



**Wojskowa
Akademia
Techniczna**

Im. Jarosława Dąbrowskiego

**Instytut
Optoelektroniki**



Warszawa, dn. 25.04.2024 r.

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Bielecki
Instytut Optoelektroniki WAT
ul. Gen. Sylwestra Kaliskiego 2
00-908 Warszawa
tel. 261 83 96 78,
e-mail: zbigniew.bielecki@wat.edu.pl

OPINIA

**dorobku naukowego i osiągnięcia naukowego - jednotematycznego cyklu
publikacji dr. inż. Łukasza Sójki
ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego**

1. Informacje ogólne

Podstawą do przygotowania niniejszej opinii jest pismo z dnia 14 marca 2024 r. od Pana prof. dr. hab. inż. Tomasza Stareckiego, Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne. W piśmie tym, prof. Tomasz Starecki informuje, że Rada Dyscypliny Naukowej AEEiTK, na posiedzeniu w dniu 21 listopada 2023r. powołała komisję habilitacyjną w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego dr. inż. Łukaszowi Sójce, tym samym powierzając mi funkcję recenzenta.

Opinię sporządziłem na podstawie następujących dokumentów:

- 1) kopii dyplomu nadania stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie telekomunikacja,
- 2) autoreferatu w języku polskim,
- 3) wykazu osiągnięć naukowych,
- 4) kopii opublikowanych prac naukowych stanowiących monotematyczny cykl publikacji,
- 5) oświadczeń współautorów opublikowanych prac naukowych,
- 6) potwierdzenia pracy na University of Nottingham.

1. Charakterystyka ogólna

Doktor inżynier Łukasz Sójka w 2009 r. ukończył studia wyższe na kierunku Elektronika i Telekomunikacja w Politechnice Wrocławskiej uzyskując tytuł magistra inżyniera. Stopień doktora nauk technicznych uzyskał w 2014 r. za pracę pt. „*Theoretical and experimental studies of rare earth doped glasses for fibre lasers*”. Promotorami rozprawy doktorskiej byli prof. dr hab. Elżbieta Bereś-Pawlik z Wydziału Elektroniki Politechniki Wrocławskiej i dr hab. Sławomir Sujecki z Department of Electrical and Electronic Engineering, University of Nottingham.

Habilitant od 01.12. 2014 r. do 31.01. 2016 r. był zatrudniony jako asystent badawczy (Research Assistant) na Uniwersytecie w Nottingham, Wielka Brytania, a od 01.03.2016 do chwili obecnej jako adiunkt badawczo-dydaktyczny, w Katedrze Telekomunikacji i Teleinformatyki, Politechniki Wrocławskiej.

2. Ocena osiągnięcia naukowego, przedstawionego w związku z ubieganiem się o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Jako osiągnięcie naukowe, w rozumieniu art. 219 ust. 1 pkt 2b ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2021 poz. 478 z dnia 1 marca 2021 r.), będące podstawą do wszczęcia i przeprowadzenia postępowania habilitacyjnego dr inż. Łukasz Sójka przedstawił cykl 9 publikacji powiązanych tematycznie pt. „**Badania nad światłowodowymi źródłami promieniowania optycznego do zastosowań w zakresie widmowym średniej podczerwieni**”.

Wszystkie prace są wieloautorskie. Zostały one opublikowane w czasopiśmie z listy JCR o sumarycznym wskaźniku Impact Factor (IF) równym **28,84**.

W przedstawionym cyklu artykułów Kandydat jest pierwszym współautorem w ośmiu pracach, natomiast w pracy [H5] jest drugim współautorem. Udział Habilitanta w poszczególnych publikacjach cyklu jest różny. W czterech publikacjach [H3, H4, H7 i H8] wynosi 60%, trzech publikacjach [H1, H2 i H6] wynosi po 50%, w [H9] – 35 i jednej pracy [H5] – 30%. Taki udział procentowy Habilitanta w ww. artykułach wynika przede wszystkim z interdyscyplinarnego charakteru prac.

