

Łódź, 27 września 2023 r.

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

RECENZJA

**osiągnięć naukowych dr. inż. Karola Krzempeka
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” określonymi w Dz. U. 2023, poz. 742 oraz na podstawie uchwały Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne z dnia 19 czerwca 2023 r. powołującej recenzentów w postępowaniu habilitacyjnym dr. inż. Karola Krzempeka. Postępowanie habilitacyjne jest prowadzone w Politechnice Wrocławskiej. Recenzję sporządzono na podstawie dokumentacji przedłożonej przez Habilitanta w marcu 2023 roku.

1. Sylwetka Kandydata do stopnia naukowego doktora habilitowanego

Dr inż. Karol Krzempek ukończył studia magisterskie na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej w 2010 r., a stopień doktora nauk technicznych uzyskał w 2016 r. w macierzystej uczelni. Zarówno praca magisterska i rozprawa doktorska Habilitanta realizowane były w obszarze fotoniki i wiążą się z rozwijaną obecnie przez Kandydata tematyką badawczą, która dotyczy szeroko rozumianej spektrometrii w zastosowaniach do detekcji gazów. Obecnie Kandydat do stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk inżynieryjno-technicznych jest pracownikiem naukowym Wydziału Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów Politechniki Wrocławskiej.

2. Ocena osiągnięcia naukowego

Dr inż. Karol Krzempek przedstawił cykl 10. powiązanych tematycznie publikacji [H1-H10], które znajdują się liście czasopism ze współczynnikiem wpływu IF (ang. Impact Factor) oraz współautorski patent. Kandydat sformułował osiągnięcie naukowe pt. „**Wykorzystanie efektu fototermicznego w laserowej detekcji gazów**”. Wg mojej wiedzy tak sformułowane osiągnięcie jest oryginalne i nie budzi wątpliwości przy ocenie dorobku Kandydata do stopnia doktora habilitowanego nauk inżynieryjno-technicznych.

[H1] Karol Krzempek, G. Dudzik, K. Abramski, G. Wysocki, P. Jaworski, M. Nikodem, "Heterodyne interferometric signal retrieval in photoacoustic spectroscopy," Optics Express 26(2), 1125–1132 (2018). IF2021 = 3,833; 140 pkt MEiN2022

[H2] Karol Krzempek, A. Hudzikowski, A. Głuszek, G. Dudzik, K. Abramski, G. Wysocki, M. Nikodem, "Multi-pass cell-assisted photoacoustic/photothermal spectroscopy of gases using quantum cascade laser excitation and heterodyne interferometric signal detection," Applied Physics B 124(5), 1–6 (2018). IF2021 = 2,171; 70 pkt MEiN2022

- [H3] G. Dudzik, Karol Krzempek, K. Abramski, G. Wysocki, "Solid-state laser intra-cavity photothermal gas sensor," *Sensors and Actuators B: Chemical* 328, 129072 (2021). IF2021 = 9,221; 140 pkt. MEiN2022
- [H4] Karol Krzempek, G. Dudzik, K. Abramski, "Photothermal spectroscopy of CO₂ in an intracavity mode-locked fiber laser configuration," *Optics Express* 26(22), 28861–28871 (2018). IF2021 = 3,833; 140 pkt MEiN2022
- [H5] Karol Krzempek, P. Jaworski, P. Bojęś, P. Kozioł, "Photothermal gas detection using a mode-locked laser signal readout," *Journal of Lightwave Technology* 40(13), 4436–4442 (2022). IF2021 = 4,439; 140 pkt MEiN2022
- [H6] Karol Krzempek, "Sensitive mid-infrared photothermal gas detection enhanced by self-heterodyne harmonic amplification of a mode-locked fiber laser probe," *Optics Express* 30(17), 31354–31366 (2022). IF2021 = 3,833; 140 pkt MEiN2022
- [H7] Karol Krzempek, P. Jaworski, P. Kozioł, W. Belardi, "Antiresonant hollow core fiber-assisted photothermal spectroscopy of nitric oxide at 5.26 μm with parts-per-billion sensitivity," *Sensors and Actuators B: Chemical* 345, 130374 (2021). IF2021 = 9,221; 140 pkt MEiN2022
- [H8] Karol Krzempek, "Part-per-billion level photothermal nitric oxide detection at 5.26 μm using antiresonant hollow-core fiber-based heterodyne interferometry," *Optics Express* 29(20), 32568–32579 (2021). IF2021 = 3,833; 140 pkt MEiN2022
- [H9] P. Bojęś, P. Pokryszka, P. Jaworski, F. Yu, D. Wu, Karol Krzempek, "Quartz-Enhanced Photothermal Spectroscopy-Based Methane Detection in an Anti-Resonant Hollow-Core Fiber," *Sensors* 22(15), 5504 (2022). IF2021 = 3,847; 100 pkt MEiN2022
- [H10] Karol Krzempek, "A review of photothermal detection techniques for gas sensing applications," *Applied Sciences* 9(14), 2826 (2019). IF2021 = 2,838; 100 pkt MEiN2022

