Prof. dr hab. inż. Jerzy Mizeraczyk
Katedra Elektroniki Morskiej
Wydział Elektryczny
Uniwersytet Morski w Gdyni
ul. Morska 81-87
81-225 Gdynia

Gdańsk, 15 lipca 2022

Recenzja

dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego
dr. inż. Mateusza Wośko
w związku z postępowaniem w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego
w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie Automatyka, elektronika i elektrotechnika

1. Podstawa prawna wykonania recenzji:

- Prośba Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, elektronika i elektrotechnika, prof. dr. hab. inż. Andrzeja Dziedzica (RDN AEE/79/2022),
- Zawiadomienie Prorektora ds. Nauki Politechniki Wrocławskiej, prof. Andrzeja Ożyhara nr 07/05/D02/2022 o wyznaczeniu na Recenzenta i Członka Komisji Habilitacyjnej w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego.

2. Sylwetka Habilitanta

Dr inż. Mateusz Michał Wośko, którego dalej będę nazywał Habilitantem, urodził się w 1980 r. w Bolesławcu. W roku 2004 ukończył studia na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej, na kierunku Elektronika i Telekomunikacja w specjalności Optoelektronika i technika światłowodowa. Habilitant wykonał pod opieką prof. dr hab. inż. Reginy Paszkiewicz pracę magisterską pt. *„Opracowanie technologii osadzania warstw GaN na podłożach krzemowych"*. W 2009 roku Habilitant uzyskał stopień naukowy doktora nauk technicznych, nadany uchwałą Rady Naukowej Wydziału Elektroniki Mikrosystemów i Fotoniki Politechniki Wrocławskiej na podstawie przedstawionej rozprawy doktorskiej: *"Opracowanie konstrukcji i technologii fotodetektorów z zastosowaniem nanostruktur półprzewodników AIIIBV o ciągłej zmianie składu"* i po złożeniu wymaganych egzaminów. Promotorem pracy doktorskiej była prof. dr hab. inż. Regina Paszkiewicz. Praca doktorska została wyróżniona przez Radę Wydziału Elektroniki Mikrosystemów i Fotoniki oraz nagrodzona przez Polskie Towarzystwo Wzrostu Kryształów i Polskie Towarzystwo

RDN AEE/144/2022

Próżniowe. Od roku 2010 Habilitant pracuje kolejno jako asystent naukowy, adiunkt naukowy i adiunkt naukowo-badawczy na Wydziału Elektroniki Mikrosystemów i Fotoniki, który w roku 2021 zmienił nazwę na Wydział Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów.

3. Zakres recenzji

Przedmiotem niniejszej recenzji są: wskazane przez Habilitanta osiągnięcia naukowe w postaci cyklu 15 artykułów naukowych powiązanych tematycznie, ujętych pod wspólnym tytułem: „Opracowanie technologii zaawansowanych heterostruktur AlGaN/GaN do zastosowań w mikroelektronice" i aktywność naukowa Habilitanta, w tym dorobek naukowy, współpraca z ośrodkami badawczymi, udział w projektach badawczych oraz dorobek dydaktyczny, organizacyjny i popularyzatorski. Moja ocena osiągnięć naukowych i aktywności naukowej Habilitanta jest przedstawiona poniżej w odrębnych, wyraźnie zaznaczonych częściach.

Niniejsza recenzja została wykonana na podstawie otrzymanej papierowej i elektronicznej dokumentacji Habilitanta.

4. Ocena wskazanego przez Habilitanta osiągnięcia naukowego

Habilitant przedstawił monotematycznego cykl 15 artykułów naukowych pod wspólnym tytułem „Opracowanie technologii zaawansowanych heterostruktur AlGaN/GaN do zastosowań w mikroelektronice" jako osiągnięcie naukowe, stanowiące podstawę do wszczęcia i przeprowadzenia postępowania habilitacyjnego. Cykl 15 artykułów stanowiący osiągnięcie naukowe jest wynikiem badań Habilitanta po uzyskaniu stopnia doktora. Habilitant wykonywał te badania głównie z użyciem uruchomionego przez siebie komercyjnego reaktora epitaksjalnego AIXTRON FT CCS 3x2".

Przedstawiony cykl artykułów naukowych składa się z 15 artykułów naukowych opublikowanych w latach 2013-2021 w czasopismach o zasięgu międzynarodowym znajdujących się na liście Journal Citation Reports (JCR). Czasopisma te to: Journal of Electrical Engineering, Optica Applicata (2 artykuły), CrystEngComm, Journal of Vacuum Science & Technology A: Vacuum, Surfaces, and Films (2 artykuły), Superlattices and Microstructures, Crystal Research and Technology (2 artykuły), Journal of Crystal Growth, Journal of Materials Science: Materials in Electronics, Physica Status Solidi (C) Current Topics in Solid State Physics, Physica Status Solidi (B) Basic Research, Materials Science in

Semiconductor Processing i Electronics (Switzerland). Tak zwany Impact factor (IF) w/w czasopism wynosi od 0,378 do 3,474, w tym są 3 czasopisma z IF w granicach 2 – 2,5 oraz 2 czasopisma z IF 3,085 i 3,474.

