

Prof. dr hab. inż. Adam KAWALEC
Instytut Techniki Rakietowej i Mechatroniki
Wydział Mechatroniki, Uzbrojenia i Lotnictwa
Wojskowa Akademia Techniczna

Warszawa 12. 04. 2023

S E K R E T A R I A T
Rady Dyscypliny AEEITK

Wpłynęło dnia 20. 04. 2023
Zarejestrowano pod nr 511-5-4/22
Podpis 

RECENZJA

dotycząca oceny osiągnięć naukowych dr. inż. Jakuba SOROCKIEGO
ubiegającego się o stopień naukowy doktora habilitowanego

I. Stan formalny

Recenzja została przygotowana w związku powołaniem mnie na recenzenta komisji habilitacyjnej zgodnie z Uchwałą Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie nr 2/2023 z dn. 2 marca 2023r. w sprawie powołania komisji habilitacyjnej w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr. inż. Jakubowi Krzysztofowi SOROCKIEMU w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne oraz zlecenia (L.Dz. WEAIIB-b/511-5-2/22 z dnia 3.03.2023) Przewodniczącego Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie na przygotowanie recenzji w postępowaniu habilitacyjnym dr. inż. Jakuba SOROCKIEGO w oparciu o dostarczoną dokumentację, która zawiera:

1. Kopię uchwały o powołaniu komisji habilitacyjnej;
2. Wniosek Kandydata z dnia 10.10.2022 o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania doktora habilitowanego;
3. Autoreferat;
4. Wykaz osiągnięć naukowych albo artystycznych, stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny;
5. Kopia dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora.

 1

II. Uwagi ogólne dotyczące osiągnięcia naukowego

Deklarowany przez Kandydata jednotematyczny cykl publikacji pt. „*Zastosowanie technologii przyrostowego wytwarzania do realizacji wysokowydajnych obwodów mikrofalowych*” zawiera 12 publikacji, w tym osiem artykułów opublikowanych w czasopismach punktowanych przez MEiN oraz cztery recenzowane artykuły z konferencji międzynarodowych [H2], [H10], [H11], [H12], z czego trzy indeksowane są w bazie *Web of Science* (WoS) ([H2], [H10], [H11]).

Publikacje są wynikiem pracy zespołowej (zespoły badawcze: prof. S. Gruszczyńskiego z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, prof. M. Bozzi z Uniwersytetu w Pavi, Włochy, prof. J. Papapolymerou z Uniwersytetu Stanu Michigan, East Lansing, MI, USA), ale na podkreślenie zasługuje fakt, że w 8. publikacjach Habilitant jest pierwszym autorem. Należy zaznaczyć, że artykuły są opublikowane w czasopismach indeksowanych w bazie JCR (Journal Citation Reports), które posiadają wysoki współczynnik wpływu impact factor (IF). Punktacja MEiN publikacji Habilitanta jest zawarta w przedziale 80- 200 pkt., a więc jest bardzo wysoka.

III. Ocena osiągnięcia naukowego

Celem naukowym jednotematycznego cyklu publikacji Habilitanta było opracowanie nowych topologii pasywnych układów mikrofalowych dla zastosowań w systemach komunikacji radiowej, gdzie istotny jest wysoki stopień integracji oraz niski koszt wytwarzania przy niewielkich stratach mocy.

Zadeklarowanym głównym celem naukowym cyklu publikacji habilitanta, poza opracowaniem nowych, efektywnych i uniwersalnych metod projektowania była również technika wytwarzania tych układów mikrofalowych z wykorzystaniem technologii druku 3D takich jak: *Aerosol Jet*, *PolyJet*, *Fused Filament Fabrication*, *Stereolithography*, które zostały szczegółowo opisane w publikacjach [H1]-[H4] oraz [H7]-[H12].

Indywidualny wkład Habilitanta w ocenianym osiągnięciu naukowym był znaczący, związany głównie z opracowaniem koncepcji badań, opracowaniem metodologii projektowania podzespołów mikrofalowych, weryfikacji eksperymentalnej wykonanych układów, opracowaniu i analizie wyników badań eksperymentalnych oraz przygotowania manuskryptów do publikacji, co zostało zadeklarowane przez Habilitanta i wyszczególnione w punkcie 4.4 autoreferatu.