Dr inż. Karol Krzempek zdefiniował 3 obszary badawcze potwierdzające osiągnięcie naukowe poparte spójną i powiązaną tematycznie listą publikacji [H1-H10]. Pierwszy z nich dotyczy zastosowania detekcji heterodynowej wraz z metodą fototermiczną do wykrywania i pomiaru koncentracji gazów. Drugi obszar wiąże się także z detekcją gazów, lecz tym razem za pomocą światłowodowych włókien antyrezonansowych. Ostatni obszar rozwijany przez Kandydata to zastosowanie rezonatorów kwarcowych w układach interferometrów światłowodowych. Wszystkie przedstawione do oceny prace wiążą fototermiczny charakter detekcji gazów metodami interferometrycznymi.

W zakresie badań z zastosowaniem heterodynowych metod detekcji gazów dr K. Krzempek wyraźnie podkreśla przewagę tego podejścia w porównaniu z metodami homodynowymi. Wydaje się, że taki wniosek jest zbyt daleko idący i nie poparty „twardym” materiałem badawczym. Autor nie przedstawił wyników porównawczych badań obu metod, a swoje wnioski wyciągnął na podstawie wybranych danych literaturowych i własnych przemyśleń. W ogólnym przypadku, metoda homodynowa charakteryzuje się lepszymi właściwościami szumowymi w porównaniu z heterodynowym mieszaniem sygnałów. Ponadto, układ pomiarowy przedstawiony w pracach [H1-H2] zawiera dodatkowe elementy w postaci modulatora akusto-optycznego i demodulatora po stronie elektrycznej, które też wprowadzają szumy. Warto przeprowadzić badania i opublikować pracę, która w sposób ilościowy porównuje obie metody.

Interesująca współautorska praca [H3] przedstawia zintegrowany sensor fotoniczny do fototermicznej detekcji gazów. Choć dr K. Krzempek nie jest głównym autorem tej pracy, to udział w opracowaniu sensora zintegrowanego z komorą detekcyjną świadczy o szerokim spektrum zainteresowań badawczych Kandydata.

Lektura autoreferatu i przedstawionych publikacji pozwala stwierdzić, że główne osiągnięcia naukowe dr. K. Krzempeka po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych znajdują się w obszarze zastosowań pierścieniowych i liniowych rezonatorów światłowodowych oraz antyrezonansowych włókien światłowodowych do detekcji gazów [H4-H7]. W tych publikacjach udział dr. K. Krzempeka jest znaczący i wynosi 85-100%.

Dorobek naukowy Kandydata do stopnia doktora habilitowanego nauk inżyniersko-technicznych ma głównie charakter badań eksperymentalnych. Część praktyczna wyraźnie dominuje nad częścią teoretyczną. Wydaje się, że dopiero połączenie obu aspektów prac naukowych – teorii i praktyki, może prowadzić do uzyskania najbardziej wartościowych rezultatów. Można zaryzykować stwierdzenie, że nawet najbardziej spektakularne prace eksperymentalne nie prowadzą do uogólnień naukowych. Zawsze, bowiem można zapytać, czy zmiana warunków pomiaru nie zmieni wyników eksperymentu. W literaturze spotyka się takie prace pod nazwą szczególnych przypadków (ang. „case study”). Powyższa uwaga nie deprecjonuje osiągnięć naukowych i nie obniża mojej oceny dorobku naukowego Kandydata, a jest jedynie wskazówką do dalszych badań w celu osiągnięcia jeszcze lepszych rezultatów.

