



**Wojskowa  
Akademia  
Techniczna**  
Im. Jarosława Dąbrowskiego

**Instytut  
Optoelektroniki** 

Warszawa, dn. 16.08.2023 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](mailto:zbigniew.bielecki@wat.edu.pl)

## **OPINIA**

### **dorobku naukowego i osiągnięcia naukowego - jednotematycznego cyklu publikacji dr. inż. Karola Krzempka ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego**

#### **1. Informacje ogólne**

Podstawą do przygotowania niniejszej opinii jest pismo z dnia 26 czerwca 2023 r. od Pana prof. dr. hab. inż. Andrzeja Dziedzica, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne. W piśmie tym, prof. Andrzej Dziedzic informuje, że Rada Dyscypliny Naukowej AEEiTK, na posiedzeniu w dniu 19 czerwca 2023r. powołała komisję habilitacyjną w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego dr. inż. Karolowi Krzempkowi, 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 i angielskim,
- 3) wykazu osiągnięć naukowych albo artystycznych, stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny,
- 4) kopii opublikowanych prac naukowych stanowiących monotematyczny cykl publikacji,
- 5) oświadczenia współautorów opublikowanych prac naukowych.

## 1. Charakterystyka ogólna

Doktor inżynier Karol Krzempek w 2010 r. ukończył studia wyższe na kierunku Elektronika i Telekomunikacja w Politechnice Wrocławskiej uzyskując tytuł magistra inżyniera. Stopień doktora nauk technicznych uzyskał w 2016 r. za pracę pt. „*Nieliniowa konwersja optycznego grzebienia częstotliwości z pasma telekomunikacyjnego w zakres średniej podczerwieni*”. Promotorem rozprawy doktorskiej był prof. dr hab. inż. Krzysztof Abramski.

Habilitant od lutego 2013 r. do września 2016 r. był zatrudniony w Wydziale Elektroniki PWr jako asystent, a od października 2016 r. do września 2021 r. na stanowisku adiunkta w tej samej jednostce organizacyjnej. Od października 2021 r. do chwili obecnej pracuje na Wydziale Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów również na stanowisku adiunkta.

## 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. Karol Krzempek przedstawił cykl 10 publikacji powiązanych tematycznie pt. „**Wykorzystanie efektu fototermicznego w laserowej detekcji gazów**”.

Siedem prac [H1-H5, H7 i H9] jest wieloautorskich, zaś trzy artykuły [H6, H8 i H10] jednoautorskie Kandydata. Wszystkie prace zostały opublikowane w czasopismach z listy JCR o sumarycznym wskaźniku Impact Factor (IF) równym **47,069**.

W przedstawionym cyklu artykułów Kandydat jest pierwszym współautorem w ośmiu pracach, natomiast w pracach [H3 i H9] jest odpowiednio drugim i szóstym współautorem. Udział Habilitanta w poszczególnych publikacjach cyklu jest różny. W publikacji [H4] wynosi 90%, dwóch publikacjach [H5] i [H7] wynosi po 85%, w jednej [H9] 50%, w kolejnych dwóch [H1] i [H2] po 40% i jednej pracy [H3] – 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.

**Tematyka cyklu publikacji jest poświęcona badaniom nowatorskich czujników gazów, których podstawą pracy jest efekt fototermiczny.**

**Przedstawione do oceny prace dotyczą trzech zasadniczych obszarów badań:**

1. **fototermicznej detekcji gazów bazującej na heterodynowym odczycie sygnału spektroskopowego [H1-H6],**
2. **układom fototermicznej detekcji gazów z wykorzystaniem antyrezonansowych włókien światłowodowych – prace [H7] i [H8],**
3. **fototermicznej detekcji gazów z wykorzystaniem rezonatorów kwarcowych oraz antyrezonansowych włókien światłowodowych – prace [H9] i [H10].**

