: ewa.raczka@zut.edu.pl

Recenzja
dorobku naukowego dr Łukasza Sójki ze szczególnym
uwzględnieniem osiągnięcia „Badania nad światłowodowymi
źródłami promieniowania optycznego do zastosowań w zakresie
widmowym średniej podczerwieni”

Dr **Łukasz Sójka** ukończył studia na Wydziale Elektroniki, Politechniki Wrocławskiej w roku 2009. Jego praca magisterska zatytułowana „Konstrukcja interferometru Macha-Zehndera na światłowodzie dwójłomnym” uzyskała wyróżnienie w Ogólnopolskim Konkursie im. Adama Smolińskiego na najlepszą pracę dyplomową z dziedziny optoelektroniki. Po uzyskaniu stopnia magistra inżyniera rozpoczął studia doktoranckie prowadzone w ramach umowy o wspólnej opiece doktorskiej przez Politechnikę Wrocławską i Uniwersytet w Nottingham. W roku 2014 przedstawił rozprawę zatytułowaną “Theoretical and experimental studies of rare earth doped glasses for fibre laser” i uzyskał stopień naukowy doktora nauk technicznych w specjalności elektronika, jednocześnie na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej oraz na Uniwersytecie w Nottingham.

Po obronieniu rozprawy doktorskiej został na ponad rok zatrudniony jako asystent badawczy na Uniwersytecie w Nottingham, a od roku 2016 pracuje na stanowisku adiunkta w Katedrze Telekomunikacji i Teleinformatyki, na Wydziale Informatyki i Telekomunikacji Politechniki Wrocławskiej.

Osiągnięciem naukowym dr Sójki, będącym podstawą do przeprowadzenia postępowania habilitacyjnego, jest cykl powiązanych tematycznie publikacji zebranych pod wspólnym tytułem: „**Badania nad światłowodowymi źródłami promieniowania optycznego do zastosowań w zakresie widmowym średniej podczerwieni**”.

Przedstawione w nim badania miały na celu poszukiwanie nowych źródeł promieniowania optycznego pracujących w zakresie średniej podczerwieni. Badania Habilitanta koncentrowały się na właściwościach optycznych szkieł i światłowodów chalkogenidkowych oraz fluorkowych domieszkowanych jonami ziem rzadkich. Obejmowały konstrukcję źródeł emisji spontanicznej w zakresie widmowym od 3 μm do 9 μm bazujących na światłowodach chalkogenidkowych, oraz laserów światłowodowych pracy ciągłej i laserów impulsowych pracujących w zakresie

widmowym około 3 μm z wykorzystaniem włókien fluorkowych domieszkowanych jonami erbu i dysprozu. Prace mają charakter badań podstawowych, ale opracowane w nich światłowodowe źródła podczerwieni mają duży potencjał aplikacyjny, między innymi do zastosowań w medycynie, telekomunikacji optycznej i sensoryce.

W skład cyklu stanowiącego osiągnięcie naukowe dr Łukasza Sójki wchodzi 9 artykułów opublikowanych w latach 2017-2023 w czasopismach naukowych ze średnim lub wysokim współczynnikiem IF, znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JRC). Są to:

