

Łódź, dn. 10 maja 2024 r.

Prof. dr hab. inż. Bogusław Więcek
Politechnika Łódzka
Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki
Instytut Elektroniki

RECENZJA

**osiągnięć naukowych dr. inż. Łukasza Sójki
w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych
w dyscyplinie Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne**

Recenzja została opracowana zgodnie z wymaganiami ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” z dnia 20 lipca 2018 r. na podstawie uchwały nr 658/II/2023 z dnia 21.11.2023 Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne (AEEiTK) Politechniki Warszawskiej, Recenzję sporządzono po szczegółowej analizie dokumentacji przedłożonej przez Habilitanta w dn. 21 sierpnia 2023 roku.

1. Sylwetka Kandydata do stopnia naukowego doktora habilitowanego

Dr inż. Łukasz Sójka ukończył studia magisterskie na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej w 2009 r. Rozprawę doktorską realizował na dwóch uczelniach, uzyskując stopień doktora nauk technicznych w Politechnice Wrocławskiej w 2014 r. oraz w Uniwersytecie w Nottingham w Wielkiej Brytanii w 2015 r. Rozprawa doktorska Habilitanta dotyczyła badań domieszkowanych materiałów światłowodowych. Obecna tematyka badawcza Kandydata do stopnia doktora habilitowanego nauk inżynieryjno-technicznych jest kontynuacją wcześniej rozpoczętych prac naukowych i dotyczy technologii wytwarzania, modelowania i pomiarów światłowodowych źródeł promieniowania domieszkowanych pierwiastkami ziem rzadkich w zakresie podczerwieni średniofalowej. Od 2016 r. dr inż. Łukasz Sójka pracuje na stanowisku adiunkta w grupie pracowników badawczo-dydaktycznych w Katedrze Telekomunikacji i Teleinformatyki Politechniki Wrocławskiej.

2. Ocena osiągnięcia naukowego

Dr inż. Łukasz Sójka przedstawił cykl 9. powiązanych tematycznie publikacji [H1-H9], które znajdują się na liście czasopism ze współczynnikiem wpływu IF (ang. Impact Factor). Kandydat sformułował osiągnięcie naukowe pt. „**Badania nad światłowodowymi źródłami promieniowania optycznego do zastosowań w zakresie widmowym średniej podczerwieni**”. Wg mojej oceny, tak sformułowane osiągnięcie jest oryginalne, dotyczy nowych i innowacyjnych aspektów naukowych oraz aplikacyjnych w zakresie technik światłowodowych, i może być rozpatrywane w kontekście promocji do stopnia doktora habilitowanego nauk inżynieryjno-technicznych.

Autoreferat w części dotyczącej osiągnięcia naukowego napisany jest poprawnie, jasno i logicznie. Na wstępie Autor omawia stan wiedzy z zakresu światłowodów domieszkowych i ich zastosowań. Kandydat przekonująco uzasadnia potrzebę prowadzenia badań nad nowymi strukturami światłowodów domieszkowanych do generacji promieniowania w zakresie średniej podczerwieni.

Cykl publikacji rozpoczyna interesująca praca [H1], która przedstawia wyniki badań szkła chalkogenidkowego (GeAsGaSe) domieszkowanego jonami prazeodymu Pr^{3+} . Autorzy, wśród których pierwszym jest dr inż. Ł. Sójka, zaproponowali pompowanie rezonansowe z zastosowaniem lasera kwantowo-kaskadowego promieniującego na długości fali 4,15 μm . Koncepcja rezonansowego pompowania umożliwiła potwierdzenie postawionej tezy o absorpcji ESA promieniowania przez nośniki ze stanu wzbudzonego, w tym przypadku $^3\text{H}_5$. Dzięki pompowaniu rezonansowemu osiągnięto dużą, powyżej 50%, wartość wydajności kwantowej generacji fali o długości 4,8 μm . W pracy pojawia się stwierdzenie o laserowym charakterze generacji promieniowania, co wg recenzenta jest dyskusyjne lub przynajmniej nieściśle, biorąc pod uwagę np. szerokość pasma generowanego promieniowania. Być może lepiej byłoby stosować sformułowanie: „hybrydowa, laserowo-spontaniczna emisja promieniowania”, które lepiej definiuje zjawisko fizyczne, jakie ma zachodzić w światłowodzie. Na podkreślenie zasługuje fakt, że badania eksperymentalne zostały potwierdzone wynikami modelowania światłowodu. Równolegle prowadzone badania teoretyczne i eksperymentalne w zakresie fotoniki, to dobra praktyka, która prowadzi do przedstawiania uogólniających wniosków i konsekwencji przekłada się na wysoką wartość naukową prac. Dr inż. Łukasz Sójka jest pierwszym autorem, choć nie jest autorem korespondencyjnym, a praca została wykonana i opublikowana przy współpracy z zespołem z Uniwersytetu w Nottingham. Głównym osiągnięciem Habilitanta jest uwzględnienie w modelu efektu absorpcji promieniowania pompującego podczas przejść nośników ze stanu wzbudzonego $^3\text{H}_5$. Udział dra Łukasza Sójki w przygotowaniu tej pracy został oszacowany na poziomie 50%.