Publikacja [H1] w deklarowanym jednotematycznym cyklu dotyczy zastosowania druku 3D typu *Aerosol Jet* do realizacji układów pracujących w zakresie fal milimetrycznych z wykorzystaniem tuszu przewodzącego i nieprzewodzącego. Z wykorzystaniem technologii wytwarzania addytywnego Habilitant zaprojektował i zrealizował praktycznie min. odcinek mikropaskowej linii transmisyjnej, dzielnik typu T, sprzęgacz gałęziowy pracujące w paśmie Ka oraz V. Otrzymane wyniki pomiarów potwierdziły, że zaproponowane przez Kandydata podejście pozwala na efektywną realizację obwodów w zakresie fal milimetrycznych.

Wkład Habilitanta obejmował: opracowanie koncepcji badań, opracowanie metodologii projektowania układów, projekt przejścia linia mikropaskowa – linia koplanarna, projekt sprzęgacza kierunkowego, pomiary mikrofalowe, analizę i interpretację danych, przygotowanie manuskryptu do publikacji.

W publikacji [H2] Habilitant przedstawił wyniki badań eksperymentalnych filtrów pracujących w paśmie W, wykonanych w technologii druku typu *Aerosol Jet Printing*, co jest alternatywą dla falowodów metalowych oraz technologii laminatów stosowanych w zakresie fal milimetrycznych powyżej 80 GHz.

Wkład Habilitanta obejmował: opracowanie koncepcji badań, opracowanie metodologii projektowania układów, projekt układów, pomiary mikrofalowe, analizę i interpretację danych, przygotowanie manuskryptu do publikacji.

Publikacja [H3] dotyczy realizacji wysokowydajnych sprzęgaczy kierunkowych o liniach sprzężonych w technice podwieszanej linii paskowej, gdzie Habilitant zastosował najnowsze osiągnięcia w technologii druku 3D. Takie projektowanie sprzęgaczy kierunkowych jest szczególnie przydatne, w przypadku, gdy istotne są: wysoki współczynnik sprzężenia i niewielkie wymiary sprzęgacza. Technologia została zweryfikowana eksperymentalnie dla przykładowego 3-dB sprzęgacza kierunkowego pracującego w paśmie 5,8 GHz. W tym przypadku zastosowano druk 3D typu *PolyJet Printing* oraz napyłanie magnetronowe metalu.

Wkład Habilitanta obejmował: opracowanie koncepcji badań, opracowanie metody kompensacji, opracowanie metodologii projektowania, projekt układu, wykonanie układu, pomiary mikrofalowe, analizę i interpretację danych, przygotowanie manuskryptu do publikacji.

W publikacji [H4] Habilitant przedstawił wyniki badań niskostratnych układów mikrofalowych realizowanych w technologii hybrydowej laminatów i wytwarzania przyrostowego. Prezentowane rozwiązanie zostało zweryfikowane eksperymentalnie na przykładzie sprzęgacza kierunkowego o równym podziale mocy, wykonanego w technice podwieszanych symetrycznych linii paskowych, pracującego na częstotliwości środkowej 2,0 GHz. Wyniki

badan eksperymentalnych potwierdziły możliwości zaproponowanej hybrydowej techniki wytwarzania układów do realizacji w pełni funkcjonalnych komponentów mikrofalowych, które dodatkowo nie są kosztowne w procesie produkcyjnym, co jest ich dodatkową zaletą.

Wkład Habilitanta obejmował: opracowanie koncepcji badań, opracowanie metodologii projektowania, projekt i wykonanie układu, pomiary mikrofalowe, analizę i interpretację danych, przygotowanie manuskryptu do publikacji.

Publikacja [H5] w deklarowanym jednotematycznym cyklu dotyczy mikrofalowego systemu czujnika dedykowanego dla wykrywania niskich stężeń acetonu w zakresie 0,5– 5 ppm w temperaturze pokojowej.