W jednym artykule zgłoszonym jako osiągnięcie naukowe Habilitant jest jedynym autorem. Pozostałe artykuły to prace współautorskie – 6 artykułów ma 5 współautorów, 4 artykuły – 4 współautorów, a 2 pozostałe artykuły mają odpowiednio 6 i 9 współautorów. W artykule autorskim (oznaczonym [2]) Habilitant opracował koncepcję badań eksperymentalnych, zaprojektował metody pomiarowe i sposób ich realizacji, zbudował zestawy pomiarowe, wykonał badania eksperymentalne, przeprowadził analizę wyników i dokonał ich interpretacji, oraz zredagował tekst artykułu. W pozostałych 8 współautorskich artykułach (artykuły [6-8, 10-14] Habilitant jako pierwszy współautor jest autorem koncepcji badań i jednym z ich realizatorów oraz współredaktorem artykułów, a w dalszych 6 artykułach [1, 3, 4, 5, 9, 15] jest współautorem koncepcji, jednym z realizatorów badań i współredaktorem artykułów. Swój udział w realizacji 8 artykułów z Habilitantem jako pierwszym współautorem Habilitant ocenia na 60-75 % w 5 artykułach i 35-50 % w 3 artykułach. W 6 artykułach, w których Habilitant jest 2. co do kolejności współautor Habilitant szacuje swój udział na od 25 % do 35 %. Współautorzy potwierdzili pisemnie w/w merytoryczny i procentowy udział Habilitanta w 15 artykułach zgłoszonych przez Habilitanta jako osiągnięcie naukowe.

Z analizy oświadczeń Habilitanta i współautorów 14 z 15 artykułów stanowiących osiągnięcie naukowe wynika, że w realizacji 8 współautorskich artykułów [6-8, 10-14] z Habilitantem jako pierwszym współautorem merytorycznym udział Habilitanta w koncepcji badań, ich zrealizowaniu, interpretacji wyników pomiarów i redakcji artykułów był dominujący. W mojej ocenie w pozostałych 6 artykułach współautorskich udział Habilitanta był ważny merytorycznie, ale miał pomocnicze znaczenie.

Tematyka naukowa przedstawionego do recenzji cyklu 15 artykułów ukierunkowana na opracowanie technologii zaawansowanych heterostruktur AlGaN/GaN do zastosowań w mikroelektronice dotyczy 4 zagadnień:

1. Doboru warstwy zarodziowej i wpływu podłoża na epitaksję GaN metodą MOVPE,
2. Optymalizacji warunków osadzania warstw buforowych heterostruktur AlGaN/GaN,
3. Wpływu konstrukcji bariery w heterostrukturach AlGaN/GaN na parametry elektryczne dwuwymiarowego gazu elektronowego,
4. Epitaksji selektywnej oraz epitaksji wieloetapowej heterostruktur AlGaN/GaN.

Habilitant przedstawił wyniki realizacji 1. zagadnienia, czyli doboru warstwy zarodziowej i badania wpływu podłoża na epitaksję GaN metodą MOVPE w artykułach [1-6]. Do najważniejszych osiągnięć w tym zagadnieniu Habilitant zaliczył:

- Wykonanie analizy wpływu zarodziowania azotków trzeciej grupy układu okresowego na niedopasowanych strukturalnie podłożach Al_2O_3 oraz Si [1-4]. Opracownie nowatorskiej metody pomiaru grubości subnanometrowych warstw zarodziowych GaN z zastosowaniem ablacji laserowej oraz profilowania mikroskopem sił atomowych. Określenie optymalnych warunków osadzania i wygrzewania niskotemperaturowych warstw zarodziowych do epitaksji GaN i heterostruktur AlGaN/GaN na podłożach szafirowych. Przebadanie kilku konfiguracji warstw zarodziowych na podłożach krzemowych i wytypowanie tych warstw, które umożliwiają wzrost materiału o najmniejszym stopniu zdefektowania. Zaproponowanie koncepcji użycia nanomaski osadzanej na warstwie zarodziowej do promocji rozrostu wyspowego w początkowych fazach epitaksji GaN na podłożu krzemowym oraz weryfikacja modelu krystalizacji z wykorzystaniem tego typu maski.
- Osadzenie półpolarnego oraz niepolarnego azotku galu na podłożach krzemowych o orientacji (112) oraz (115) [5]. Określenie wpływu temperatury osadzania i grubości warstwy zarodziowej AlN i warstwy buforowej na odorientowanie względem osi c [0001] warstw GaN na wysokoindeksowych podłożach krzemowych. Porównanie dwóch metod określania odorientowania warstw GaN, bazujących na pomiarach dyfraktometrycznych (HRXRD) i obrazowaniu mikroskopem sił atomowych.
- Opracowanie warunków zarodziowania warstw azotkowych na podłożach Al_2O_3, Si oraz 4H-SiC umożliwiających osadzanie heterostruktur AlGaN/GaN do zastosowania w tranzystorach typu HEMT [6]. Zaproponownie konstrukcji warstw zarodziowych i buforowych do osadzania heterostruktur AlGaN/GaN na różnych podłożach heteroepitaksjalnych. Przebadanie kilku procesów technologicznych w celu określenia optymalnej konfiguracji i warunków osadzania warstw zarodziowych na tych podłożach. Wytworzenie epitaksjalnych struktur przyrządowych typu HEMT na podłożach Al_2O_3, Si oraz 4H-SiC o rezystancji powierzchniowej kanału 2DEG poniżej 450 Ω/kwadrat.

Wyniki realizacji 2. zagadnienia, czyli optymalizacji warunków osadzania warstw buforowych heterostruktur AlGaN/GaN Habilitant przedstawił w artykułach [7-10]. Do najważniejszych osiągnięć w tym zagadnieniu Habilitant zaliczył:

- Przeanalizowanie wpływu warunków osadzania bufora GaN (głównie ciśnienia oraz koncentracji prekursorów grupy V i III układu okresowego) na właściwości dwuwymiarowego

gazu elektronowego [7]–[10]. Zaprojektowanie i wykonanie struktur testowych na podłożach szafirowych i krzemowych metodą MOVPE oraz krytyczne przeanalizowanie wyników charakteryzacji strukturalnej, optycznej i elektrycznej tych struktur.

- Opracowanie metody osadzania struktur azotkowych grubszych niż 1 μm na podłożach krzemowych o orientacji (001) z wykorzystaniem niskotemperaturowych przekładek AlN [8]. Zaprojektowanie oraz wykonanie struktur testowych z jedną oraz dwoma warstwami przekładkowymi LT-AlN. Weryfikacja skuteczności opracowanej metody do osadzania heterostruktur AlGaN/GaN do zastosowania w tranzystorach typu HEMT. Określenie optymalnych warunków wzrostu bufora umożliwiającego wzrost heterostruktury o parametrach 2DEG zbliżonych do tych otrzymywanych na podłożach szafirowych.
- Przeanalizowanie wpływu warunków osadzania buforów GaN na podłożach Si z warstwami przekładkowymi LT-AlN na jakość powierzchni oraz wielkość naprężeń w heterostrukturach AlGaN/GaN [9].

Wyniki realizacji 3. zagadnienia, czyli wpływu konstrukcji bariery w heterostrukturach AlGaN/GaN na parametry elektryczne dwuwymiarowego gazu elektronowego Habilitant przedstawił w artykułach [11-13]. Do najważniejszych osiągnięć w tym zagadnieniu Habilitant zaliczył:

- Przeprowadzenie analizy wpływu warstwy przekładkowej AlN w heterostrukturach Al GaN/GaN na parametry elektryczne dwuwymiarowego gazu elektronowego [11]. Wykonanie symulacji komputerowych rozkładu elektronów dwuwymiarowego gazu elektronowego w heterozłączu AlGaN/GaN oraz AlGaN/AlN/GaN. Wytworzenie heterostruktur z warstwami przekładkowymi AlN o różnej grubości. Określenie optymalnej grubości warstwy AlN dla zadanego składu i grubości bariery AlGaN, dla której ruchliwość dwuwymiarowego gazu elektronowego jest największa.
- Określenie wpływu grubości, składu i konfiguracji warstw oraz metodyki osadzania bariery AlGaN na parametry dwuwymiarowego gazu elektronowego [12]. Określenie wpływu składu bariery AlGaN na ruchliwość i koncentrację 2DEG z uwzględnieniem składu molowego $Al_xGa_{1-x}N$ i sposobu jego modyfikacji przez zmianę dozy prekursorów grupy trzeciej układu okresowego - Ga lub Al. Eksperymentalne określenie wpływu płukania reaktora pomiędzy etapami osadzania kolejnych subwarstw bariery przed i po osadzeniu przekładki AlN. Porównanie różnych sposobów osadzania heterostruktury AlGaN/GaN pod kątem zwiększenia ruchliwości lub koncentracji powierzchniowej dwuwymiarowego gazu elektronowego.