Główne osiągnięcia naukowe Kandydata, które sam zdefiniował, dotyczy zjawisk fototermicznych w detekcji gazów. Lektura autoreferatu i załączonych publikacji pozostawia pewien niedosyt. Szczegółowo i profesjonalnie Autor przedstawia zjawiska, problemy naukowe i wyniki z obszaru fotoniki, natomiast całkowicie pomija odniesienia do problematyki termicznej. Nie zauważyłem w publikacjach choćby elementarnej analizy wpływu temperatury na wyniki pomiarów fotonicznych. Oczywiście zagadnienia naukowe na pograniczu różnych dziedzin są złożone i trudne do rozwiązania. Często wymagają działań w zespołach interdyscyplinarnych, ale z drugiej strony są dziś wyzwaniem dla wielu naukowców oraz całych zespołów badawczych i prowadzą do osiągania bardzo wartościowych wyników. Przykładowo, Kandydat przy pracy [H4] deklaruje analityczny opis badań, który mimo zapowiedzi jest ubogi.

Należy podkreślić, że dr Karol Krzempek pracuje w ośrodku z dużą tradycją badań w zakresie fotoniki. Ośrodek ten był i jest kierowany przez autorytety naukowe w tej dziedzinie i jest znakomicie wyposażony w specjalistyczną aparaturę naukową. Ten fakt umożliwia Kandydatowi prowadzenie ambitnych i na wysokim poziomie prac naukowych. Obecnie najważniejsze osiągnięcia naukowe uzyskują zespoły badaczy, często z różnych dziedzin i krajów. Tak jest również i w rozważanym przypadku. W związku z powyższym, razi trochę forma osobowa autoreferatu, w którym Kandydat często podkreśla swój wkład oraz pionierski charakter własnych osiągnięć. Wydaje się, że w przypadku Kandydata o ponadprzeciętnych osiągnięciach potwierdzonych publikacjami i wskaźnikami bibliometrycznymi, a takim jest moim zdaniem dr K. Krzempek, jest to zbędne. W tym miejscu nasuwa się jeszcze jedna uwaga. Dr inż. K. Krzempek wnioskuje o stopień samodzielnego pracownika nauki. Samodzielny pracownik nauki powinien emanować wiedzą i przekazywać ją młodszym badaczom, szczególnie dziś, kiedy brakuje rąk do prac naukowych. To oznacza, że nie wypada czasem pisać w 1. osobie liczby pojedynczej. Usprawiedliwieniem być może jest młody wiek Kandydata, który w okresie dynamicznego rozwoju naukowego i osiągania nowych szczytów kariery zawodowej, chce podkreślić swój wkład do nauki. W tym kontekście z uznaniem przyjąłem informację, że dr Krzempek kieruje Grupą Laserowej Spektroskopii Gazów w Politechnice Wrocławskiej. Zabrakło mi jednak informacji, w jakim wieku i jakich specjalności są badacze będący członkami tego gremium. Może studenci i młodzi absolwenci?

Autoreferat został przygotowany logicznie. Habilitant wskazuje na najważniejsze osiągnięcie przedstawione w danej pracy, a jednocześnie przedstawia jej związek w poprzednimi pracami. Reasumując tę część opinii stwierdzam, że osiągnięcie naukowe dr. inż. Karola Krzempka jest oryginalne, a wkład merytoryczny Kandydata do dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne jest znaczący. Uwagi krytyczne są wskazówką dla Habilitanta do prowadzenia dalszych badań i kształcenia młodej kadry naukowej.

3. Ocena aktywności naukowej po uzyskaniu stopnia doktora

Na podstawie ocenianej dokumentacji, można skonstatować, że aktywność naukowa dr. inż. Karola Krzempka istotnie wzrosła po uzyskaniu stopnia doktora nauk inżyniero-technicznych, głównie w obszarze laserowej spektroskopii gazowej. Wg bazy Web of Science z września tego roku, liczba cytowań wynosi 649 (bez autocytowań) a indeks Hirsha = 18. Nie jest to zgodne z parametrami deklarowanymi przez Habilitanta na str. 47. autoreferatu, ale są to i tak wskaźniki adekwatne dla kandydata do stopnia doktora habilitowanego nauk inżyniero-technicznych.

Łącznie po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych, czyli w okresie 7 lat, Kandydat opublikował 33 prace, z czego 27 dotyczyły spektroskopii laserowej, co oznacza 4 publikacje/rok. Jest to znakomity wynik, który jeszcze raz potwierdza zespołowy charakter badań Habilitanta, co uważam za prawidłowe działanie w rozwoju współczesnej nauki.

Imponujący jest także dorobek Habilitanta w zakresie udziału w projektach badawczych, co bezpośrednio wiąże się z liczbą publikacji w czasopiśmie z listy JCR. Łączna liczba projektów, w których dr inż. Karol Krzempek brał udział wynosi 15, w tym w 4. projektach kandydat był kierownikiem. Duża liczba projektów to projekty międzynarodowe realizowane w dużych, interdyscyplinarnych zespołach naukowych.