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

### **Ad. 1. fototermiczna detekcja gazów bazująca na heterodynowym odczycie sygnału spektroskopowego.**

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



1. w pracy [H1] przedstawiono nową fototermiczną (FT) metodę detekcji gazów w której zastosowano układ heterodynowego interferometru typu Macha-Zehndera zbudowanego na komponentach światłowodowych z pasma telekomunikacyjnego oraz modulator akusto-optyczny w celu przesunięcia częstotliwości optycznej ramienia referencyjnego. Metoda ta polega na na użyciu jednej wiązki laserowej do fotoakustycznego wzbudzenia próbki gazu, która powoduje zmiany współczynnika załamania gazu wzdłuż ścieżki wiązki, podczas gdy druga wiązka laserowa jest używana do pomiaru tych zmian. Przeprowadzone badania miały na celu poznanie podstaw fizycznych efektu FT, zidentyfikowanie problemów związanych z realizacją pomiarów w konfiguracji czujników wykorzystujących efekt FT oraz przedstawienie nowych konfiguracji czujników gazów. Wykazano zalety tej metody w stosunku do układów z interferometrami w konfiguracji homodynowej. Autorzy przebadali cztery układy detekcyjne. Wykrywali cyjanowodór oraz ditlenek węgla. Opracowali oryginalny w skali światowej układ, który umożliwił lokalizację miejsca występowania gazu w torze pomiarowym.

Znaczący wkład Autora w tę pracę (40% przy 5. współautorach) dotyczył głównie: budowy układów eksperymentalnych, przeprowadzenia badań, analizy otrzymanych wyników i przygotowania artykułu do publikacji.

2. osiągnięcia przedstawione w pracy [H2] stanowią kontynuację prac opisanych w artykule [H1]. Jednakże w tym wypadku w torze pomiarowym zastosowano komórkę wieloodbiciową (Herriott'a oraz White'a) w celu wydłużenia ścieżki optycznej promieniowania, zwiększenia absorpcji promieniowania oraz zwiększenia amplitudy sygnału FT 2f. Autorzy zaobserwowali, że największy sygnał jest obserwowany, gdy występuje idealne przekrycie obu wiązek promieniowania na całej ścieżce pomiarowej. Zatem, zastosowanie komórki wieloprześciowej, nie tylko wydłużyło drogę absorpcji promieniowania, ale umożliwiło weryfikację poprawności kolinearnego przekrycia wiązek pompującej i próbkującej. W eksperymencie zastosowano laser QCL (7,2  $\mu\text{m}$  dopasowany do linii absorpcji  $\text{CH}_4$ ), który pełnił funkcję lasera pompującego, natomiast heterodynowy interferometr rejestrujący indukowaną modulację WZ pracował na fali o długości 1,55  $\mu\text{m}$ . Na podkreślenie zasługuje fakt, że uzyskane wyniki przyczyniły się do przyznania krajowego patentu (zgłoszenie nr 426146). Ponadto, praca ta została opublikowana jako rozdział w książce pt. „Application of Optical Fiber Technology”, Scientific Research Publishing, 2018.

W tej pracy, udział Habilitanta jest również znaczący [40% przy 6. współautorach] i polegał na: pozyskaniu finansowania badań, zbudowaniu układu eksperymentalnego, przeprowadzeniu eksperymentów, analizie i obróbce wyników pomiarów oraz przygotowaniu manuskryptu.

3. nowatorcki czujnik FT detekcji gazów Autorzy przedstawili w pracy [H3]. Bardzo ważnym komponentem tego czujnika jest opracowany na Politechnice Wrocławskiej pompowany optycznie laser na ciele stałym (w konfiguracji dwuwiązkowej) emitujący promieniowanie o długości fali 1064 nm. Unikatowa konstrukcja tego lasera zawiera mikrokomórkę gazową wewnątrz rezonatora, którą wypełniono próbka gazu. Indukowane fototermicznie zmiany współczynnika gazu za pomocą lasera pompującego ( $\lambda \sim 2 \mu\text{m}$ ) powodują zmianę długości optycznej rezonatora lasera, a zatem obserwuje się przesunięcie częstotliwości długości fali emitowanego promieniowania. Opracowany przez Autorów system zapewnia dużą czułość na zmiany współczynnika załamania światła na poziomie  $1,1 \times 10^{-12}$  przy ultrakrótkiej długości ścieżki interakcji wewnątrz wnęki wynoszącej 1,5 mm, a zatem umożliwia pomiary gazów śladowych w objętości pomiarowej wynoszącej zaledwie 4  $\mu\text{l}$ . Uzyskano limit detekcji  $\text{CO}_2$  wynoszący 350 ppbv dla uśredniania w czasie 100 s.



