

dr hab. inż. Jarosław Sotor, prof. Uczelni  
Katedra Teorii Pola Układów Elektronicznych i Optoelektroniki  
Wydział Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów  
Politechnika Wrocławska  
Wyb. Stanisława Wyspiańskiego 27  
50-370 Wrocław

Wrocław, 30.12.2024r

**Recenzja osiągnięć naukowych Pani dr. inż. Katarzyny Krupy w związku z postępowaniem w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne**

Pani dr inż. Katarzyna Krupa swoją karierę naukową rozpoczęła na Politechnice Warszawskiej gdzie w 2004 roku uzyskała tytuł magistra inżyniera na kierunku Automatyka i Robotyka w zakresie inżynierii fotonicznej, zajmując się zagadnieniami analizy i modelowania korekcji fazy interferogramów mierzonych spektrometrem fourierowskim. Swoje zainteresowania naukowe rozwijała dalej już w ścisłej współpracy międzynarodowej, w ramach doktoratu realizowanego w trybie *co-tutelle* pomiędzy Politechniką Warszawską (Wydział Mechatroniki) a francuskim Uniwersytetem Besancone, uzyskując w 2010 roku stopień doktora nauk technicznych w wyniku obrony rozprawy pt. „Optonumerical analysis of AlN piezoelectric thin film operating as an actuation layer in micro-cantilevers”. Bezpośrednio po doktoracie w latach 2010 – 2019 kontynuowała pracę naukową we włoskim i francuskich ośrodkach badawczych w ramach czterech długoterminowych kontraktów projektowych typu post-doc: *i*) 10.2010 – 12.2015 – Uniwersytet w Limoges (Francja), *ii*) 04.2016 – 04.2017 – Uniwersytet Burgundzki Frenche-Comte w Dijon (Francja), *iii*) 06.2017 – 10.2018 – Uniwersytet w Bresci (Włochy), *iv*) 12.2018 – 11.2019 - Uniwersytet Burgundzki Frenche-Comte w Dijon (Francja). Od grudnia 2019r jest zatrudniona na stanowisku adiunkta w Instytucie Chemii Fizycznej PAN w Warszawie. Należy podkreślić, że Habilitantka umiejętnie podtrzymuje nawiązane kontakty naukowe – w latach 2021 i 2022 była na dwóch wyjazdach krótkoterminowych w Uniwersytecie w Limoges, prowadzi wspólne badania (liczne wspólne publikacje w latach 2020-2024) i projekty (jest liderką ze strony polskiej międzynarodowego projektu “Maritime sea Laser Instrumentation for Tectonic dynamics Exploration (MELITE)” finansowanego przez NATO w ramach programu Science for Peace and Security (SPS) (G6137) oraz była kierowniczką ze strony polskiej polsko-francuskiego bilateralnego projektu pt. “Complex-Light-based Raman Imaging (COLIBRI)” finansowanego przez NAWA).

Aktualny dorobek naukowy Pani dr inż. Katarzyny Krupy składa się z 211 pozycji indeksowanych w bazie Scopus z czego: 69 to artykuły w czasopismach (19 razy jako pierwsza autorka, 1 raz jako ostatnia autorka), 140 to prace w materiałach pokonferencyjnych, 1 rozdział w książce (wydawca: Springer) – wskazana w dokumentacji habilitacyjnej pozycja książkowa „Nonlinear Guided Wave Optics” wydana przez IOP Publishing Ltd., w której habilitantka jest współautorką dwóch rozdziałów nie jest indeksowana w Scopus (jest indeksowana w Web of



Science). Dorobek ten dopełniają 3 patenty międzynarodowe (2 razy jako pierwsza autorka). Prace te były jak dotąd cytowane 2947 razy a wyłączając samocytowania 2392 razy, co daje współczynnik samocytowań na dopuszczalnym poziomie ok. 19%. Współczynnik Hirscha wynosi 27. Znakomita większość tego dorobku została uzyskana w okresie po uzyskaniu stopnia doktora jak i w nowej tematyce badawczej - z tematyką doktoratu związane są 3 prace w czasopismach oraz 13 prezentacji konferencyjnych. Co ważne habilitantka publikuje wyniki swoich prac badawczych w czasopismach charakteryzujących się dużą estymą w środowisku naukowym m.in. Nature Photonics, PRL (x7), Light Science&Applications, Optica (x2), Laser&Photonics Review (x2), APL Photonics, Optics Letters (x16), Optics Express (x10), Phys. Rev A (x3). O jej ugruntowanej pozycji w środowisku naukowym świadczy również fakt, że była wielokrotnie zapraszana do wygłoszenia wykładów podczas renomowanych konferencji naukowych takich jak: Optica Advanced Photonic Congress 2024, SPIE Photonics Europe 2023, CLEO Europe 2021, CLEO Pacific Rim 2020, Europhoton 2018.