Prace [H2] i [H1] dotyczą podobnej tematyki. Obie zostały opracowane przez naukowców z Politechniki Wrocławskiej i Uniwersytetu w Nottingham. W tym przypadku autorzy zbadali światłowód chalkogenidkowy domieszkowany jonami terbu Tb^{3+} . Praca [H2], podobnie jak poprzednia, łączy badania eksperymentalne z wynikami symulacji czasów życia nośników, przekrojów czynnych oraz wydajności kwantowej emisji. Badania przedstawione w [H2] dotyczą światłowodowych źródeł promieniowania w zakresie średniej podczerwieni z emisją spontaniczną. Ten sposób generacji fotonów może prowadzić do wytworzenia tanich źródeł promieniowania o szerszym zakresie charakterystyki widmowej. Habilitant jest pierwszym autorem z udziałem oszacowanym na 50%.

Publikacja [H3] rozpoczyna cykl, w którym autorzy przedstawiają wyniki badań eksperymentalnych szerokopasmowych światłowodowych źródeł światła o emisji spontanicznej. W omawianej publikacji szerokie pasmo emisji w zakresie MWIR 2,1-6 μm uzyskano poprzez jednoczesne domieszkowanie szkła chalkogenidkowego jonami dysprozu Dy^{3+} i prazeodymu Pr^{3+} . Pierwsza domieszka odpowiada na emisję promieniowania wokół fali o długości fali 3 μm , a druga 4,5 μm . Ważnym aspektem praktycznym przedstawionych badań jest podwójny układ pompowania laserowego promieniowaniem w zakresie bliskiej podczerwieni o różnej i zmiennej mocy, co umożliwia kształtowanie charakterystyki widmowej emisji. Warto zwrócić uwagę, że praca [H3] została opublikowana jako zaproszona przez redakcję renomowanego czasopisma „Optical Materials Express” w 2019 r. Mimo dużej liczby współautorów (9), Kandydat do stopnia doktora habilitowanego zadeklarował swój udział na poziomie 60% i podobnie jak w poprzednich pracach, jest pierwszym autorem.

Kolejna praca [H4] przedstawia wyniki eksperymentów i dotyczy badań światłowodów wykonanych ze szkła chalkogenidkowego GeAsGaSe domieszkowanego jonami prazeodymu Pr^{3+} dla uzyskania szerokopasmowej charakterystyki emisji. Uwagę zwraca duża dysproporcja pomiędzy długością fali i energią promieniowania generowanego i pompującego. Pompowanie próbek światłowodów o długości 70 mm przeprowadzono stosując diody laserowe pracujące w zakresie bliskiej podczerwieni 1,47-1,511-1,69 μm , a charakterystyka emisji, dzięki przejściom $^3\text{F}_4, ^3\text{F}_3 \rightarrow ^3\text{F}_2, ^3\text{H}_6$, $^3\text{F}_2, ^3\text{H}_6 \rightarrow ^3\text{H}_5$ oraz $^3\text{H}_5 \rightarrow ^3\text{H}_4$, pokrywała zakresy 6,2-8 μm i 3,5-8 μm . Osiągnięto niewielką sprawność energetyczną proponowanych szerokopasmowych