Udział dr. inż. Karola Krzempka w tym artykule [30% przy 3. współautorach] jest porównywalny z pozostałymi współautorami i dotyczył: pozyskania finansowania na badania, budowy układu detekcyjnego i przeprowadzenia badań, opracowania układu stabilizacji i uśredniania szumu częstotliwościowego lasera na ciele stałym, zaprojektowania i zbudowania lasera pompującego, opracowania układu formowania oraz sprzęgania wiązki pompującej, analizy wyników i przygotowania treści artykułu.

4. w pracy [H4] Autorzy przedstawili pierwszą na świecie prezentację układu, w którym zmiana współczynnika załamania, indukowana efektem FT, jest wykrywana dzięki zastosowaniu lasera z pasywną synchronizacją modów. Głównym elementem czujnika jest światłowodowy laser z rezonatorem pierścieniowym, w którym pasywna synchronizacja modów została wymuszona za pomocą zwierciadła typu SESAM. Badany gaz doprowadzono do miniaturowej komórki absorpcyjnej o długości 10 cm. Do badań zastosowano mieszanę CO<sub>2</sub> i azotu. Dytlenek węgla był wzbudzany laserem ( $\lambda \sim 2003$  nm) zbudowanym przez Autora. Opracowany przez Autora układ umożliwił zakodowanie użytecznego sygnału spektroskopowego bezpośrednio w dewiacji częstotliwości. Wykazano, że analiza FT sygnałów spektroskopowych może być realizowana przez zastosowanie dedykowanego demodulatora, uproszczenie konstrukcji czujnika bez konieczności stosowania modulatora akusto-optycznego.

Dominujący udział Habilitanta w tej pracy [90% przy dwóch współautorach] polegał na zainicjowaniu nowego wątku badawczego, opracowaniu nowej metody detekcji gazów, pozyskaniu finansowania, budowie układu, przeprowadzeniu eksperymentów, analizie wyników i przygotowaniu manuskryptu.

5. wadą układu przedstawionego w pracy [H4] jest konieczność stosowania pierścieniowego układu rezonatora lasera z synchronizacją modów oraz czasochłonny proces sprzęgania wiązki pompującej do komórki absorpcyjnej oraz uzyskanie kolinearnego przekrywania się jej z wiązką pomiarową oscylującą w rezonatorze. Wady tej pozbawiona jest uproszczona konstrukcja, która została opisana w pracy [H5]. W opracowanym czujniku zastosowano liniowy układ lasera typu ML oraz wykorzystano efekty FT. Była to pierwsza na świecie konstrukcja tego typu, w której nie występuje tło pomiarowe. Opracowany czujnik okazał nie tylko mniej skomplikowany, o mniejszej liczbie komponentów, bardziej kompaktowy, łatwiejszy w justowaniu, ale przede wszystkim otrzymano większą czułość. Uzyskano limit detekcji 111 ppb, przy czasie uśrednienia 1000s (dla CO<sub>2</sub>).

Znaczący wkład Autora w tę pracę (85% przy 3. współautorach) dotyczył głównie: opracowania hipotezy badawczej i nowej konfiguracji czujnika, pozyskania finansowania, budowie układu eksperymentalnego, przeprowadzenia badań, analizy otrzymanych wyników i przygotowania artykułu do publikacji.