Reasumując, działalność naukowa dr. inż. Karola Krzempka po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych jest znacząca i potwierdza wysoki poziom prac naukowych prowadzonych przez Kandydata w zakresie laserowej spektrometrii gazowej.

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

Dr inż. Karol Krzempek współpracuje z naukowcami z zagranicznych i krajowych uniwersytetów i ośrodków naukowych. Współpraca ta, oprócz wspólnych publikacji, owocuje również pozyskiwaniem projektów i zewnętrznego finansowania badań naukowych. Można stwierdzić, że w tym obszarze, aktywność Kandydata jest skuteczna, co jest niezbędnym elementem działalności samodzielnego pracownika nauki. Na szczególną uwagę zasługuje udział dr inż. Karola Krzempka w projektach badawczych w charakterze kierownika.

Dr inż. Karol Krzempek rozwija działalność badawczą i publikacyjną wspólnie z partnerami z innych ośrodków naukowych w kraju i za granicą. Jeszcze w roku obrony doktoratu (2016 r.) odbył staż naukowy w laboratorium laserowej spektroskopii gazów w Princeton University. Ten pobyt i przeprowadzone badania zaowocowały 3. publikacjami, z czego 2. znajdują się na liście prac potwierdzających osiągnięcie naukowe [H2,H3].

W latach 2019-2022 Kandydat do stopnia doktora habilitowanego nauk inżynierijno-technicznych nawiązał współpracę z Uniwersytetem w Lille we Francji oraz instytutem Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics w Chinach. Wspólne prace badawcze prowadzone były w obszarze antyrezonansowych włókien światłowodowych z rdzeniem powietrznym i stanowią moim zdaniem główne osiągnięcie naukowe Kandydata. W ramach tej współpracy opublikowano 2. wspólne prace z partnerami zagranicznymi. Podobne badania z włóknami z rdzeniem powietrznym dr K. Krzempek prowadził z badaczami z University of Bath w Wielkiej Brytanii. Ogółem naukowa współpraca międzynarodowa z 3. jednostkami w obszarze światłowodów powietrznych umożliwiła opublikowanie 3. prac w czasopismach z listy JCR.

Ponadto, dr K. Krzempek wspólnie z naukowcami z Uniwersytetu Umea, w Szwecji oraz z Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu opublikował kolejne 4 prace w obszarze źródeł promieniowania do zastosowań w laserowej spektrometrii gazowej. Łącznie, po doktoracie, Kandydat przedstawił 9 publikacji w czasopismach z listy JCR i 18 w materiałach pokonferencyjnych będących rezultatem międzynarodowej współpracy naukowej.

Na podkreślenie zasługuje również fakt, że współpraca z krajowymi i zagranicznymi ośrodkami naukowymi umożliwiła pozyskanie finansowania badań w ramach krajowych i międzynarodowych projektów badawczych, wśród których można wymienić projekty MINIATURA, NAWA, FIRST TEAM, SONATA, TANGO oraz projekty międzynarodowe, w tym 2 granty polsko-chińskie.

Na podstawie przedstawionego dorobku dr. inż. K. Krzempka można stwierdzić, że współpraca z innymi ośrodkami naukowymi, w szczególności zagranicznymi, została potwierdzona publikacjami i odpowiada z nadmiarem kryteriom stawianym kandydatom do stopnia doktora habilitowanego nauk inżynierijno-technicznych. Dr inż. K. Krzempek jest znanym i cenionym badaczem w krajowym i międzynarodowym środowisku naukowym zajmującym się laserową spektroskopią gazów.

5. Wniosek końcowy

Na podstawie szczegółowej analizy dorobku naukowego dr. inż. Karola Krzempka mogę stwierdzić, że przedłożony do oceny cykl publikacji dotyczący osiągnięcia naukowego pt. „Wykorzystanie efektu fototermicznego w laserowej detekcji gazów”, jest merytorycznie spójny i potwierdza osiągnięcie naukowe Habilitanta. Wyniki przedstawionych prac stanowią oryginalny i znaczący wkład dr. inż. Karola Krzempka do dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne. Współpraca z innymi ośrodkami naukowo-badawczymi w kraju i zagranicą jest ponadprzeciętna dla kandydatów do stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk inżynierijno-technicznych.

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