Wkład Habilitanta obejmował: opracowanie koncepcji badań, opracowanie i projekt czujnika mikrofalowego, wykonanie czujnika, analizę i interpretację danych, przygotowanie manuskryptu do publikacji.

W publikacji [H6] Habilitant przedstawił propozycję nowej metody umożliwiającej określenie własności fizykochemicznych materiałów stałych. Do tego celu wykorzystał zjawisko absorpcji energii mikrofalowej. W wyniku przeprowadzonych badań eksperymentalnych otrzymano szereg wąskich pików absorpcji w zakresie częstotliwości 10 - 43,5 GHz.

Wkład Habilitanta obejmował: koncepcję szerokopasmowego mikrofalowego układu czujnikowego, analizę teoretyczną, opracowanie projektu układu czujnika, wykonanie pomiarów mikrofalowych, analizę i interpretację danych, przygotowanie manuskryptu do publikacji.

W publikacji [H7] opisana została szerokopasmowa metoda wyznaczania przenikalności elektrycznej oraz magnetycznej podłoży drukowanych 3D z materiałów magneto-dielektrycznych. Technika ta została eksperymentalnie zweryfikowana na przykładzie podłoża drukowanego 3D wykonanego w technologii *Fused Filament Fabrication* ze specjalistycznego materiału PLA (Polylactic acid) z domieszką żelaza o własnościach magneto-dielektrycznych w zakresie częstotliwości 0,1 - 6 GHz.

Wkład Habilitanta obejmował: opracowanie koncepcji badań, opracowanie metodologii projektowania, analizę teoretyczną, opracowanie projektu układu, wykonanie obwodów mikrofalowych, realizację pomiarów mikrofalowych, analizę i interpretację danych, przygotowanie manuskryptu do publikacji.

Publikacja [H8] dotyczy hybrydowej integracji falowodu z wypełnieniem powietrznym wykonanego metodami przyrostowymi z obwodami drukowanymi w technologii laminatów. Umożliwia to uzyskanie niskich strat propagacji i wysokiego współczynnika dobroci falowodu wypełnionego powietrzem. Koncepcja została zweryfikowana eksperymentalnie dla

przykładowych przejść pracujących w paśmie X oraz K. W tym przypadku zastosowano druk 3D typu *Vat Photopolymerisation* oraz powlekanie elektrolityczne metalem.

Wkład Habilitanta obejmował: opracowanie koncepcji badań, opracowanie metodologii projektowania, opracowanie projektu układu, wykonanie obwodów mikrofalowych, realizację pomiarów mikrofalowych, analizę i interpretację danych, przygotowanie manuskryptu do publikacji.

W publikacji [H9] Habilitant zaprezentował nowe szerokopasmowe przejście z linii mikropaskowej do falowodu wykonanego metodami przyrostowymi. Do realizacji praktycznej zastosowano druk 3D typu *Vat Photopolymerisation* oraz powlekanie elektrolityczne metalem. Koncepcja została zweryfikowana eksperymentalnie poprzez realizację przykładowego przejścia pracującego w paśmie X.

Wkład Habilitanta obejmował: opracowanie koncepcji badań, opracowanie metodologii projektowania, projekt układu eksperymentalnego, wykonanie obwodów mikrofalowych, realizację pomiarów mikrofalowych, analizę i interpretację danych, przygotowanie manuskryptu do publikacji.

W publikacji [H10] Habilitant opisał implementację 90° skrętu falowodowego do rotacji polaryzacji w strukturze falowodu wypełnionego powietrzem zintegrowanego z obwodem drukowanym na laminacie.

W tym przypadku zastosowano druk 3D typu *Vat Photopolymerisation* oraz powlekanie przewodzącą farbą metaliczną. Technologia została zweryfikowana eksperymentalnie dla przykładowego skrętu w geometrii falowodu WR-90 z częstotliwością środkową $f_0 = 10,5$ GHz.

Wkład Habilitanta obejmował: opracowanie koncepcji badań, metodologię i projekt układu eksperymentalnego, wykonanie obwodów mikrofalowych, realizację pomiarów mikrofalowych, opracowanie oprogramowania, analizę i interpretację danych, przygotowanie manuskryptu do publikacji.