światłowodowych źródeł promieniowania MIR, która wyniosła zaledwie ok. 0,1% w odniesieniu do mocy optycznej źródła pompującego. Autorzy stwierdzili, że moc lasera pompującego zastała ograniczona do 2 W ze względu na możliwość trwałego uszkodzenia światłowodu. Wydaje się, że przy tak małej wartości sprawności generacji optycznej, uzasadnione byłoby przedstawienie analizy energetycznej związanej z generacją ciepła i rozkładami temperatury w światłowodowych źródłach promieniowania, w których występuje zjawisko laserowe lub fotoluminescencja. Autorzy publikacji, na czele z dr. inż. Łukaszem Sójką wyznaczyli wartość mocy optycznej fotoluminescencji ok. 1 mW. Stwierdzili przy tym, że jest to duże osiągnięcie praktyczne w technice światłowodów chalcogenidkowych domieszkowanych jonami Pr^{3+} . Można się z tym wnioskiem zgodzić, ale z pewnym zastrzeżeniem. Ze względu na bardzo małą sprawność energetyczną i problemy termiczne, zastosowanie w praktyce takich źródeł promieniowania, na tym etapie rozwoju technologii, jest wątpliwe. Jako pierwszy autor, dr inż. Łukasz Sójka określił swój wkład w przygotowania pracy [H4] na 60%.

Publikacja [H5] w cyklu potwierdzającym osiągnięcie naukowe ma charakter pracy eksperymentalnej i zawiera wyniki badań światłowodu chalcogenidkowego GeAsGaSe domieszkowanego jonami samaru Sm^{3+} . Tym razem uzyskano pasmo emisji spontanicznej w początkowych zakresie długofalowej podczerwieni o długości fali ok. 9 μm przy krótkim czasie życia nośników w stanie wzbudzenia na poziomie ok. 100 μs . Zastosowano dużą moc pompowania równą 300 mW generowaną w zakresie bliskiej podczerwieni 1470 i 1300 nm. Nie podano mocy wyjściowej źródła i sprawności energetycznej źródła promieniowania, co może sugerować, przez porównanie wyników poprzedniej pracy [H4], że sprawność energetyczna była niewielka. Dr inż. Łukasz Sójka jest drugim autorem z 30% udziałem w przygotowanie publikacji. Praca [H5] była wykonana przy współpracy z partnerami z Uniwersytetu w Nottingham w ramach projektu finansowanego przez British Council.

Kolejne 3 publikacje [H6], [H7], [H8] dotyczą badań światłowodów fluorocyrykonowych ZBLAN. Jest to obiecująca technologia umożliwiająca generowanie sygnałów optycznych o dużych wartościach mocy i energii. W pracy [H6], która ma wyraźnie eksperymentalny charakter, przedstawiono oryginalne wyniki badań światłowodu ZBLAN domieszkowanego jonami prazeodymu Pr^{3+} , uzyskując ciągłą moc promieniowania $P = 0,554 \text{ W}$ dla długości fali ok. 3 μm , przy mocy pompującej większej niż 3 W dostarczonej do rdzenia, przy sprawności 18%. Uzyskanie tak dużej mocy wyjściowej wymagało opracowania rezonatora optycznego oraz lasera pompującego pracującego w zakresie NIR (1,1 μm) o mocy 8 W. Dr inż. Łukasz Sójka jest pierwszym autorem pracy [H6] z udziałem 50%, a wśród współautorów pojawił się przedstawiciel z przemysłu z LISA Laser Products z Niemiec.

Prace [H7] i [H8] dotyczą światłowodów ZBLAN generujących promieniowanie w trybie impulsowym. Publikacja [H7] dotyczy światłowodu tradycyjnie domieszkowanego jonami erbu Er^{3+} , co zapewniło wystarczający długi czas życia nośników w stanie wzbudzenia ok. 7 ms do generacji impulsów o dużej energii. Uzyskano energię impulsu 46 μJ oraz moc szczytową 0,82 kW przy częstotliwości impulsów 10 kHz i czasie ich trwania 56 ns. Zastosowano pompowanie płaszczowe falą o długości 0,976 μm i mocy ciągłej 30 W oraz modulację dobroci rezonatora za pomocą układu akusto-optycznego. Podobna publikacja [H8] przedstawia wyniki badań światłowodu ZBLAN domieszkowanego jonami erbu, który umożliwia generację impulsów o jeszcze większej energii 330 μJ i mocy szczytowej impulsów 12, kW, i czasie trwania 26 ns. Tak wysokie energie i moce optyczne były możliwe do osiągnięcia poprzez zwiększenie średnicy rdzenia z 15 μm (praca [H7]) do 35 μm (praca H8). Obie prace [H7] i [H8] zostały przygotowane w tym samym zespole badawczy z Politechniki Wrocławskiej, Uniwersytetu w Nottingham i firmy Lisa Laser Products. W obu artykułach dr inż. Łukasz Sójka jest pierwszym autorem z udziałem w przygotowaniu publikacji 60%.