Biorąc pod uwagę liczbę współautorów i udział procentowy Habilitanta w opracowaniu ww. publikacji należy uznać, że jest on dominujący.

Przedstawione do oceny prace dotyczą dwóch zasadniczych obszarów:

- 1. badań spektroskopowych domieszkowanych jonami ziem rzadkich szkieł i światłowodów chalcogenidkowych oraz konstrukcji źródeł emisji spontanicznej z wykorzystaniem tych światłowodów,**
- 2. konstrukcji laserów światłowodowych pracy ciągłej i impulsowej generujących w zakresie widmowym około 3 μm z wykorzystaniem domieszkowanych jonami ziem rzadkich światłowodów fluorkowy.**

Poniżej zostanie omówiony wkład Habilitanta w każdy z ww. obszarów badawczych.

Ad. 1. Na szczególne podkreślenie, w tym obszarze badawczym, zasługują następujące osiągnięcia Habilitanta:

1. w pracy [H1] przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych oraz numerycznych w zakresie możliwości uzyskania generacji laserowej na długości fali około 4,8 μm w światłowodach chalcogenidkowych domieszkowanych jonami prazeodymu Pr^{3+} przy pompowaniu rezonansowym na długości fali 4,15 μm (laser QCL). Wyznaczono przekroje czynne na absorpcję i emisję. Obliczono promieniste czasy życia w zakresie widmowym średniej podczerwieni. Na podstawie uzyskanych parametrów spektroskopowych opracowano pakiet numeryczny do analizy pracy lasera światłowodowego domieszkowanego jonami Pr^{3+} . Udowodniono na podstawie analiz numerycznych, że przy takim schemacie pompowania można uzyskać sprawność generacji 54%.

Znaczący wkład Autora w tę pracę (50% przy 7. współautorach) dotyczył głównie: opracowania metodyki eksperymentu oraz planu badań, wyznaczenia przekroju czynnego na absorpcję i emisję, opracowania pakietu oprogramowania do analizy numerycznej lasera, zaprojektowania stanowiska pomiarowego i wykonania pomiarów absorpcji ze stanów wzbudzonych przy pompowaniu na długości fali 4,15 μm , interpretacji wyników eksperymentalnych, przygotowania manuskryptu i odpowiedzi na pytania recenzentów.

2. osiągnięcia przedstawione w pracy [H2] dotyczyły zademonstrowania emisji spontanicznej w szklach oraz światłowodach chalcogenidkowych domieszkowanych jonami terbu Tb^{3+} w zakresie widmowym od 4,3 μm do 6 μm , wyznaczenia czasu życia górnego poziomu laserowego $^6\text{F}_5$ (12,9 ms), opracowania pakietu oprogramowania do analizy numerycznej lasera włóknowego aktywowanego jonami Tb^{3+} oraz wykazania (teoretycznie) po raz pierwszy efektywnej pracy takiego lasera przy pompowaniu długością fali 2,95 μm . Z analiz wynika możliwość uzyskania sprawności generacji 42%.

W tej pracy, udział Habilitanta jest również znaczący [50% przy 8. współautorach] i polegał na: opracowaniu metodyki eksperymentu oraz planu badań, wyznaczeniu przekroju czynnego na absorpcję, opracowaniu pakietu oprogramowania do analizy numerycznej lasera włóknowego aktywowanego jonami terbu Tb^{3+} , zaprojektowaniu stanowiska pomiarowego i wykonaniu pomiaru emisji spontanicznej oraz czasów zaniku dla próbek szklanych i światłowodów chalcogenidkowych domieszkowanego jonami Tb^{3+} , analizie i dyskusji uzyskanych wyników eksperymentalnych, przygotowaniu manuskryptu i odpowiedzi na pytania recenzentów.