6. czujnik, który został opisany w pracy [H5] umożliwił pomiary jedynie w paśmie od około 1,8  $\mu\text{m}$  do 2,5  $\mu\text{m}$ , ograniczając tym samym wszechstronność układu. Problem ten został rozwiązany, a wyniki przedstawiono w kolejnym artykule [H6]. Autor opracował nową metodę, którą nazwał „Self Heterodyne Harmonic Amplification – SHHA, która umożliwia analizę wyższych harmoniczných zdudnień lasera typu ML. W metodzie tej dewiacja częstotliwości obserwowanej np. na dziesiątej harmonicznej ma dziesięciokrotnie większą amplitudę niż obserwowana na pierwszej harmonicznej. Zastosowanie nowej metody do ekstrakcji FT sygnału spektroskopowego umożliwiło uzyskanie limitu detekcji 22 razy lepszego w porównaniu do metody bazującej na analizie dewiacji



częstotliwości pierwszej harmonicznej lasera ML. Uzyskano limit detekcji 6,9 ppbv, przy zastosowaniu komórki absorpcyjnej o długości 20 cm, dla czasu uśredniania 136 s (dla NO @ 5,26  $\mu\text{m}$ ). Ponadto opracowany przez Autora układ umożliwi wykrywanie gazów o liniach absorpcyjnych z zakresu od 1  $\mu\text{m}$  do 9  $\mu\text{m}$ . Jest to samodzielna praca Habilitanta.

## **Ad.2. układy fototermicznej detekcji gazów z wykorzystaniem antyrezonansowych włókien światłowodowych.**

Układy fototermicznej detekcji gazów z zastosowaniem antyrezonansowych włókien światłowodowych zostały przedstawione w pracach [H7] i [H8].

7. główne osiągnięcia przedstawione w pracy [H7] dotyczyły opracowania pierwszego na świecie fototermicznego czujnika gazu bazującego na włóknie z rdzeniem powietrznym typu ARHCF, które zastąpiło typową komórkę absorpcyjną. Komórkę absorpcyjną stanowiło w tym czujniku włókno ARHCF o długości 25 cm. Autorzy opracowali metodę napełniania światłowodowej komórki absorpcyjnej oraz wykazali, że zastosowanie odpowiednio zaprojektowanych włókien ARHCF umożliwi opracowanie czujników FT na zakres bliskiej i średniej podczerwieni. We włóknie tym, propagowała się wiązka wzbudzająca gaz oraz wiązka laserowa próbkująca zmiany współczynnika załamania indukowane efektem FT. Autorzy udowodnili, że tego typu konstrukcja przyczyniła się do ograniczenia liczby komponentów optyki objętościowej oraz wykazali, że interferometr FP próbkujący zmiany w tego typu czujnikach można aktywnie stabilizować z wykorzystaniem pętli sprzężenia zwrotnego sterującego długością fali lasera próbkującego. Uzyskali limit detekcji NO 11 ppbv, dla  $\lambda=5,26 \mu\text{m}$  i czasu uśredniania wynoszącego 144 s.

Znaczący udział Habilitanta w tej pracy [85% przy trzech współautorach] dotyczył: podjęcia nowego wątku badawczego, opracowania hipotezy badawczej i nowej konfiguracji czujnika, pozyskania finansowania, zbudowania układu i przeprowadzenia eksperymentu, analizy wyników i przygotowania manuskryptu.

8. praca [H8] jest samodzielną pracą Habilitanta i dotyczyła zastosowania częstotliwościowego odczytu sygnału FT w czujniku z włóknem ARHCF służącym do wykrywania gazów w paśmie powyżej 4,5  $\mu\text{m}$ . Z przeprowadzonych przez Autora badań wynika, że modyfikacja czujnika okazała się na tyle skuteczna, że uzyskano limit detekcji 1,78 ppbv, przy uśrednieniu w czasie 100 s. Habilitant uzyskał wynik prawie o rząd wielkości lepszy w stosunku do wyniku otrzymanego w pracy [H7]. Jest to najlepsze osiągnięcie w skali światowej dla tego typu czujników gazów umożliwiających pomiary w paśmie średniej podczerwieni powyżej 4,5  $\mu\text{m}$ .