Ostatnia praca [H9] zgłoszona w cyklu potwierdzającym osiągnięcie naukowe ma charakter badań podstawowych szkła fluorindowego domieszkowanych jonami prazeodymu Pr^{3+} , jako materiału do wytwarzania światłowodów generujących promieniowanie o dużej mocy

w średnim paśmie podczerwieni. Badania były prowadzone w kierunku oceny wpływu koncentracji domieszki na parametry fotoluminescencji, w tym głównie na czas życia nośników. Publikacja [H9] została przygotowana w zespole 14 badaczy, w tym pracowników Uniwersytetu w Nottingham, ale także Uniwersytetu Śląskiego, Akademii Górniczo-Hutniczej, Wojskowej Akademii Technicznej i Uniwersytetu Technologicznego w Białymstoku. Udział dr. inż. Łukasza Sójki – pierwszego autora – wynosi 35%.

Reasumując ocenę osiągnięcia naukowego dr. inż. Łukasza Sójki, Kandydata do stopnia doktora habilitowanego nauk inżynieryjno-technicznych, potwierdzonego publikacjami z listy JCR, można stwierdzić, że osiągnięcie polegające na badaniach materiałów i światłowodów do generacji promieniowanie w średniofalowym zakresie promieniowania podczerwonego jest znaczące, zarówno z poznawczego (naukowego), jak i praktycznego punktu widzenia. W 8/9 publikacjach dr inż. Łukasz Sójka jest pierwszym autorem w wkładem średnio ok. 50%. Kandydat organizował i prowadził prace eksperymentalne, aktywnie uczestniczył w opracowaniu modeli zjawisk fotonicznych zachodzących w światłowodach, analizował uzyskane rezultaty i brał udział w przygotowaniu publikacji.

W związku z powyższym, w opinii recenzenta, omawiane osiągnięcie naukowe może być przedstawione jako osiągnięcie naukowe w dyscyplinie Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne w procesie nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk inżynieryjno-technicznych.

3. Ocena istotnej aktywności naukowej

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych, tj. począwszy od 2014 roku, prócz publikacji potwierdzających osiągnięcie naukowe [H1-H9], dr inż. Łukasz Sójka przedstawił 29 współautorskich dodatkowych prac indeksowanych na liście czasopism JCR oraz znajdujących na liście MNiSW, w większości z punktacją 100 i 140p. Na podkreślenie zasługuje fakt, że publikacje te zostały wykonane w zespołach badawczych skupiających naukowców różnych uczelni krajowych i zagranicznych, w tym głównie z Uniwersytetu w Nottingham.

Wskaźniki bibliometryczne dr. inż. Łukasza Sójki z nadmiarem spełniają wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego nauk inżynieryjno-technicznych. Wg bazy Web of Science liczba cytowań wynosi 589 (bez autocytowań), indeks Hirscha = 15, łączny współczynnik wpływu IF=88,9, a liczba punktów publikacji wg listy MNiSW jest równa 1980 na dzień przygotowania autoreferatu. Ponadto, po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych, dr inż. Łukasz Sójka był współautorem 21 referatów konferencyjnych.

Dorobek naukowy i publikacyjny dr. inż. Łukasza Sójki potwierdza wysoki poziom merytoryczny prowadzonych prac badawczych oraz ich zespołowy charakter z istotnym wkładem Habilitanta w przygotowaniu publikacji. Można zauważyć rosnącą aktywność naukową Kandydata po uzyskaniu stopnia doktora, która osiągnęła apogeum w latach 2018-2020. Do wyżej przedstawionych osiągnięć naukowych Habilitanta należy dodać 3 projekty badawcze, w których uczestniczył. W jednym z nich, w programie Iuventus Plus, dr inż. Łukasz Sójka był kierownikiem, a w innym pracował jako wykonawca. Brał udział w programie finansowanym przez Unię Europejską FP7, ramach którego był zatrudniony na stanowisku Postdoctoral Researcher. Ponadto, dr inż. Łukasz Sójka jest aktywnym i cenionym recenzentem w wielu międzynarodowych czasopismach, dla których wykonał recenzje kilkudziesięciu publikacji.