3. praca [H3] została przygotowana na zaproszenie redaktora czasopisma *Optical Materials Express*. Celem badań było opracowanie źródła emisji spontanicznej o jak najszerszym paśmie. W tym celu opracowano światłowody chalcogenidkowe współdomieszkowane jednocześnie jonami dysprozu Dy^{3+} oraz prazeodymu Pr^{3+} . Autorzy uzyskali szerokopasmową emisję spontaniczną (2-6 μm), wykazali, że widmo emisji spontanicznej światłowodu współdomieszkowanego jonami Dy^{3+} oraz Pr^{3+} może być kształtowane przy zastosowaniu pompowania na długościach fali 1,32 μm oraz 1,51 μm .

Udział dr. inż. Łukasza Sójki w tym artykule [60% przy 8. współautorach] jest dominujący i dotyczył: zaprojektowania i zbudowania stanowiska pomiarowego, przeprowadzenia pomiarów emisji spontanicznej oraz czasów zaniku luminescencji, opracowania prototypu źródła emisji spontanicznej, pomiarów charakterystyk widmowych oraz energetycznych źródła emisji spontanicznej, analizy i interpretację wyników eksperymentalnych, przygotowania manuskryptu i odpowiedzi na pytania recenzentów.

4. praca [H4] stanowi kontynuację tematyki podjętej w pracy [H3]. Jednakże w tym wypadku Autorzy podjęli się optymalizacji światłowodowego źródła emisji spontanicznej w celu uzyskania jak największej mocy optycznej. W tym celu światłowodów chalcogenidkowy domieszkowany jonami Pr^{3+} był pompowany diodami laserowymi generującymi promieniowanie o długościach fali 1,47 μm , 1,511 μm oraz 1,69 μm . Ważnym elementem badań był dobór układu optyki zbierającej promieniowanie emitowane przez światłowod. Uzyskano rekordową moc powyżej 1 mW w zakresie widmowym 3,5 – 8 μm . Kolejnym ważnym zagadnieniem wykazany w tej pracy było zademonstrowanie po raz pierwszy emisji spontanicznej w zakresie widmowym 6,5 – 8 μm .

Dominujący udział Habilitanta w tej pracy [60% przy 9. współautorach] dotyczył opracowania laboratoryjnego prototypu źródła emisji spontanicznej na bazie światłowodu chalcogenidkowego aktywowanego jonami Pr^{3+} , przeprowadzenia pomiarów charakterystyk widmowych oraz energetycznych źródła emisji spontanicznej, zaprojektowania układu pomiarowego i przeprowadzenia pomiarów emisji spontanicznej w zakresie widmowym powyżej 3 μm , przygotowania manuskryptu i odpowiedzi na pytania recenzentów.

5. w pracy [H5] podjęto badania dotyczące emisji spontanicznej w światłowodach chalcogenidkowych domieszkowanych jonami samaru Sm^{3+} . Autorzy uzyskali emisję spontaniczną w zakresie widmowym 6,5 – 9 μm . Uzyskano rekordowy czas zaniku fluorescencji wynoszący 100 μs w zakresie widmowym powyżej 7 μm .

Udział Autora w tę pracę (30% przy 8. współautorach) dotyczył głównie: zaprojektowania i zbudowania stanowiska pomiarowego, przeprowadzenia pomiarów emisji spontanicznej oraz czasów zaniku luminescencji dla włókien chalcogenidkowych domieszkowanych jonami samaru w zakresie widmowym średniej podczerwieni, współudziału w analizie i interpretacji uzyskanych wyników eksperymentalnych oraz przygotowaniu manuskryptu.

Ad. 2. Ten obszar badawczy został opisany w pracach H6 – H9.

6. praca [H6] dotyczyła opracowania lasera ZBLAN aktywowanego jonami dysprozu Dy^{3+} generującego na długości fali około 3 μm . Laser ten był pompowany laserem iterbowym pracującym na długości fali 1,1 μm . Uzyskano najwyższą, w czasie prowadzenia badań, moc wyjściową wynoszącą 554 mW.