- Wytworzenie heterostruktur AlGaN/GaN na podłożach szafirowych i krzemowych z quasibarierą w postaci supersieci AlN/GaN [13]. Osadzenie metodą MOVPE heterostruktury z jednorodną barierą AlGaN/GaN oraz quasibarierą składającą się z 6 par AlN/GaN oraz porównanie ich parametrów elektrycznych i właściwości optycznych. Krytyczna analiza możliwości wytwarzania tego typu struktur metodą MOVPE i określenie ograniczeń związanych z interdyfuzją i tworzeniem się obszarów stopowych. Habilitant jako pierwszy zaprezentował heterostruktury z quasibarierą w postaci supersieci AlN/GaN osadzone na podłożu Si(111).

Wyniki realizacji 4. zagadnienia, czyli epitaksji selektywnej oraz epitaksji wieloetapowej heterostruktur AlGaN/GaN Habilitant przedstawił w artykułach [14-15]. Do najważniejszych osiągnięć w tym zagadnieniu Habilitant zaliczył:

- Opracowanie metody mycia międzyprocesowego po trawieniu reaktywnym w plazmie chlorowej azotku galu przed epitaksją heterostruktury AlGaN/GaN. Wykazanie, że brak odpowiedniego przygotowania powierzchni GaN po procesie RIE powoduje opóźnienie wzrostu warstwy monokrystalicznej GaN.
- Opracowanie oryginalnej metody wzrostu warstw materiałów AIIIN na trawionym w plazmie chlorowej azotku galu, eliminującej efekt autodomieszkowania pasożytniczego.

Obszernie wymienione powyżej osiągnięcia Habilitanta mają głównie charakter technologiczny ukierunkowany na opracowanie różnego rodzaju procedur do wytwarzania zaawansowanych heterostruktur AlGaN/GaN do zastosowań w mikroelektronice. Osiągnięcia te obejmują wytworzenie nowych heterostruktur AlGaN/GaN (m.in. z warstwami przekładkowymi AlN o różnej grubości) oraz wykonanie badań parametrów strukturalnych, optycznych i elektrycznych tych struktur. Towarzyszy temu opracowanie wielu nowatorskich procesów technologicznych dotyczących wyznaczania optymalnej konfiguracji i warunków osadzania warstw zarodziowych na różnych podłożach (np. optymalnych warunków osadzania i wygrzewania niskotemperaturowych warstw zarodziowych do epitaksji GaN i heterostruktur AlGaN/GaN na podłożach szafirowych). Wiele z tych nowatorskich metod technologicznych wymagało opracowania nowych metod pomiarowych (np. grubości subnanometrowych warstw zarodziowych GaN). Habilitant nie ogranicza się jedynie do wytwarzania nowych struktur AlGaN/GaN i opracowania towarzyszących temu celowi procedur technologicznych i pomiarowych. Ważnym elementem osiągnięć Habilitanta są wyniki podjętych przez Niego badań podstawowych, m.in. badania wpływu warunków osadzania na parametry warstw GaN na wysokoindeksowych podłożach krzemowych, badania wpływu warunków osadzania bufora

GaN na właściwości elektryczne dwuwymiarowego gazu elektronowego w heterozłączach AlGaN/GaN oraz AlGaN/AlN/GaN. Badania te były wspomagane symulacją komputerową.

Z powyższego wynika, że liczba osiągnięć technologicznych przedstawionych przez Habilitanta jest imponująca. Można to uzasadnić tym, że badania Habilitanta przedstawione w monotematycznym cyklu 15 artykułów były współautorskie, poza jednym przypadkiem. Razem z Habilitantem uczestniczyło w nich 18 osób o różnym wkładzie merytorycznym i procentowym (opisanym dokładnie w przedstawionych mi materiałach habilitacyjnych). Udział wielu badaczy jest typowy dla bardzo zaawansowanych badań eksperymentalnych, których powodzenie zależy od synergetycznego wkładu wielu specjalistów. Nie ulega jednak wątpliwości, że, jak już pisałem powyżej, w 8 współautorskich artykułach [6-8, 10-14] z Habilitantem jako pierwszym współautorem merytorycznym udział Habilitanta w koncepcji badań, ich zrealizowaniu, interpretacji wyników pomiarów i redakcji artykułów był dominujący. W mojej ocenie w pozostałych 6 artykułach współautorskich udział Habilitanta był ważny merytorycznie, ale miał pomocnicze znaczenie.