- [H1] L. Sójka, Z. Tang, D. Furniss, H. Sakr, E. Bereś-Pawlik, A. B. Seddon, T. M. Benson, and S. Sujecki, "Numerical and experimental investigation of mid-infrared laser action in resonantly pumped Pr^{3+} doped chalcogenide fiber", *Optical and Quantum Electronics* **49**, 21 (2017), IF =1,06, deklarowany udział habilitanta - 50%
- [H2] L. Sojka, Z. Tang, D. Furniss, H. Sakr, Y. Fang, E. Beres-Pawlik, T. M. Benson, A. B. Seddon, and S. Sujecki, "Mid-infrared emission in Tb^{3+} -doped selenide glass fiber", *J. Opt. Soc. Am. B* **34**, A70 (2017), IF =2,05, udział habilitanta - 50%
- [H3] L. Sojka, Z. Tang, D. Jayasuriya, M. Shen, D. Furniss, E. Barney, T. M. Benson, A. B. Seddon, and S. Sujecki, "Ultra-broadband mid-infrared emission from a $\text{Pr}^{3+}/\text{Dy}^{3+}$ co-doped selenide-chalcogenide glass fiber spectrally shaped by varying the pumping arrangement [Invited]", *Opt. Mater. Express* **9**, 2291 (2019), IF =3,06, udział habilitanta - 60%
- [H4] L. Sojka, Z. Tang, D. Jayasuriya, M. Shen, J. Nunes, D. Furniss, M. Farries, T. M. Benson, A. B. Seddon, and S. Sujecki, "Milliwatt-Level Spontaneous Emission Across the 3.5–8 μm Spectral Region from Pr^{3+} Doped Selenide Chalcogenide Fiber Pumped with a Laser Diode", *Applied Sciences* **10** (2), (2020), IF =2,69, udział habilitanta - 60%
- [H5] R. W. Crane, Ł. Sójka, D. Furniss, J. Nunes, E. Barney, M. C. Farries, T. M. Benson, S. Sujecki, and A. B. Seddon, "Experimental photoluminescence and lifetimes at wavelengths including beyond 7 microns in Sm^{3+} -doped selenide-chalcogenide glass fibers", *Opt. Express* **28**, 12373 (2020), IF=3,89, udział habilitanta - 30%
- [H6] L. Sójka, L. Pajewski, M. Popena, E. Beres-Pawlik, S. Lamrini, K. Markowski, T. Osuch, T. M. Benson, A. B. Seddon, and S. Sujecki, "Experimental Investigation of Mid-Infrared Laser Action From Dy^{3+} Doped Fluorozirconate Fiber", *IEEE Photonics Technology Letters* **30**, 1083 (2018), IF=2,55, udział habilitanta - 50%
- [H7] L. Sojka, L. Pajewski, S. Lamrini, M. Farries, T. M. Benson, A. B. Seddon, and S. Sujecki, "Experimental Investigation of Actively Q-Switched $\text{Er}^{3+}:\text{ZBLAN}$ Fiber Laser Operating at around 2.8 μm ", *Sensors* **20**(16), (2020), IF=3,58, udział habilitanta - 60%
- [H8] L. Sójka, L. Pajewski, S. Lamrini, M. Farries, T. M. Benson, A. B. Seddon, and S. Sujecki, "High Peak Power Q-switched $\text{Er}:\text{ZBLAN}$ Fiber Laser", *Journal of Lightwave Technology* **39**, 6572 (2021), IF=4,44, udział habilitanta - 60 %
- [H9] Ł. Sójka, B. Starzyk, S. Sujecki, Ł. Pajewski, P. Miluski, J. Żmojda, W. Pisarski, J. Pisarska, M. Kochanowicz, D. Dorosz, T. M. Benson, D. Furniss, M. C. Farries, and A. B. Seddon, "Mid-infrared emission from Dy^{3+} doped fluoroindate glass fiber", *Ceramics International* (2023), IF =5,54, udział habilitanta - 35%.

Wszystkie wymienione prace mają od 7 do 14 współautorów, ale trzeba podkreślić, że w ośmiu na dziewięć artykułów dr Sójka jest pierwszym autorem, a w jednym przypadku drugim. Jego wkład w przygotowanie siedmiu z tych prac jest od 50 do 60% i zgodnie z opisem zamieszczonym w autoreferacie obejmował opracowanie metodyki eksperymentów i planów badań, analizę wyników oraz przygotowanie manuskryptów. Ponadto w przypadku prac H1 i H2 Habilitant opracował pakiet oprogramowania do analizy numerycznej laserów światłowodowych opartych na badanych materiałach, w ramach badań opisanych w artykułach H3 i H4 opracował laboratoryjne prototypy źródeł emisji spontanicznej, a w przypadku prac H6, H7 i H8 zbudował lasery światłowodowe. We wszystkich badaniach opisanych we wchodzących w skład cyklu artykułach zaprojektował i zbudował stanowiska pomiarowe i wykonał kluczowe pomiary.