Dominujący udział Habilitanta w tej pracy (50% przy 9. współautorach) dotyczył przygotowania badań, doboru parametrów rezonatora laserowego, zbudowania układu lasera włóknowego, zbudowania układu pomiarowego, wykonania pomiarów charakterystyk energetycznych i widmowych, interpretacji eksperymentalnych, przygotowania manuskryptu i odpowiedzi na pytania recenzentów.

7. w pracy [H7] Autorzy przeprowadzili badania wpływu długości włókna aktywnego na parametry impulsów generowanych przez laser Er^{3+} ZBLAN. Opracowany laser generował impulsy o czasie trwania 56 ns, energii 46 μJ , mocy szczytowej 0,82 kW i częstotliwości powtarzania 10 kHz.

Udział Habilitanta w tej pracy jest również dominujący (60% przy 6. współautorach). Zbudował On układ impulsowego jednomodowego lasera włóknowego aktywowanego jonami Er^{3+} generującego promieniowanie o długości fali 2,78 μm , zaprojektował i wykonał stanowisko pomiarowe, zmierzył charakterystyki energetyczne i widmowe lasera, dobrał długość włókna

aktywnego, układ chłodzenia, przeprowadził analizę wyników eksperymentalnych, przygotował manuskrypt i odpowiedzi na pytania recenzentów.

8. W pracy [H8] przedstawiono wyniki dalszych badań nad laserami $\text{Er}^{3+}\text{ZBLAN}$. Celem tych badań było zwiększenie mocy szczytowej lasera. W tym celu zbudowano układ lasera $\text{Er}^{3+}\text{ZBLAN}$ z akustooptycznym modulatorem dobroci. Uzyskano moc szczytową 12,7 kW w czasie trwania impulsu 26 ns przy częstotliwości 100 Hz.

Bardzo duży udział Autora w tę pracę (60% przy 6. współautorach) dotyczył: zbudowania układu impulsowego lasera włóknowego o dużym rdzeniu aktywowanego jonami Er^{3+} generującego promieniowanie 2,8 μm , zbudowania układu pomiarowego, doboru optymalnej długości włókna aktywnego, układu chłodzenia włókna pomiarów charakterystyk energetycznych i widmowych oraz analizy i interpretacji uzyskanych wyników.

9. Praca [H9] dotyczyła zbadanie po raz pierwszy właściwości luminescencyjnych szkła fluorindowych domieszkowanych jonami Dy^{3+} w zakresie widmowym średniej podczerwieni w funkcji koncentracji domieszki oraz wykazania na podstawie eksperymentu najdłuższego czasu życia poziomu $^6\text{H}_{13/2}$ ($\tau=0,88$ ms) w szklach fluorindowych domieszkowanych jonami Dy^{3+} .

Udział Habilitanta w tę pracę wynosił 35%, przy 13. współautorach i dotyczył zaprojektowania stanowiska pomiarowego, wykonania pomiarów emisji spontanicznej oraz czasów zaniku dla próbek szklanych i światłowodów fluorindowych domieszkowanych jonami Dy^{3+} , wykonania analizy wyników eksperymentalnych, przygotowania wersji roboczej manuskryptu.

Uzyskane przez Habilitantkę wyniki badań są wartościowe, mają charakter nowatorski, czego dowodem są publikacje w renomowanych czasopismach.

Pewnym mankamentem jest fakt, że Habilitant nie jest Autorem żadnej publikacji samodzielnej.

3. Ocena dorobku naukowego

Doktor inżynier Łukasz Sójka przedstawił swoją działalność naukową w pięciu załącznikach.