Według bazy Web of Science IF cyklu 15 artykułów Habilitanta stanowiących osiągnięcie naukowe wynosił w roku ich publikacji od 0,378 do 3,474, w tym 3 czasopisma mają IF w granicach 2 – 2,5 a IF 2 czasopism wynosi 3,085 i 3,474. Sumaryczny i średni IF cyklu 15 artykułów Habilitanta stanowiących osiągnięcie naukowe wynoszą odpowiednio 24,519 i 1,635. Mimo przeciętnych wartości IF czasopism, w których zostały opublikowane osiągnięcia Habilitanta, czasopisma te są reprezentatywne dla tematyki badawczej Habilitanta. Habilitant nie podaje liczby cytowań 15 artykułów stanowiących osiągnięcie naukowe. Jednak na podstawie danych bibliometrycznych (indeks Hirscha, całkowita liczba cytowań), które podaje Habilitant można ocenić, że 8 z 15 artykułów było cytowanych nie mniej niż 8 razy. Uważam, że ilość cytowań artykułów stanowiących osiągnięcie naukowe Habilitanta jest przeciętna w porównaniu do typowych ilości cytowań artykułów badaczy z dyscypliny Automatyka, elektronika i elektrotechnika wnioskujących o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego.

Podsumowując, osiągnięcia naukowe Habilitanta przedstawione w monotematycznym cyklu 15 artykułów są oryginalne. Dotyczą one ważnych zagadnień z dziedziny elektroniki a w szczególności technologii i wiedzy typu know-how zaawansowanych heterostruktur AlGaN/GaN do zastosowań w mikroelektronice. Osiągnięcia naukowe Habilitanta stanowią znaczący wkład do rozwoju dyscypliny naukowej Automatyka, elektronika i elektrotechnika. Świadczą one także o tym, że Habilitant należy do grupy wiodących specjalistów w dziedzinie epitaksji struktur mikroelektronicznych.

Uważam, że cykl 15 artykułów przedstawiony przez Habilitanta jako osiągnięcie naukowe spełnia warunki nadania Habilitantowi stopnia doktora habilitowanego.

5. Charakterystyka aktywności naukowej Habilitanta

Głównym przedmiotem badań naukowych Habilitanta były zaawansowane heterostruktury mikroelektroniczne AlGaN/GaN. Oprócz 15 artykułów wchodzących w skład osiągnięcia naukowego Habilitanta, wynikiem tych badań są: 30 współautorskie artykuły (w tym16 artykułów po uzyskaniu stopnia doktora), 3 autorskie i 42 współautorskie referaty konferencyjnych (w tym 27 po uzyskaniu stopnia doktora) i 3 współautorskie rozdziały w monografiach naukowych. Habilitant wygłosił także 36 referatów (w tym 8 referatów zaproszonych i plenarnych) na krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych. Jest współautorem jednego krajowego zgłoszenia patentowego, dotyczącego „sposobu i urządzenia do pomiaru właściwości fizycznych warstw półprzewodnikowych".

Sumaryczny i średni IF 30 artykułów niewchodzących w skład cyklu 15 artykułów stanowiących osiągnięcie Habilitanta wynoszą odpowiednio 27,674 i 0.922. Mimo że średni IF tych 30 artykułów jest wyraźnie mniejszy od średniego IF cyklu 15 artykułów stanowiących osiągniecie Habilitanta, to wśród tych 30 artykułów znajdują się artykuły opublikowane w czasopismach reprezentatywnych dla tematyki epitaksji struktur mikroelektronicznych (m.in. w Applied Surface Science, IF: 6,182; Physica Status Solidi A, Applications and Materials Science, IF: 1,659; Materials Science in Semiconductor, IF: 3,085; Journal of Applied Physics, IF: 2,183; Physica Status Solidi. C, Current Topics in Solid State Physics, IF: 0,810; Opto-Electronics Review, IF: 0,966; Vacuum, IF: 1,114).

Z mojej analizy treści 30 artykułów niewchodzących w skład osiągnięcia naukowego Habilitanta wynika, że dotyczą one rozwoju wiedzy i technologii zaawansowanych struktur mikroelektronicznych i w tym zakresie wnoszą znaczący wkład w rozwój dyscypliny Automatyka, elektronika i elektrotechnika. Tę opinię potwierdzają powyższe dane bibliometryczne czasopism, w których w/w 30 artykułów zostało opublikowanych.