Oświadczenia współautorów dotyczące wkładu merytorycznego do poszczególnych prac są zgodne z opisem zamieszczonym w autoreferacie i wyraźnie wskazują na wiodący udział Habilitanta w prowadzonych badaniach, w szczególności w pracowaniu ich koncepcji, przeprowadzeniu pomiarów i opracowaniu wyników. Udział w badaniach dużej części współautorów związany był z ich wkładem w produkcję szkieł i światłowodów badanych przez Habilitanta, a w dwóch przypadkach w wytwarzanie siatek Bragga. Jednocześnie trzeba zauważyć, że duża liczba współautorów pracujących w różnych ośrodkach świadczy o prowadzeniu przez Habilitanta skutecznej współpracy tymi ośrodkami. Z opisu w autoreferacie nie wynika, jaki był udział doktora Sójki w projektowaniu badanych materiałów i wytwarzanych z nich włókien światłowodowych.

Wchodzące w skład cyklu publikacje można podzielić na dwie grupy. Pierwsza grupa artykułów dotyczy badań spektroskopowych szkieł i światłowodów chalkogenidkowych domieszkowanych jonami ziem rzadkich oraz wykorzystania ich do konstrukcji światłowodowych źródeł emisji spontanicznej.

Wyniki badania właściwości szkieł i światłowodów domieszkowanych jonami prazeodymu przedstawił habilitant w pracy H1. W badaniach tych na podkreślenie zasługuje zastosowanie pompowania rezonansowego laserem kwantowo-kaskadowym o długości fali 4,15 μm oraz zaobserwowanie przy tym absorpcji ze stanów wzbudzonych. W ramach badań próbek domieszkowanych jonami terbu, których wyniki zostały opublikowane w artykule H2, Habilitant zademonstrował między innymi emisję spontaniczną w zakresie widmowym od 4 do 5,5 μm oraz wyznaczył czas życia górnego poziomu laserowego. Wartość aplikacyjną wyników pomiarów otrzymanych w pracach H1 i H2 potwierdził tworząc modele numeryczne laserów światłowodowych opartych na badanych materiałach i stosując je do wykazania możliwości efektywnej pracy takich laserów.

Wyniki badań mających na celu opracowanie nowych źródeł emisji spontanicznej przedstawił dr Sójka w pracach H3 i H4. Ciekawym wynikiem tych prac było znaczne rozszerzenie widma emisji przez zastosowanie domieszkowania jednocześnie jonami dysprozu i prazeodymu. Pompowanie dwoma diodami laserowymi pracującymi na różnych długościach fali umożliwiło mu jednoczesne pobudzenie obu rodzajów jonów i uzyskanie szerokopasmowej emisji spontanicznej w zakresie od 2,1 μm do 6 μm , której

rozkład widmowy można było kształtować zmieniając warunki pompowania. Habilitant zbadał również właściwości luminescencyjne światłowodów chalcogenidkowych domieszkowanych pojedynczo jonami prazeodymu i dysprozu. W celu podwyższenia mocy uzyskiwanej przez źródła emisji spontanicznej na bazie światłowodów domieszkowanych jonami prazeodymu zbadał światłowód o powiększonej średnicy rdzenia, co w połączeniu z optymalizacją optyki zbierającej umożliwiło uzyskanie emisji spontanicznej w zakresie spektralnym 3,5-8 μm i o mocy powyżej 1 mW.

Wyniki badań spektroskopowych szkieł i światłowodów domieszkowanych jonami samaru przedstawił dr Sójka w pracy H5. Ważnym osiągnięciem było w tym przypadku uzyskanie emisji spontanicznej w zakresie widmowym powyżej 7 μm oraz zaobserwowanie rekordowo długiego czasu zaniku fotoluminescencji, wskazującego na możliwość wykorzystania takich światłowodów do konstrukcji laserów.

Druga część prowadzonych przez Habilitanta badań dotyczyła konstrukcji laserów światłowodowych pracy ciągłej i impulsowej generujących w zakresie widmowym około 3 μm z wykorzystaniem światłowodów fluorkowych domieszkowanych jonami ziem rzadkich.