## **Ad. 3. Prace z zakresu fototermicznej detekcji gazów z wykorzystaniem rezonatorów kwarcowych oraz antyrezonansowych włókien światłowodowych.**

Nowym wątkiem badawczym Kandydata były techniki fototermicznej detekcji gazów z zastosowaniem rezonatorów kwarcowych w roli detektorów promieniowania laserowego oraz komórek absorpcyjnych bazujących na włóknach ARHCF.



9. Wyniki tych prac przedstawiono w artykule [H9]. Autorzy wykazali zalety wynikające z połączenia rezonatorów kwarcowych oraz włókien typu ARHCF w czujnikach FT detekcji gazów. W opracowanym czujniku uzyskano ograniczenie objętości próbkowanego gazu, wyeliminowanie części układów optyki objętościowej, a także fotodiody. Autorzy uzyskali limit detekcji CH<sub>4</sub> wynoszący 220 ppbv, przy czasie uśredniania 100 s. W pracy zawarto również analizę wpływu parametrów lasera pomiarowego na amplitudę rejestrowanego sygnału spektroskopowego.

Istotny udział Habilitanta w tej pracy [50% przy pięciu współautorach] dotyczył: zainicjowania nowego wątku badawczego, pozyskania finansowania, zbudowania układu oraz przeprowadzenia eksperymentu, analizy wyników i przygotowania manuskryptu.

10. Ostatnią pracą z cyklu jest artykuł [H10]. Jest to samodzielna praca przeglądowa w której Habilitant opisał podstawy fizyczne FT detekcji gazów, metody akwizycji sygnałów spektroskopowych, konfiguracje opublikowanych czujników gazów wykorzystujących efekt FT oraz zawarł bardzo cenne porównanie ich parametrów, zalet i wad. Stanowi ona kompendium wiedzy na temat czujników gazów, którymi zajmował się Habilitant. Artykuł ten został opublikowany również jako rozdział w książce „State-of-the-Art Laser Gas Sensing Technology” (MDPI, 2020), Ed. Y. Ma, A. Vicet, K. Krzempek.

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

Na podkreślenie zasługuje fakt, że Habilitant był autorem trzech prac, pierwszym współautorem w pięciu i autorem korespondencyjnym w ośmiu publikacjach z ocenianego cyklu.

### 3. Ocena dorobku naukowego

Doktor inżynier Karol Krzempek przedstawił swoją działalność naukową w sześciu załącznikach.

Zauważa się znacząco większą aktywność naukową Habilitanta po uzyskaniu stopnia doktora. Habilitant jest współautorem 101 publikacji w tym 63 prac po uzyskaniu stopnia doktora (38 artykułów zostało opublikowanych w czasopismach z IF, w tym 22 po uzyskaniu doktoratu).

Należy podkreślić, że Habilitant publikował prace w liczących się czasopismach z listy JCR takich jak: *Applied Physics*, *Applied Physics B*, *Applied Science*, *Chinese Optics Letters*, *Journal of Lightwave Technology*, *Laser Physics*, *Laser Physics Letters*, *Optical Engineering*, *Optical Materials Express*, *Optics Express*, *Optics & Laser Technology*, *Sensors*, *Optics Communication*, *Optics Letters*, *Opto-Electronics Review*, *Sensors*, *Sensors and Actuators B: Chemical*.

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 Krzempka wynosi 1354 (wg. Google Scholar) oraz 1217 (wg. Web of Science)**. Liczba cytowań z wyłączeniem autocytowań jest równa **997 (wg. Web of Science)**. **Indeks Hirscha H = 21** (w dniu złożenia dokumentacji). Jest to niezwykle imponujący wynik.