Publikacja [H11] dotyczy sposobu łączenia płytki drukowanej z wykonanym przyrostowo falowodem w opracowanej hybrydowej strukturze z dualnym układem przewodnic falowych w celu zmniejszenia kosztu wykonania i komplikacji montażu. W procesie realizacji zastosowano druk 3D typu *Vat Photopolymerisation* oraz powlekanie przewodzącą farbą srebrną. Do testowania wykorzystano zaprezentowane w [H8] przejścia z linii mikropaskowej do falowodu w konfiguracji back-to-back pracujące w paśmie 9 - 12 GHz.

Wkład Habilitanta obejmował: opracowanie koncepcji badań, metodologię i projekt układu eksperymentalnego, wykonanie obwodów mikrofalowych, realizację pomiarów mikrofalowych, analizę i interpretację danych, przygotowanie manuskryptu do publikacji.

W publikacji [H12] Habilitant udokumentował wyniki badań związane z technologią druku 3D przy wykorzystaniu ferromagnetycznego filamentu o własnościach magneto-dielektrycznych do realizacji kompaktowych i szerokopasmowych anten mikropaskowych.

Wkład Habilitanta obejmował: opracowanie koncepcji badań, metodologię i projekt układu eksperymentalnego, wykonanie obwodów mikrofalowych, realizację pomiarów mikrofalowych, analizę i interpretację danych, przygotowanie manuskryptu do publikacji.

Należy podkreślić, że indywidualny wkład Habilitanta w zadeklarowanym osiągnięciu naukowym w postaci cyklu publikacji powiązanych tematycznie jest znaczący, co wynika z powyższej analizy. Wymienione w osiągnięciu naukowym artykuły zostały opublikowane w latach 2018-2022 po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk technicznych 2 lipca 2018 i są kontynuacją tematyki badawczej realizowanej w ramach rozprawy doktorskiej pt.: „*Low-loss microwave circuits in strip transmission line technique. Analysis, design, and experimental investigations*”.

Badania prowadzone przez Habilitanta dotyczą opracowania nowych topologii pasywnych układów mikrofalowych wraz z metodami ich projektowania oraz technikami wytwarzania dla realizacji układów charakteryzujących się wysokim stopniem integracji, niskimi stratami mocy oraz niskim kosztem wytwarzania, co wskazuje na ich zastosowania w telekomunikacji. W wymienionych wyżej pracach Habilitant opisał bardzo ważne rozwiązania, które opracował i przeprowadził stosowne badania eksperymentalne. W efekcie opracowane przez Habilitanta topologie pasywnych układów mikrofalowych zostały wykonane z wykorzystaniem czterech różnych technologii druku 3D.

Do najważniejszych osiągnięć Kandydata należy zaliczyć min. szerokopasmową metodę wyznaczania przenikalności elektrycznej, magnetycznej oraz tangensa kąta strat podłoży drukowanych 3D z materiałów magneto-dielektrycznych, niskokosztową metodę pozwalającą na szybkie określenie własności fizykochemicznych materiałów stałych, wykorzystującą zjawisko absorpcji energii mikrofalowej oraz szerokopasmowy system pomiarowy umożliwiający badanie własności dielektrycznych cienkich warstw materiałów, jak również technologię wytwarzania układów mikrofalowych z wykorzystaniem techniki druku 3D.

IV. Ocena dorobku naukowego, dydaktycznego, popularyzatorskiego i współpracy międzynarodowej po uzyskaniu stopnia doktora

Habilitant po uzyskaniu stopnia naukowego doktora w 2018 roku opublikował łącznie w czasopismach i materiałach konferencyjnych 28 prac.

Dorobek naukowy w zakresie prac opublikowanych jest następujący:

- | | |
|--|----|
| 1. Artykuły w czasopismach z listy filadelfijskiej (JCR) | 18 |
| 2. Referaty na konferencjach międzynarodowych | 10 |

W zakresie aktywności dydaktycznej Habilitanta należy wymienić prowadzenie zajęć specjalistycznych z przedmiotów w języku polskim i angielskim: *Technika mikrofalowa, systemy antenowe i propagacja fal radiowych, Microwave electronics, Kompatybilność Elektromagnetyczna, Komputerowe systemy pomiarowe, Computer measurement systems* oraz *Wprowadzenie do elektroniki*. Kandydat był promotorem czterech prac dyplomowych.