Wyniki prac nad konstrukcją lasera światłowodowego na bazie szkła ZBLAN domieszkowanego jonami dysprozu przedstawił w publikacji H6. Stosując pompowanie rdzeniowe skonstruowanym do tego celu laserem iterbowym uzyskał wyższą moc lasera na jonach dysprozu, pompowanego wiązką z zakresu bliskiej podczerwieni, niż we wcześniejszych doniesieniach.

Następnymi laserami skonstruowanymi przez doktora Łukasza Sójkę były opisane w pracach H7 i H8 lasery impulsowe na bazie światłowodów dwupłaszczowych ze szkła ZBLAN domieszkowanego jonami erbu, pracujące w zakresie widmowym 3 μm . Długi czas życia górnego poziomu laserowego w zastosowanym ośrodku aktywnym umożliwił generację impulsową z zastosowaniem modulatora akustooptycznego i uzyskanie opisanej w H7 rekordowej dla tego typu laserów wartości mocy szczytowej. Dalsze zwiększenie mocy szczytowej i skrócenie czasu trwania impulsów uzyskał Habilitant stosując światłowód z ponad dwukrotnie szerszym rdzeniem aktywnym. Generowane przez opisany w pracy H8 laser moce szczytowe były największe, a czasy trwania impulsów najkrótsze wśród znanych w tym czasie laserów światłowodowych ze szkła ZBLAN domieszkowanego erbem, w których stosowana była akustooptyczna modulacja dobroci rezonatora.

W pracy H9, najnowszej w cyklu publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe, przedstawione zostały badania zależności właściwości optycznych szkieł fluoroindowych od stopnia domieszkowania jonami dysprozu. Dla każdej z badanych próbek uzyskał Habilitant emisję spontaniczną w zakresie widmowym od 2,5 μm do 3,5 μm , a badania światłowodu o wybranej koncentracji dysprozu wykazały czas życia fotoluminescencji dłuższy od opisywanego we wcześniejszych pracach.

O jakości prac badawczych Łukasza Sójki objętych cyklem habilitacyjnym świadczy ich opublikowanie w bardzo dobrych czasopiśmie naukowych. Rezultaty tych badań spotkały się ze sporym zainteresowaniem w środowisku i tworzą solidną bazę dla dalszych prac nad źródłami promieniowania w zakresie średniej podczerwieni.

Do najważniejszych wyników badań, które stanowią istotny wkład habilitanta w rozwój dyscypliny naukowej *Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne* należy w mojej opinii zmierzenie i opublikowanie wielu danych dotyczących linii emisyjnych w szklach i światłowodach domieszkowanych jonami pierwiastków ziem rzadkich, stosowanych w źródłach średniej podczerwieni. W tym zademonstrowanie po raz pierwszy emisji w zakresie spektralnym 6,5-8 μm dla światłowodu chalkogenidkowego domieszkowanego jonami prazeodymu (H4) oraz w zakresie widmowym 6,2-9 μm w przypadku domieszkowania jonami samaru (H5). Uzyskanie szerokopasmowej emisji spontanicznej w światłowodzie domieszkowanym jednocześnie jonami prazeodymu i dysprozu oraz pokazanie, że jej widmo może być kształtowane przez dobór parametrów pompowania (H3). Zbadanie po raz pierwszy zależności właściwości luminescencyjnych szkieł fluoroindowych od koncentracji jonów dysprozu (H9).

Za istotne osiągnięcia uważam też zaproponowanie sposobu rezonansowego pompowania światłowodów chalkogenidkowych domieszkowanych jonami prazeodymu oraz pokazanie po raz pierwszy występującej w tym przypadku absorpcji ze stanów wzbudzonych (H1), skonstruowanie efektywnych źródeł emisji spontanicznej na bazie światłowodów chalkogenidkowych domieszkowanych jonami prazeodymu (H4) oraz laserów światłowodowych na bazie szkła ZBLAN domieszkowanego dysprozem (H6) i erbem (H7 i H8) o rekordowych mocach.

