

Warszawa, 24.02.2017

Prof. dr hab. Maciej Bugajski
Instytut Technologii Elektronowej
Al. Lotników 32/46
02 668 Warszawa

**Ocena dorobku i rozprawy habilitacyjnej dr inż. Marty Gładysiewicz-Kudrawiec
w związku z ubieganiem się przez nią o stopień doktora habilitowanego nauk fizycznych**

1. Informacje podstawowe o kandydatce:

Dr inż. Marta Gładysiewicz-Kudrawiec ukończyła w 1999 roku studia na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej. W latach 1999 – 2003 odbyła studia doktoranckie w Instytucie Fizyki Politechniki Wrocławskiej zakończone uzyskaniem stopnia doktora nauk fizycznych za pracę pt.: *Rola anizotropii i mechanizmów oddziaływania w układach nadprzewodzących*, wykonaną pod kierunkiem prof. Ryszarda Gonczarka. Od roku 2004 do chwili obecnej jest zatrudniona, początkowo w Instytucie Fizyki a obecnie w Katedrze Fizyki Doświadczalnej na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej. W latach 2010, 2012, 2013 i 2014 odbyła kilkumiesięczne staże naukowe w Department of Physics and Computer Science, Wilfrid Laurier University, Waterloo, Kanada i Lawrence Berkeley National Laboratory, USA.

2. Charakterystyka dorobku naukowego

Po obronie doktoratu na temat teorii nadprzewodnictwa i przejściu do zespołu prof. Jana Misiewicza, Habilitantka zajmuje się wsparciem obliczeniowym prowadzonych tam prac eksperymentalnych z zakresu spektroskopii modulacyjnej struktur półprzewodnikowych. Z czasem jej rola w zespole wzrasta, rośnie liczba prac w których jest pierwszym autorem a jej wkład w pracach zespołowych dotyczy formułowania modeli i pogłębionej interpretacji

wyników eksperymentalnych. Prace dr Gładysiewicz w przeważającej mierze dotyczą półprzewodników azotkowych. Zagadnienia poruszane w tych pracach mają charakter badań podstawowych ale ich rezultaty mają bezpośrednie zastosowanie w praktyce, w projektowaniu nowoczesnych przyrządów elektronicznych, laserów półprzewodnikowych czy tranzystorów HEMT, co nie powinno dziwić jako, że wykonywane są we współpracy z wiodącymi w tym zakresie ośrodkami technologicznymi w kraju; Instytutem Wysokich Ciśnień PAN i Instytutem Fizyki PAN w Warszawie.

Habilitantka uczestniczyła jako wykonawca w czterech grantach, w tym w jednym międzynarodowym – COST, a w trzech była kierownikiem. Pośród tych ostatnich były projekty NCN na znaczne sumy; OPUS 5 (690 165 PLN) i trwający jeszcze SONATA BIS (1 435 700 PLN) – *Struktura pasmowa, wzmocnienie optyczne oraz inne parametry nowoczesnych laserów półprzewodnikowych*. Wszystkie te projekty realizowane były w ostatnich dziesięciu latach. Świadczy to o dojrzałości naukowej dr Marty Gładysiewicz, jej umiejętności pracy zespołowej i umiejętności organizowania pracy zespołu.

Dr Marta Gładysiewicz publikuje w najlepszych czasopismach ze swojej dziedziny. Jej dorobek naukowy obejmuje 54 publikacje z czego 50 powstało po doktoracie. Spośród tej liczby 33 to artykuły w takich czasopismach jak Journal of Applied Physics (11), Applied Physics Letters (9), IEEE Journal of Quantum Electronics (2) czy Physical Review (1) by wymienić tylko najważniejsze. Prace te są szeroko cytowane i bez wątpienia wywarły istotny wpływ na rozwój swojej dziedziny. Łączna liczba cytowani (bez autocytowań) prac Kandydatki wynosi 236 a indeks Hirscha według Web of Science $h = 11$ (w chwili pisania recenzji $h=12$). Przytaczane wskaźniki znacznie przewyższają typowe wartości dla osób ubiegających się o stopień dr hab. Badania prowadzone przez dr Martę Gładysiewicz, prócz niewątpliwej wartości poznawczej, są ważne dla praktyki i często decydują o możliwości realizacji konkretnych przyrządów i układów, oraz o ich właściwościach. Dr Gładysiewicz wygłosiła 9 referatów (w tym 2 zaproszone) na międzynarodowych konferencjach naukowych w kraju i zagranicą. Można z całą odpowiedzialnością stwierdzić, że jest ona rozpoznawalna w swoim środowisku a jej rozwój naukowy przebiega w sposób prawidłowy.