Uczestniczył aktywnie w międzynarodowych i krajowych organizacjach np. udział w pracach IEEE oraz Stowarzyszenia Teorii i Technologii Mikrofalowych (MTTS).

Był członkiem komitetów organizacyjnych międzynarodowych konferencji naukowych takich jak: *European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP'19)*, Kraków, Polska, 04.2019 oraz *International Microwave and Radar Conference (MIKON'16)*, Kraków, Polska, 05.2016.

Habilitant kierował trzema projektami badawczymi:

1. Projekt pt: "*Application of additive manufacturing technologies for the realization of low-loss and high-performance microwave and mm-wave components for the next generation of wireless communication systems*" finansowany przez Narodową Agencję Wymiany Akademickiej w konkursie *Bekker 2* PPN/BEK/2019/1/00240 realizowany w terminie 01.11.2020-30.04.2021.
2. Projekt pt: "Niskostratne układy mikrofalowe w technice linii paskowych. Analiza, projektowanie i badania eksperymentalne", finansowany przez Narodowe Centrum Nauki w konkursie *Etiuda 4* 2016/20/T/ST7/00202 realizowany w terminie 01.10.2016-30.09.2017
3. Projekt pt: "Badania nad realizacją mikrofalowych niskostratnych filtrów kierunkowych o polepszonych parametrach do zastosowań w układach dużej mocy", finansowany przez Narodowe Centrum Nauki w konkursie *Preludium 7* 2014/13/N/ST7/01961 realizowany w terminie 02.03.2015-01.09.2018

Habilitant jest laureatem wielu nagród przyznanych w latach 2015-2022, do których należą min. Rektorska Nagroda Naukowa w Akademii Górniczo-Hutniczej, stypendium Fundacji na rzecz Nauki Polskiej dla wybitnych młodych uczonych na początku kariery naukowej START, nagroda dla Najlepiej Publikującego Naukowca Akademii Górniczo-Hutniczej oraz nagroda Rektora Akademii Górniczo-Hutniczej za osiągnięcia dydaktyczne z nominacji studentów.

Ocena bibliometryczna Kandydata jest następująca:

Liczba cytowań publikacji według bazy:

Web of Science (WoS):

łączna liczba cytowań bez cytowań własnych: 217, łączna liczba cytowań: 292.

Indeks Hirscha według bazy:

Web of Science (WoS): 10

Międzynarodowa pozycja naukowa Habilitanta jest dla mnie przekonująca. Jego indeks Hirscha w bazie WoS jest wysoki. Łączna liczba cytowań świadczy o jego rozpoznawalności na poziomie światowym.

V. Wniosek końcowy

Podsumowując stwierdzam, że dorobek naukowo-badawczy dr inż. Jakuba SOROCKIEGO udokumentowany w postaci publikacji w czasopismach i na konferencjach naukowych stanowią znaczący wkład w rozwój reprezentowanej przez Niego problematyki badawczej. Biorąc pod uwagę kryteria oceny dorobku zawarte w art.219 ust. 1 pkt 2 i 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz. U. z 2021 r. poz.478 z późn. zm.), dla osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego stwierdzam, że dorobek naukowy dr. inż. Jakuba SOROCKIEGO jest spójny tematycznie i **spełnia wymagania ustawowe.**

W mojej opinii pozytywnie oceniam osiągnięcie naukowe deklarowane przez Habilitanta w postaci jednotematycznego cyklu dwunastu publikacji pt. „*Zastosowanie technologii przyrostowego wytwarzania do realizacji wysokowydajnych obwodów mikrofalowych*”.

W konkluzji wyrażam swoje poparcie dla wniosku Habilitanta i uznaję Jego dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny za odpowiedni dla nadania mu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie: Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne.