Sumaryczny impact factor według listy Journal Citation Reports (JCR) wynosi 158.344 (w tym po uzyskaniu stopnia doktora 119.762). Biorąc pod uwagę, ww. wskaźniki bibliometryczne uważam, że osiągnięcia Kandydata i Zespołu z którym współpracował są z nadmiarem w celu uzyskania awansu naukowego.

Działalność naukowa dra Karola Krzempeka jest bardzo dobrze spopularyzowana w krajowych i międzynarodowych środowiskach naukowych. Brał On aktywny udział w 62. krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych (w tym w 41 po doktoracie).

Kandydat wygłosił trzy wykłady zaproszone na krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych. Dotyczyły one tematyki ściśle skorelowanej z ocenianym dorobkiem naukowym.

O dużej aktywności naukowo-badawczej Habilitanta świadczy również udział w piętnastu projektach badawczych. Był On kierownikiem czterech projektów finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki oraz Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. W dziewięciu projektach był głównym wykonawcą.

Doktor Karol Krzempek recenzował aż 47 artykułów zgłoszonych do następujących czasopism: Nature communications, Photoacoustics, Optics Letters, Optics Express, Sensors and Actuators B: Chemical, IEEE – Photonics, Photonics, Optics and Laser Technology, Photonics Letters of Poland, Optics and Lasers in Engineering, Laser Physics Letters, Chinese Optics Letters Applied Optics, Photonics Technology Letters.

Jest także autorem czterech i współautorem jednego osiągnięcia projektowego, konstrukcyjnego i technologicznego (raporty Politechniki Wrocławskiej) oraz współautorem dziesięciu patentów.

Pewnym mankamentem przygotowanej dokumentacji jest brak tabelarycznego zestawienia osiągnięć kandydata.

#### **4. Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej**

Doktor Konrad Krzempek po uzyskaniu doktoratu zajmował się głównie badaniami naukowymi. Pomimo formalnego braku obowiązków dydaktycznych brał udział w procesie dydaktycznym. Można w tym zakresie wymienić: pełnienie funkcji promotora pomocniczego w czterech przewodach doktorskich, pełnienie funkcji opiekuna trzech prac magisterskich i jednej pracy inżynierskiej, uczestnictwo w prowadzeniu wykładów w latach 2020-2021 oraz popularyzowanie nauki w ramach XXI Dolnośląskiego Festiwalu Nauki na Politechnice Wrocławskiej.

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

Habilitant zarówno przed uzyskaniem stopnia doktora jak i po doktoracie odbył staże naukowe w Rice University w USA. Efektem tych staży była zdobyta wiedza z zakresu laserowych wysokoczułych sensorów gazów, liczne publikacje naukowe oraz pozyskane projekty badawcze.

Kandydat współpracował z badaczami z innych instytucji: Rice University (USA), Princeton University (USA), firmą GLO Photonics (Francja), University Lille (Francja), Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics (Chiny).

Doktor Karol Krzempek uczestniczył także w programach europejskich i projekcie realizowanym we współpracy z Princeton University (USA) i Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Science, Multitel (Belgia), LaserSpec (Belgia), University of Bath, Bath Wielka Brytania, University Umea (Szwecja).

Bardzo ważnym osiągnięciem organizacyjnym Kandydata jest założenie Grupy Laserowej Spektroskopii Gazów na Wydziale Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów Politechniki Wrocławskiej, której jest kierownikiem.

Habilitant był laureatem programu SECUNDUS na Politechnice Wrocławskiej (dwukrotnie), otrzymał m.in. stypendium Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego dla wybitnych młodych naukowców, stypendium START z Fundacji na rzecz Nauki Polskiej (dwukrotnie), stypendium im. Maxa Borna, czy GRANT PLUS z Urzędu Marszałkowskiego.

## 5. Wniosek końcowy

Analiza dorobku naukowego dr. Karola Krzempka 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. **„Wykorzystanie efektu fototermicznego w laserowej detekcji gazów”** 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. Karolowi Krzempkowi stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.**