Działalność naukowa

Dotychczasowy dorobek naukowy doktora Łukasz Sójki obejmuje 36 pozycji opublikowanych w czasopismach międzynarodowych znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JRC). Spośród tych publikacji 7 prac zostało opublikowanych przed uzyskaniem stopnia doktora, a 9 prac stanowi cykl habilitacyjny. Łączna punktacja Impact Factor tych publikacji wynosi **88,9** (w tym artykuły opublikowane przed uzyskaniem stopnia doktora **12,5** oraz artykuły wchodzące w cykl stanowiącego osiągnięcie naukowe **28,9**). Sumaryczna punktacja ministerialna, zgodnie z listą czasopism z grudnia roku 2021, wynosi **3010** (w tym artykuły opublikowane przed uzyskaniem stopnia doktora 430 oraz artykuły wchodzące w cykl stanowiącego osiągnięcie naukowe 890).

Według bazy Web of Science prace dr Sójki były do dnia 10 lipca 2023 roku cytowane 589 razy (bez autocytowań), a według bazy Scopus 688 razy (bez autocytowań). Współczynnik Hirscha wynosił odpowiednio 13 i 15. Wartości te świadczą o dość szerokim zainteresowaniu wynikami prowadzonych przez niego badań.

Wszystkie publikacje Habilitanta, poczynawszy od roku 2015 dotyczą pokrewnych zagadnień, związanych z właściwościami optycznymi szkieł domieszkowanych jonami pierwiastków ziem rzadkich, które badane były pod kątem zastosowań w światłowodowych źródłach promieniowania optycznego pracujących w zakresie średniej podczerwieni.

Prace dr Łukasza Sójki należy uznać za mające istotny wpływ na rozwój dziedziny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne również na podstawie ich opublikowania w uznanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym, takich jak Optics Express, Sensors, Journal of Lightwave Technology czy Ceramics International, a nie tylko na podstawie liczby cytowań.

Współpraca z innymi ośrodkami

Dr Łukasz Sójka posiada doświadczenie we współpracy z zagranicznymi ośrodkami naukowo-badawczymi i prowadzi współpracę z innymi niż macierzysty ośrodkami naukowymi. Rozprawę doktorską przygotował w ramach współpracy międzynarodowej, a w okresie po doktoracie przebywał na ponad rocznym stażu naukowym na Uniwersytecie w Nottingham, biorąc udział w realizacji projektu „Mid-to near infrared spectroscopy for improved medical diagnostics” finansowanego przez Komisję Europejską w ramach 7 programu ramowego. Po zakończeniu stażu kontynuował współpracę z zespołem z Uniwersytetu w Nottingham, której efektem są wspólne publikacje. W ramach prowadzonych badań światłowodów domieszkowanych jonami ziem rzadkich współpracował z Niemiecko-Amerykańską firmą Lisa Laser Products, która zajmuje się produkcją laserów do zastosowań medycznych. Rezultatem współpracy są wspólne publikacje naukowe wymienione w wykazie osiągnięć naukowych.

Wśród współautorów artykułów z cyklu habilitacyjnego doktora Sójki, oprócz pracowników Politechniki Wrocławskiej i Uniwersytetu Nottingham są pracownicy University of Southampton, Technical University of Denmark, Politechniki Warszawskiej i Akademii Górniczo-Hutniczej oraz firm Fibercore, Lisa Laser Products, Thorlabs, Microsoft i GLOphotonics.

Habilitant bierze czynny udział w konferencjach naukowych. W okresie przed doktoratem był współautorem 10, a po doktoracie 21 publikacji konferencyjnych indeksowanych w Web of Science. Prezentował wyniki swoich prac na konferencjach krajowych i zagranicznych (5 wystąpień przed i 9 po doktoracie).

Działalność organizacyjna i dydaktyczna

W ramach działalności organizacyjnej dr Łukasz Sójka pełni funkcję zastępcy kierownika oraz kierownika laboratoriów dydaktycznych. Jest członkiem Polskiego Komitetu Normalizacyjnego i należał do Amerykańskiego Towarzystwa Optycznego (OSA). Był w 2022 roku członkiem komitetu naukowego konferencji SPIE Photonics Europe oraz pełnił rolę edytora gościnnego specjalnego wydania czasopisma MDPI Materials pod tytułem “Infrared Fiber Lasers and Their Applications in Materials Processing”.