Zauważa się znacząco większą aktywność naukową Habilitanta po uzyskaniu stopnia doktora. Habilitant jest współautorem 43 artykułów w tym 36 prac po uzyskaniu stopnia doktora (wszystkie artykuły zostały opublikowane w czasopismach z IF). Jest także współautorem 45 prac przedstawianych na konferencjach krajowych i zagranicznych.

Należy podkreślić, że Habilitant publikował prace w liczących się czasopismach z listy JCR takich jak: *Applied Science*, *Ceramics International*, *IEEE Photonics Technology Letters*, *Journal of Lightwave Technology*, *Journal of Luminescence*, *J. Opt. Soc. Am. B*, *J. of Rare Earths*, *Optical Materials*, *Optical Materials Express*, *Optics Express*, *Sensors*, *Optics Communication*, *Optics Letters*, *Optical and Quantum Electronics*, *Photonics*, *Scientific Reports*, *Sensors*.

Jest również współautorem dwóch rozdziałów w anglojęzycznych monografiach naukowych.

Bardzo ważną miarą dorobku naukowego każdego naukowca jest liczba cytowań jego prac. Według bazy Web of Science łączna liczba cytowań prac Pana Ł. Sójki wynosi 776 (668 z wyłączeniem autocytowań), natomiast wg. bazy Scopus odnotowano 945 cytowań (z wyłączeniem autocytowań jest równa 688). Indeks Hirscha wg. Scopus $H = 16$ (13 z wyłączeniem autocytowań). Jest to bardzo dobry wynik.

Sumaryczny impact factor według listy Journal Citation Reports (JCR) wynosi 88,9 (w tym po uzyskaniu stopnia doktora 76,4). Biorąc pod uwagę, ww. wskaźniki bibliometryczne uważam, że osiągnięcia Kandydata i Zespołu z którym współpracował są wystarczające w celu uzyskania awansu naukowego.

Działalność naukowa dra Łukasza Sójki jest bardzo dobrze spopularyzowana w krajowych i międzynarodowych środowiskach naukowych. Brał On aktywny udział w 40. krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych (w tym w 9 po doktoracie).

Kandydat wygłosił 11. referatów na krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych (w tym dziewięć po uzyskaniu stopnia doktora). Dotyczyły one tematyki ściśle skorelowanej z ocenianym dorobkiem naukowym.

Habilitanta brał również udział w trzech projektach badawczych. Był On kierownikiem jednego projektu finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Uczestniczył również w programie COST Project MP1401 w ramach którego otrzymał granty na udział w konferencji SPIE Photonics Europe oraz STSM (short scientific mission) na wizytę badawczą na Uniwersytecie w Nottingham.

Doktor Karol Krzempek recendowed aż 80 artykułów zgłoszonych do następujących czasopism: *Optics Letters, Optics Express, Optical Materials Express Applied Optics, JOSA B Photonics Research, Optics Continuum, IEEE Photonics Technology Letters, IEEE Journal of Quantum Electronics, Optics Laser Technology, Journal of Luminescence, Optical Materials, Ceramic International, Optical Quantum Electronics, Scientific Reports, MDPI Sensors, MDPI Photonics, MDPI Materials, MDPI Applied Science, MDPI Nanomaterials, MDPI Crystals, MDPI Molecules, MDPI Coatings, MDPI Electronics, Laser Physics Letters, Optik, Spectrochimica Acta Part A.*

Pewnym mankamentem przygotowanej dokumentacji jest brak tabelarycznego zestawienia osiągnięć kandydata.

4. Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej

Doktor Łukasz Sójka w trakcie pracy na Politechnice Wrocławskiej prowadził ponad 2000 godzin zajęć dydaktycznych w formie wykładów, laboratoriów, seminariów oraz projektów. Prowadził wykłady z: Elementów sieci optycznych, Sieci Optycznych, Telekomunikacji światłowodowej, Transmisji danych, Mediów transmisyjnych 2, Projektowania bezpiecznej architektury ICT oraz laboratorium z: Telekomunikacji światłowodowej, Techniki cyfrowej, Przewodowych mediów transmisyjnych, Transmisji danych, a także zajęcia projektowe, seminaria i zajęcia w języku angielskim.