Badania, których wynikiem są: cykl 15 artykułów stanowiących osiągnięcie naukowe Habilitanta i 30 artykułów niewchodzących w skład osiągnięcia naukowego były wykonywane przede wszystkim w miejscu zatrudnienia Habilitanta, czyli na Wydziale Elektroniki Mikrosystemów i Fotoniki (obecnie Wydział Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów) Politechniki Wrocławskiej. Wg Habilitanta 6 z 15 artykułów stanowiących osiągnięcie naukowe Habilitanta i 9 artykułów z 30 artykułów niewchodzących w skład osiągnięcia

naukowego, czyli w sumie 15 artykułów (w tym 14 artykułów indeksowanych w bazie Web of Science) jest rezultatem współpracy Habilitanta z innymi ośrodkami badawczymi krajowymi (Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Mikroelektroniki i Fotoniki w Warszawie, Wydział Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej) i zagranicznymi (Slovak University of Technology (Słowacja), Universidad de Malaga (Hiszpania). W nadesłanych mi do recenzji materiałach znalazłem częściowe potwierdzenie tego oświadczenia Habilitanta. Habilitant odbył 3 jednotygodniowe staże badawcze w Slovak University of Technology, Bratysława (w 2007, 2013 i 2014 roku). Dotyczyły one konsultacji naukowych, pomiarów struktur epitaksjalnych metodą SIMS i spektroskopii Ramana oraz przygotowania wspólnego artykułu. Dwóch z badaczy ze Slovak University of Technology jest współautorami w 4 z 15 artykułów Habilitanta stanowiących osiągnięcie naukowe (dr Milan Drzik i dr Andrej Vincze).

Oprócz powyższych ośrodków, z którymi współpracował naukowo, Habilitant wymienia jednotygodniowe szkolenia, jakie odbył m.in. w Technische Universitaet Dresden, Niemcy (2007), Instituto de Energia Solar, Universidad Politécnica de Madrid, Hiszpania (2007) i firmie AIXTRON LTD., AIXTRON CCS3x2FT (Swavesey, Wielka Brytania, 2010). Szkolenia te miały istotne znaczenie dla podniesienia poziomu naukowego prac Habilitanta.

W świetle powyższego uznaję, ze Habilitant spełnił warunek nadania stopnia doktora habilitowanego w zakresie wykazania się istotną aktywnością w więcej niż jednej instytucji naukowej, w tym zagranicznej. Aktywność ta skutkowała artykułami naukowymi stanowiącymi wkład w rozwój dyscypliny Automatyka, elektronika i elektrotechnika.

Z podsumowania aktywności naukowej Habilitanta, obejmującej cykl 15 artykułów stanowiących osiągnięcie naukowe i dalszych 30 artykułów niewchodzących w skład osiągnięcia naukowego Habilitanta wynika, że parametry bibliometryczne dorobku Habilitanta są przeciętne w porównaniu do typowych wartości opisujących dokonania badaczy z dyscypliny Automatyka, elektronika i elektrotechnika wnioskujących o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego. Wg bazy Web of Science sumaryczny IF 46 artykułów Habilitanta (46 wg Habilitanta, ja nie doliczyłem się jednego artykułu) wynosi 52,193, liczba cytowań bez autocytowań - 148 a indeks Hirscha artykułów Habilitanta jest równy 7. Wg bazy Scopus 2 ostatnie dane wynoszą odpowiednio 166 i 8.

6. Współpraca Habilitanta z ośrodkami badawczymi

Habilitant współpracował z kilkoma ośrodkami krajowymi (Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Mikroelektroniki i Fotoniki w Warszawie, Wydział Podstawowych

Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej) i zagranicznymi (Slovak University of Technology (Słowacja), Universidad de Malaga (Hiszpania)). Od wielu lat uczestniczył aktywnie (m.in. wygłosił zaproszony referat) w cyklicznych warsztatach naukowych „Interregional Workshop on Advanced Nanomaterials" współorganizowanych przez Politechnikę Wrocławską, Politechnikę Poznańską, Uniwersytet Karola w Pradze, The Leibniz Institute for High Performance Microelectronics (IHPM) we Frankfurcie n. Odrą i Brandenburg University of Technology. Uczestniczył w szkoleniach i wizytach w kilku instytucjach zagranicznych (Slovak University of Technology, Technische Universitaet Dresden, Instituto de Energia Solar, Universidad Politécnica de Madrid, firma AIXTRON LTD., AIXTRON CCS3x2FT, Swavesey, Wielka Brytania). Jak już wyżej wspomniałem rezultaty współpracy Habilitanta z innymi instytucjami zagranicznymi zostały wykorzystane w 15 artykułach.

Współpracę Habilitanta z ośrodkami badawczymi oceniam pozytywnie.