Na uznanie zasługuje wysoka aktywność Habilitanta jako recenzenta publikacji naukowych. W ciągu ostatnich ośmiu lat zrecenzował ponad 80 artykułów dla czołowych czasopism w dziedzinie fotoniki, takich jak: Optical Quantum Electronics (16 artykułów), Optics Letters (15 artykułów), Optics Express (7 artykułów), Optical Materials Express (7 artykułów), Optics Laser Technology (4 artykuły) oraz Ceramic International (4 artykuły).

Kierował jednym projektem badawczym MNiSW w ramach programu „Juventus Plus” zatytułowanym “Domieszkowane szkła chalkogenidkowe - potencjalny materiał do konstrukcji laserów na zakres średniej podczerwieni” realizowanym w okresie: 1.02.2016-31.01.2018. Był też wykonawcą w dwóch projektach: w projekcie Komisji Europejskiej „Mid - to near infrared spectroscopy for improved medical diagnostics” w ramach siódmego programu ramowego (okres realizacji: 1.11.2012-31.07.2017) oraz

w projekcie NCN, Polonez 2 o tytule: „Robust mid infrared spontaneous emission sources with tailored output spectrum shape” w okresie 01.02.2017-31.01.2019.

Praca dr Łukasza Sójki w okresie po uzyskaniu stopnia doktora została wyróżniona Nagrodą Rektora Politechniki Wrocławskiej za działalność organizacyjną w roku 2018. Był też w roku 2020 laureatem konkursu „Secundus” przeznaczonego dla młodych naukowców z Politechniki Wrocławskiej o najlepszym dorobku publikacyjnym.

W ramach działalności dydaktycznej Habilitant od wielu lat prowadzi zajęcia obejmujące prowadzenie lub współprowadzenie sześciu cykli wykładów z zakresu telekomunikacji optycznej i transmisji danych oraz zajęcia laboratoryjne, projekty i seminaria o podobnej tematyce. W okresie po doktoracie był promotorem 24 prac inżynierskich oraz 8 prac magisterskich. Jest członkiem dwóch komisji dyplomowych, inżynierskiej i magisterskiej.

Reasumując, uważam, że aktywność organizacyjna i dydaktyczną dr Łukasza Sójki należy uznać za wysoką.

Podsumowanie

Uważam, że aktywność naukową dr Łukasza Sójki można uznać za zadowalającą. Ma w swoim dorobku osiągnięcia związane z pracą w projektach badawczych oraz doświadczenie w kierowaniu projektem. Odbył ponad roczny staż zagraniczny. Jest zaangażowany w pracę na rzecz środowiska naukowego poprzez recenzowanie artykułów i pracę w Komitecie naukowym SPIE Photonics. Angażuje się w upowszechnianie wyników badań poprzez aktywny udział w uznanych konferencjach krajowych i międzynarodowych, prowadzi różne formy zajęć ze studentami. Cykl prac przedstawiony przez dr Łukasza Sójkę jako osiągnięcie naukowe oceniam jako wnoszący istotny wkład w rozwój badań nad źródłami promieniowania z zakresu średniej podczerwieni. Potwierdza to nie tylko liczba ich cytowań, ale również zawartość merytoryczna oraz fakt opublikowania w specjalistycznych czasopismach o wysokiej renomie i rygorystycznym trybie recenzowania nadesłanych publikacji.

Podsumowując uważam, że osiągnięcie naukowe w formie jednotematycznego cyklu publikacji „Badania nad światłowodowymi źródłami promieniowania optycznego do zastosowań w zakresie widmowym średniej podczerwieni” oraz dotychczasowy dorobek publikacyjny, organizacyjny i dydaktyczny dr Łukasza Sójki spełniają wymogi określone w art. 219 ust. 1 pkt 2b Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2021 poz. 478 z dnia 1 marca 2021 r.) w części dotyczącej stopnia doktora habilitowanego. Przedstawioną rozprawę habilitacyjną oceniam pozytywnie i wnoszę o nadanie dr Łukaszowi Sójce stopnia doktora habilitowanego nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.

Ewa Weinert-Rogulka