Prace badawcze, w których brała udział habilitantka realizowane były przez zespoły badawcze posiadające kompetencje w zakresie fizyki eksperymentalnej i teoretycznej. W związku z czym prace naukowe, których jest współautorką prezentują kompleksowe podejście do rozwiązywania problemów naukowych (eksperyment poparty modelem teoretycznym) a przez to w sposób naturalny są to publikacje wieloautorskie. Bez wątplenia dorobek naukowy Pani dr inż. Katarzyny Krupy zalicza się do dyscypliny fizyka. Biorąc pod uwagę etap kariery naukowej habilitantki całościowo jej dorobek uznaję za wyróżniający.

Wymagania formalne co do dorobku osoby ubiegającej się o habilitację określa *art. 219 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tekst jednolity: Dz. U. 2020 poz. 85 ze zm.)*. Zgodnie z tymi wymaganiami Pani dr inż. Katarzyna Krupa przygotował dokumentację zawierającą m.in.: liczący 45 stron autoreferat (załącznik 3), wykaz osiągnięć naukowych (załącznik 4), oświadczenia współautorów o ich wkładzie w powstałe publikacje (załącznik 6) oraz oświadczenie habilitantki określające wkład własny w powstanie publikacji z cyklu habilitacyjnego (załącznik 7). Osiągnięcia naukowe, będące przedmiotem niniejszego postępowania habilitacyjnego wiąże cykl tematycznie powiązanych artykułów pt. „Złożoność nieliniowej czasowo-przestrzennej dynamiki propagacji wiązki laserowej w optycznych światłowodach wielomodowych”, na który składa się 12 prac (8 prac, w których habilitantka jest pierwszą autorką). Prace te zostały opublikowane w okresie od 2019 do 2020 roku w bardzo dobrych czasopismach naukowych (Nature Photonics, PRL (x2), Optics Letters (x4), Optics Express, Phys. Rev A, JOSA B, APL Photonics, Scientific Reports) o sumarycznym współczynniku wpływu  $IF=83,32$ , które zgodnie z przekazaną dokumentacją (wg. Scopus bez samocytowań) na dzień 31.05.2024r cytowane były 933 razy (wszystkie prace z cyklu były cytowane) – na dzień sporządzenia niniejszej recenzji (po 7-miu miesiącach) liczba cytowań wzrosła do 1081 (zwiększyła się liczba cytowań wszystkich prac z cyklu). Należy podkreślić, że w związku z uznaną renomą tych czasopism wyniki opublikowane przez habilitantkę przeszły już raz proces wymagającej recenzji eksperckiej. Duża liczba cytowań i dynamika ich przyrostu jednoznacznie wskazują, że badania opublikowane w ramach prac stanowiących cykl habilitacyjny zostały zauważone i bardzo dobrze odebrane przez środowisko naukowe – otwierały nowe kierunki badań eksperymentalnych nad propagacją światła w światłowodach wielomodowych. Załączniki 6 i 7 (oświadczenie habilitantki i współautorów) są



komplementarne i wskazują na dominujący wkład habilitantki w realizację badań (część eksperymentalna) stanowiących cykl habilitacyjny

Przedłożone do oceny osiągnięcia naukowe zostały uzyskane w trakcie realizacji badań nieliniowych oddziaływań światła ze strukturą światłowodów wielomodowych. Tematyka badawcza była dla habilitantki nowa i nie była podejmowana w ramach realizacji pracy doktorskiej. Pani dr inż. Katarzyna Krupa była wiodącą postacią zespołu naukowego, który w sposób metodyczny i kompleksowy przeprowadził badania na mechanizmami nieliniowej propagacji światła głównie w światłowodach wielomodowych. Odkrycia naukowe habilitantki są wynikiem pionierskich badań, w ramach których analizowany był przestrzenno-spektralny charakter propagacji impulsów światła głównie w światłowodach wielomodowych o profilu gradientowym w zależności od wartości mocy szczytowej impulsów wejściowych.