Reasumując, działalność naukowa dr. inż. Łukasza Sójki po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych potwierdza wysoki poziom prac naukowych prowadzonych przez Kandydata w obszarze światłowodowych źródeł promieniowania w zakresie średniej podczerwieni.



4. Ocena aktywności naukowej Kandydata realizowanej w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej

Ważnym kryterium oceny kandydata na samodzielnego pracownika nauki jest współpraca z partnerami z innych ośrodków naukowych w kraju i zagranicą. Dr inż. Łukasz Sójka rozwija kontakty naukowe z zespołem George Green Institute for Electromagnetics Research, Mid-Infrared Photonics Group, w Uniwersytecie w Nottingham w Wielkiej Brytanii. Był tam zatrudniony w charakterze asystenta naukowego w ramach ramowego projektu Komisji Europejskiej FP7 pt. MID- to NEaR infrared spectroscopy for improVed medical diAgnostics (MINERVA) w okresie ponad dwóch lat po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych (01.12.2014 r. – 31.01.2016 r.). Sam fakt zatrudnienia na zagranicznym uniwersytecie nie jest tak ważny, jak jego wymierne rezultaty w postaci wielu współautorskich publikacji. Istotne jest także, że ta współpraca była kontynuowana po zakończeniu stażu w 2016 r. i jest kontynuowana do dziś. Jej owocem jest zbiór kilkudziesięciu prac naukowych z zakresu fotoniki i technik światłowodowych, w tym także w obszarze światłowodowych źródeł promieniowania w zakresie podczerwieni, co bezpośrednio dotyczy promocji habilitacyjnej. Oczywiście współpraca z Uniwersytetem w Nottingham nie jest osiągnięciem samego Habilitanta, ale całej grupy badaczy o uznanym w kraju i na świecie autorytecie, zajmujących się fotoniką w Politechnice Wrocławskiej.

Ponadto, można odnotować początek współpracy z zagranicznym partnerem przemysłowym z niemiecko-amerykańskiej firmy LISA Laser Products, która produkuje lasery na ciele stałym, emitujące promieniowanie w zakresie podczerwieni do zastosowań medycznych.

Dr inż. Łukasz Sójka wraz z zespołem z Politechniki Wrocławskiej rozwija także współpracę naukową z partnerami z uczelni w kraju, w tym z Politechniki Warszawskiej, Politechniki Białostockiej, Akademii Górniczo-Hutniczej, Wojskowej Akademii Technicznej i Uniwersytetu Śląskiego, o czym świadczą wspólne publikacje.

Na podstawie przedstawionego dorobku dr. inż. Łukasza Sójki można stwierdzić, że współpraca naukowa realizowana wspólnie z naukowcami z innych ośrodków, w szczególności z zagranicznych, została potwierdzona publikacjami i spełnia z nadmiarem kryteria stawiane w tym zakresie kandydatom do stopnia doktora habilitowanego nauk inżynierijsko-technicznych. Dr inż. Łukasz Sójka mimo młodego wieku, jest cenionym i rozpoznawalnym naukowcem w krajowym i zagranicznym środowisku naukowym w obszarze technologii światłowodowych.

5. Wniosek końcowy

Na podstawie szczegółowej analizy dorobku naukowego dr. inż. Łukasza Sójki można stwierdzić, że przedłożony do oceny cykl publikacji dotyczący osiągnięcia naukowego pt. „**Badania nad światłowodowymi źródłami promieniowania optycznego do zastosowań w zakresie widmowym średniej podczerwieni**” jest merytorycznie spójny i potwierdza osiągnięcie naukowe Habilitanta. Wyniki przedstawionych prac stanowią oryginalny i znaczący wkład dr. inż. Łukasza Sójki do dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne. Współpraca Habilitanta z innymi ośrodkami naukowo-badawczymi w kraju i zagranicą odpowiada wymaganiom, jakie powinni spełnić kandydaci do stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk inżynierijsko-technicznych.

Wyrażam jednoznacznie pozytywną opinię przedstawionego dorobku naukowego i popieram wniosek o nadanie dr. inż. Łukaszowi Sójce stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynierijsko-technicznych w dyscyplinie Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne.