Był promotorem 8 prac magisterskich oraz 24 prac inżynierskich. Recenzował 2 prace magisterskie oraz 13 prac inżynierskich. Jestem członkiem komisji dyplomowej dla studiów pierwszego stopnia (inżynierskie) kierunku Telekomunikacja, specjalność Sieci Teleinformatyczne oraz komisji dyplomowej dla studiów drugiego stopnia (magisterskie) kierunku Cyberbezpieczeństwo, specjalność Cyberbezpieczeństwo.

Był edytorem pomocniczym w wysokopunktowanych czasopismach naukowych: *Frontiers, Sensors* oraz *Frontiers in Physics*.

Habilitant od 01-12-2014 do 31-01-2016 roku był zatrudniony na Uniwersytecie Nottingham (Nottingham, Wielka Brytania) jako *Research Assistant* w ramach projektu „Mid- to NEaR infrared spectroscopy for improved medical diagnostics” finansowanego przez Komisję Europejską w ramach 7 programu ramowego.

Kolejną aktywnością naukową była współpraca z Niemiecko-Amerykańską firmą Lisa Laser Products. Habilitant zajmował się badaniem laserów światłowodowych generujących w zakresie widmowym powyżej 2,5 μm .

Efektom tych staży była zdobyta wiedza z zakresu nowych laserów światłowodowych generujących promieniowanie w zakresie średniej podczerwieni, liczne publikacje naukowe oraz pozyskane projekty badawcze.

Doktor Łukasz Sójka był również aktywny w działalności organizacyjnej. Pełnił funkcję zastępcy kierownika oraz kierownika laboratoriów dydaktycznych pracowni czujników, systemów i sieci telekomunikacyjnych, Katedry Telekomunikacji i Teleinformatyki, Politechniki Wrocławskiej, byłem członkiem komitetu programowego konferencji SPIE Photonics Europe 2022 Fiber Lasers and Glass Photonics: Materials through Applications oraz członkiem w Polskim Komitecie Normalizacyjnym, sekcja Technika Światłowodowa.

Habilitant przed doktoratem otrzymał wyróżnienie w Ogólnopolskim Konkursie im. Adama Smolińskiego na najlepszą pracę dyplomową z dziedziny optoelektroniki w roku akademickim 2008/2009, pierwszą Nagrodę za prezentację pt. "*Mid-infrared emission from Pr³⁺ doped GeAsGaSe chalcogenide fiber*" na konferencji Optical Fiber and Their Applications, Białystok, 2014 Polska. Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora był wyróżniony nagrodą JM Rektora Politechniki Wrocławskiej w roku 2018 za działalność organizacyjną na rzecz Politechniki Wrocławskiej oraz został laureatem konkursu „Secundus” dla młodych naukowców z najlepszym dorobkiem publikacyjnym w 2020.

5. Wniosek końcowy

Analiza dorobku naukowego dr. Łukasza Sójki pozwala jednoznacznie stwierdzić, że osiągnięcia Habilitanta, ze szczególnym uwzględnieniem dorobku po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych wskazują na Jego znaczący wkład w rozwój dyscypliny naukowej automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.

Osiągnięcie naukowe w postaci dzieła jednotematycznego cyklu publikacji pt. **„Badania nad światłowodowymi źródłami promieniowania optycznego do zastosowań w zakresie widmowym średniej podczerwieni”** oraz dorobek publikacyjny, dydaktyczny i organizacyjny, a także walory aplikacyjne jej prac spełniają wymagania 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.). Dowodzą one właściwego poziomu Kandydata oraz odpowiedniego przygotowania do samodzielnego prowadzenia prac naukowo – badawczych.

Wnoszę o nadanie dr. inż. Łukaszowi Sójce stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.