Pierwsze z odkrytych zjawisk, samoorganizacji Kerra [3-KK], zachodzi po przekroczeniu wartości progowej mocy impulsu wejściowego i skutkuje nowym trybem propagacji wiązki światła w światłowodzie wielomodowym, charakteryzując się znaczną poprawą profilu wiązki wyjściowej (do parametru  $M^2$  na poziomie 2) a w konsekwencji zwiększeniem jej jasności przy jednoczesnym uniezależnieniu profilu propagowanej wiązki od działania czynników zewnętrznych. Zjawisko to nie było do tej pory obserwowane a jego wpływ na profil propagowanej wiązki w światłowodzie wielomodowym stał w sprzeczności z dotychczasowym stanem wiedzy. Wspólnie z zespołem teoretyków, Pani dr inż. Katarzyna Krupa eksperymentalnie zweryfikowała teorię wiążącą efekt samoorganizacji Kerra z procesem optycznej kondensacji, który zachodzi znacznie szybciej dzięki interakcji impulsów światła z rzeczywistą strukturą gradientowego światłowodu wielomodowego ze standardowo obecnymi niejednorodnościami/defektami strukturalnymi typowo wytwarzanymi na etapie produkcji włókien [9-KK]. Habilitantka przeprowadziła kompleksową charakteryzację efektu samoorganizacji Kerra wykazując, że możliwe jest kształtowanie profilu wiązki wyjściowej przez zmianę profilu współczynnika załamania światłowodu wielomodowego [10-KK]. W ramach kolejnych eksperymentów [6-KK] wykazała ona, że efekt samoorganizacji modów poprzecznych prowadzi nie tylko do modyfikacji profilu wiązki ale również profilu czasowego propagowanego impulsu światła powodując jego 4-krotne skrócenie w efekcie cyklicznego przełączania energii z modów o wyższych rzędów do quasi-podstawowego modu. Propagacja impulsów światła w warunkach występowania samoorganizacji Kerra prowadzi również do częściowej repolaryzacji wiązki propagowanej w centrum światłowodu wielomodowego oraz indukowania efektu nieliniowej rotacji polaryzacji [8-KK]. W wyniku przeprowadzonych badań Pani dr inż. Katarzyna Krupa wykazała, że efekt samoorganizacji nie jest zjawiskiem specyficznym dla bezstratnych krzemionkowych wielomodowych światłowodów gradientowych. Jego manifestacja została również potwierdzona we włóknach optycznych z rozpraszaniem energii (niepompowane światłowody domieszkowane iterbem) jak również w trybie wzmocnienia optycznego [4-KK], włóknach fotonicznych [7-KK] oraz w procesie generacji drugiej harmonicznej w kryształach optycznych z dominującą nieliniowością drugiego rzędu [12-KK].

Drugim z osiągnięć jest pierwsza eksperymentalna demonstracja nowego mechanizmu nieliniowej konwersji spektralnej indukowanej nieliniową interakcją światła propagowanego we włóknie wielomodowym z parabolicznym rozkładem współczynnika załamania [1-KK]. Zidentyfikowany mechanizm geometrycznej niestabilności parametrycznej (GNP)



manifestujący się szerokopasmową konwersją promieniowania pompującego 1064 nm jednocześnie w zakres światła widzialnego i w stronę średniej podczerwieni, obserwowany był w tym samym układzie eksperymentalnym co zjawisko samoorganizacji Kerra [3-KK], ale w zakresie wyższych mocy szczytowych promieniowania pompującego. Co istotne zaobserwowany proces konwersji zachodził równolegle z procesem samoorganizacji w rezultacie umożliwiając generację profili przestrzennych zbliżonych do modu podstawowego. Wyniki obserwacji eksperymentalnych zostały również potwierdzone przez opracowany model teoretyczny, który z bardzo dobrą precyzją przewiduje położenie nowych komponentów spektralnych wygenerowanych dzięki mechanizmowi GNP – realizacja tego eksperymentu po raz kolejny potwierdza umiejętności współdziałania habilitantki (zaplanowała eksperyment, zrealizowała część eksperymentalną i efektywnie współpracowała z zespołem teoretyków wiążąc wyniki otrzymane modelu i eksperymentu) w zespołach projektowych o uzupełniających się kompetencjach. Proces konwersji spektralnej w światłowodach wielomodowych dla wyższych mocy szczytowych był również dalej badany przez habilitantkę. Zademonstrowała ona współdziałanie efektu GNP z efektami wymuszonego rozpraszania Ramana i samoorganizacji Kerra uzyskując promieniowanie supercontinuum propagowane w quasi-podstawowym modzie poprzecznym [2-KK] wraz z kompleksową analizą mechanizmu jego generacji oraz wpływu zmiany profilu współczynnika załamania światłowodu na proces konwersji spektralnej wywołanej mechanizmem GNP [10-KK]. Swoje badania dynamiki propagacji wiązki w światłowodach wielomodowych rozszerzyła również o teoretyczną i eksperymentalną analizę procesu generacji drugiej harmonicznej [5-KK].