7. Udział Habilitanta w projektach badawczych

Habilitant brał udział w 11 projektach badawczych:

1. Projekt NCBR TECHMASTRATEG Nr 1/346922/4/NCBR/2017, „Technologie materiałów półprzewodnikowych dla elektroniki dużych mocy i wysokich częstotliwości" (PW, ITE, PWr, ITME, NanoCarbon), PWr: Zad. 2. „Technologie i materiały do wytwarzania wertykalnyh tranzystorów AlGaN/GaN HEMT (VHEMT)", 1.12.2017-30.11.2020, **jako główny wykonawca**.
2. Projekt NCN OPUS nr 2015/19/B/ST7/02494, „Wpływ efektów piezotronicznych na działanie przyrządów elektronicznych wytwarzanych w nanostrukturach AIIIN", 06.07.2016-05.01.2020, **jako główny wykonawca**.
3. Projekt NCBR Nr LIDER/027/533/L-5/13/NCBR/2014, „Technologia struktur tranzystorowych AlGaN/GaN HEMT osadzonych na podłożach krzemowych", 01.01.2015-30.06.2018, **jako kierownik projektu**.
4. Projekt NCBR PBS nr 178782, „Tranzystor mikrofalowy AlGaN/GaN HEMT na pasma C i X", 01.11.2012-31.10.2015, **jako główny wykonawca**.
5. Projekt NCN nr N N515 495740, „Zbadanie możliwości zwiększenia gęstości prądu w tranzystorach AlGaN/GaN HEMT", 01.04.2011-31.03.2014, **jako główny wykonawca**.
6. Projekt kluczowy POIG.01.01.02-00-008/08, "Kwantowe nanostruktury przewodnikowe do zastosowań w biologii i medycynie - rozwój i komercjalizacja nowej generacji urządzeń

diagnostyki molekularnej opartych o nowe polskie przyrządy półprzewodnikowe", 01.05.2008-30.09.2013, **jako główny wykonawca**.

7. Projekt promotorski MNiSzW nr 0535/B/T02/2008/35, „Opracowanie konstrukcji i technologii fotodetektorów z zastosowaniem nanostruktur półprzewodników AIIIBV o ciągłej zmianie składu", 07.10.2008-28.11.2009, **jako główny wykonawca**.

8. Projekt Zamawiany MNiSzW nr PBZ-MEiN-6/2/2006, „Nowe technologie na bazie węglika krzemu i ich zastosowania w elektronice wielkich częstotliwości, dużych mocy i wysokich temperatur, zad. 24",04.2007-03.2010, jako wykonawca.

9. Projekt Rozwojowy MNiSzW nr R02 018 02, „Opracowanie technologii i konstrukcji czujników wodoru na bazie heterostruktur AIII-N/SiC, przeznaczonych do pracy w podwyższonych temperaturach", 02.2007-01.2010, jako wykonawca.

10. Projekt KBN PBZ-100/1/1/2004, „Projektowanie i wytwarzanie funkcjonalnych materiałów gradientowych", 11.2004-11.2007, jako wykonawca.

11. Projekt KBN nr 4T11B 061 24, „Opracowanie technologii osadzania warstw azotku galu na podłożach krzemowych techniką MOVPE", 03.2003-03.2005, jako wykonawca.

Analizując powyższą listę projektów badawczych, można prześledzić wzrost kompetencji zawodowych Habilitanta. Swój udział w projektach badawczych Habilitant zaczynał od roli wykonawcy w roku 2003 a kończy w roku 2020 jako główny wykonawca w wielo-instytucyjnym Projekcie NCBR TECHMASTRATEG Nr 1/346922/4/NCBR/2017, „Technologie materiałów półprzewodnikowych dla elektroniki dużych mocy i wysokich częstotliwości" (PW, ITE, PWr, ITME, NanoCarbon), PWr).

Habilitant uczestniczył także w wieloletnim Polsko-Słowackim Programie Wykonawczym w ramach Umowy między Rządem Rzeczypospolitej Polskiej a Rządem Republiki Słowackiej o współpracy naukowo-technicznej (lata 2010-2011, 2013-2014 i 2016-2017).

Oceniam aktywność Habilitanta w zakresie realizacji projektów badawczych bardzo pozytywnie.

7. Dorobek dydaktyczny, organizacyjny i popularyzatorski

Habilitant prowadził zajęcia dydaktyczne (wykłady, laboratoria, projekty, także w języku angielskim) dla studentów pierwszego i drugiego stopnia studiów z zakresu elektroniki, mechatroniki, telekomunikacji i informatyki dla Wydziału Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów, Wydziału Elektrycznego i Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej, a także

opracował materiały dydaktyczne do części z tych zajęć. Współuczestniczył przy opracowaniu programu i materiałów dydaktycznych do laboratorium Mikroelektroniki, Technologii opto- i mikroelektronicznych a także Podstaw technik wytwarzania.

Habilitant był promotorem 3 prac magisterskich i 12 prac inżynierskich. Recenzował 8 prac magisterskich i 9 prac inżynierskich. Był wielokrotnie członkiem Komisji Egzaminów Dyplomowych Wydziału Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów dla studiów magisterskich oraz inżynierskich. Był lub jest promotorem pomocniczym w czterech przewodach doktorskich.

W latach 2006-2009 Habilitant byłem członkiem Stowarzyszenia Naukowego Studentów „Optoelektronika i Mikrosystemy" oraz sekcji studenckiej IEEE na Politechnice Wrocławskiej. Reprezentował koła naukowe na konferencjach studenckich oraz młodych pracowników nauki, m.in.: na UK Compound Semiconductors Conference", Sheffield - Wielka Brytania (2006); 2006 International Students and Young Scientists Workshop "Photonics and Microsystems", Szklarska Poręba (2006); International Students and Young Scientists Workshop - International Optoelectronics Workshop, Drezno - Niemcy (2005). Od 2013 roku Habilitant jest członkiem Rady Młodych Centrum Materiałów Zaawansowanych i Nanotechnologii Politechniki Wrocławskiej. Jest członkiem Polskiego Towarzystwa Próżniowego.

Od czasów swoich studiów doktoranckich Habilitant popularyzował naukę poprzez organizowanie zajęć dla studentów wizytujących Politechnikę Wrocławską w ramach programu Erasmus, uczestnictwo w kołach naukowych, reprezentację kół naukowych Politechniki na festiwalach nauki i przygotowywanie materiałów promocyjnych Wydziału Elektroniki Mikrosystemów i Fotoniki. W latach 2004-2011Habilitant był odpowiedzialny za opracowanie i aktualizację strony internetowej Zakładu Mikroelektroniki i Nanotechnologii. Habilitant angażuje się w organizację i obsługę wizyt uczniów szkół podstawowych i licealnych na Wydziale Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów PWr.

Habilitant był członkiem komitetów organizacyjnych kilku konferencji i seminariów: Seminarium Beneficjentów Programów TECHNO i TECHNE 2004 zorganizowanego pod patronatem Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej (2004), X Seminarium "Powierzchnia i Struktury Cienkowarstwowe"(2005), I Krajowej Konferencji Nanotechnologii (2007), XIII Seminarium "Powierzchnia i Struktury Cienkowarstwowe" (2015), XIV Seminarium "Powierzchnia i Struktury Cienkowarstwowe" (2018) i IX Krajowa Konferencja Nanotechnologii (2019).

Habilitant wykazał się także aktywnością w zakresie recenzowania prac naukowych. Zrecenzował 16 artykułów zgłoszonych do takich czasopism jak Physica Status Solidi A -

Applications and Materials Science, Journal of Alloys and Compounds, Micromachines, Crystals, Applied Surface Science i Optica Applicata.

Przedstawione powyżej dokonania Habilitanta w zakresie dorobku dydaktycznego, organizacyjnego i popularyzatorskiego świadczą o tym, że działalność Habilitanta na tym polu jest zadowalająca.

8. Podsumowanie i wniosek końcowy

Z przedstawionych powyżej faktów dotyczących działalności naukowej Habilitanta wynika, że spełnia on warunki nadania stopnia doktora habilitowanego, a mianowicie:

- posiada stopień doktora,
- posiada w dorobku naukowym osiągnięcie naukowe w postaci monotematycznego cyklu artykułów, stanowiącego znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej Automatyka, elektronika i elektrotechnika,
- i wykazuje się istotną aktywnością naukową w więcej niż jednej instytucji naukowej, w tym instytucji zagranicznej. Rezultatem tej aktywności są artykuły naukowe stanowiące znaczy wkład w rozwój dyscypliny Automatyka, elektronika i elektrotechnika.

Przedstawiony do oceny monotematyczny cykl 15 artykułów składający się na osiągnięcie habilitacyjne stanowi oryginalną i spójną tematycznie całość, prezentuje solidny poziom merytoryczny a uzyskane wyniki są oryginalne i nowatorskie. Walorem tych artykułów jest to, że posiadają one zarówno aspekty poznawcze jak i praktyczne, ważne dla rozwoju dziedziny epitaksji struktur mikroelektronicznych.

Swoimi osiągnięciami naukowymi Habilitant udowodnił, że należy do grupy czołowych specjalistów w dziedzinie epitaksji struktur mikroelektronicznych. Dorobek naukowy, współpraca z ośrodkami badawczymi, udział w projektach badawczych, oraz dorobek dydaktyczny, organizacyjny i popularyzatorski Habilitanta świadczą o tym, że jest On przygotowany do prowadzenia samodzielnej działalności naukowej i badawczej.

Podsumowując, popieram wniosek o nadanie dr. inż. Mateuszowi Wośko stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Automatyka, elektronika i elektrotechnika.

Prof. Jerzy Mizeraczyk