W mojej ocenie wchodzące do cyklu habilitacyjnego publikacje naukowe opisują osiągnięcia naukowe, które stanowią znaczący wkład w rozwój dyscypliny naukowej fizyka. Najlepszym potwierdzeniem tego stanu rzeczy jest fakt, że wyniki badań wchodzących w skład przedłożonego cyklu habilitacyjnego są wielokrotnie przywoływane w szóstym wydaniu książki *Nonlinear Fiber Optics* autorstwa G. P. Agrawal'a. O uznaniu poziomu naukowego i wpływu badań, prowadzonych przez Panią dr inż. Katarzynę Krupę, na środowisko naukowe świadczy dodatkowo fakt, że jest ona pierwszą autorką przeglądowego artykułu przygotowanego na zaproszenie do czasopisma *APL Photonics* [11-KK]. Wyniki prac badawczych składających się na cykl habilitacyjny jak również znakomita większość pozostałego dorobku naukowego habilitantki została uzyskana podczas jej czterech długoterminowych staży badawczych w Jednostkach naukowych z Francji i Włoch co wypełnia wymagania ustawowe.

Habilitantka posiada bardzo duże doświadczenie w realizacji prac badawczych finansowanych przez projekty pozyskane na drodze konkursów. Jako wykonawca i główny wykonawca uczestniczyła w realizacji 9 projektów (2 projekty krajowe przed uzyskaniem stopnia doktora i 7 projektów zagranicznych w tym 2 projekty europejskie). Aktywnie zabiega o środki finansowe na prowadzenie własnych badań naukowych o czym świadczy fakt, że po powrocie do Polski jako kierowniczka zrealizowała już jeden projekt we współpracy naukowej („Complex-Light-based Raman Imaging (COLIBRI)” NAWA) oraz była liderką grupy w projekcie z programu TEAM-NET (FNP). Aktualnie kieruje pracami badawczymi w ramach 3 kolejnych projektów (OPUS NCN, Proof of Concept (FNP), Science for Peace and Security (NATO)). W mojej opinii dotychczasowe doświadczenia i działania habilitantki na polu



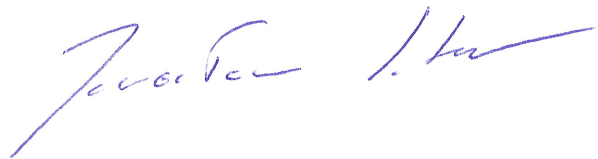
organizacji zasobów do prowadzenia własnych badań naukowych potwierdzają, że jest ona gotowa do uzyskania statusu samodzielnego naukowca.

Pani dr inż. Katarzyna Krupa jest również bardzo aktywna w zakresie działalności organizacyjnej na rzecz środowiska naukowego. Pełniła funkcję członka podkomitetów naukowych uznanych konferencji: CLEO US 2024, IEEE Summer Topical Meeting 2023, CLEO Europe 2023, OSA Nonlinear Optics Topical Meeting 2021 oraz była członkiem komitetu organizacyjnego prestiżowej szkoły letniej the Siegman International School on Lasers 2022. Służyła swoją ekspercką wiedzą recenzując wnioski projektowe dla Izraelskiej Fundacji Nauki, NCN oraz publikacje dla czasopism naukowych głównych wydawców: OPTICA, Elsevier, Science group, Nature group. Była również członkiem 3 komisji doktorskich na uniwersytetach francuskich oraz oponentem w ramach doktoratu bronionego na Uniwersytecie w Tampere (Finlandia).

W zakresie kształcenia młodej kadry naukowej i dydaktyki habilitantka od momentu zatrudnienia w ICHF PAN w Warszawie pełniła funkcję promotora pomocniczego dwóch doktorantów oraz prowadziła jedną pracę magisterską. W czasie odbywanych pobytów stażowych była współpromotorką 4 prac magisterskich i prowadziła zajęcia dydaktyczne z zakresu optoelektroniki i fotoniki w języku francuskim i angielskim. Poziom zaangażowania w tym zakresie biorąc pod uwagę czysto badawczy typ zatrudnienia uznaję jako zadawalający.

Podsumowując, uważam, że całokształt dotychczasowej działalności naukowej, organizacyjnej i dydaktycznej Pani dr inż. Katarzyny Krupy jest wyróżniający. W mojej opinii habilitantka spełnia kryteria ustawowe jak i zwyczajowe do uzyskania statusu samodzielnego naukowca. Jej dotychczasowe osiągnięcia, dynamika działania oraz nawiązane kontakty międzynarodowe pozwalają mi sądzić, że ma wszelkie predyspozycje do stworzenia wokół siebie nowej grupy badawczej i propagowania najlepszych wzorców uprawiania nauki.

W mojej ocenie przedłożony do oceny dorobek naukowy Pani dr. inż. Katarzyny Krupy spełnia wymagania określone w *art. 219 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tekst jednolity: Dz. U. 2020 poz. 85 ze zm.)* i wnioskuję o dopuszczenie jej do dalszych etapów procesu habilitacyjnego.



dr hab. inż. Jarosław Sotor