3. Ocena rozprawy habilitacyjnej

Przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe zatytułowane: „*Modelowanie wybranych właściwości optycznych struktur półprzewodnikowych związków III-V*” oparte jest

na cyklu 15 prac opublikowanych w latach 2010 do 2016 w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym w których Kandydatka jest pierwszym autorem a jej wkład jest dominujący. Wiodący udział merytoryczny dr Gładysiewicz w pracach stanowiących podstawę wystąpienia o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego potwierdzony jest stosownymi oświadczeniami współautorów. Wspólnym mianownikiem wspomnianych prac jest dążenie do stworzenia dokładnego opisu struktury pasmowej azotkowych półprzewodników III-V i zrozumienia jej wpływu na własności optyczne i wzmocnienie materiałowe tych związków (6 prac). Kolejnymi zagadnieniami rozpatrywanymi przez autorkę w przedstawionych pracach są rozkład pól elektrycznych w heterostrukturach AlGa_N/Ga_N (5 prac) i wpływ niejednorodności struktury na właściwości optyczne (4 prace).

Spośród wymienionych zagadnień największy ciężar gatunkowy reprezentują prace na temat struktury pasmowej i wzmocnienia materiałowego w nowych półprzewodnikach grupy III-V. Dotyczą one dwu grup materiałowych, półprzewodników rozcieńczonych azotem (ang. dilute nitrides) i półprzewodników rozcieńczonych bizmutem (ang. dilute bismides). Do opisu struktury pasmowej półprzewodników rozcieńczonych azotem autorka stosuje 10-cio pasmowy model *kp*, który uwzględnia oddziaływanie z rezonansowym poziomem azotowym w paśmie przewodnictwa. Jest to w chwili obecnej najbardziej zaawansowana teoretycznie metoda liczenia struktury pasmowej studni kwantowych GaInNAs/GaAs. Jego stosowanie jest jednak utrudnione ze względu na ograniczoną dostępność parametrów materiałowych modelu nieprzecinających się pasm. Podobne, lub nawet większe problemy występują w przypadku obliczeń struktury pasmowej materiałów GaNAsSb i GaNPSb. Jak wykazała autorka w takich przypadkach dobre przybliżenie stanowi 8-mio pasmowy model *kp* bazujący na empirycznej parametryzacji przerwy energetycznej materiałów. W przypadku półprzewodników rozrzedzonych bizmutem do opisu struktury pasmowej, podobnie jak w przypadku rozcieńczonych azotków, stosowany jest model nieprzecinających się pasm z tą różnicą, że poziom rezonansowy bizmutu znajduje się w paśmie walencyjnym a nie paśmie przewodnictwa. Prowadzi to znaczącej komplikacji obliczeń, jako że bizmut opisywany jest trzema podwójnie zdegenerowanymi poziomami co dla opisu dyspersji pasm w pobliżu środka strefy Brillouina wymaga zastosowania 14-to pasmowego modelu *kp*.

Prace dr Marty Gładysiewicz na temat obliczeń struktury pasmowej oraz wzmocnienia materiałowego dla studni kwantowych wykonanych na bazie półprzewodników grupy III-V rozrzedzonych azotem oraz bizmutem wnoszą istotne nowe wartości do literatury przedmiotu

zarówno pod względem rozwoju metod teoretycznych obliczeń struktury pasmowej jak i pod względem poszukiwań nowych obszarów czynnych dla laserów półprzewodnikowych pokrywających różne zakresy spektralne.

Drugą grupę prac składających się na przedstawioną do oceny rozprawę habilitacyjną stanowią artykuły dotyczące zagadnienia wyznaczania rozkładu pól elektrycznych w heterostrukturach AlGaIn/GaN stanowiących obszar czynny w nowoczesnych tranzystorach mocy, przeznaczonych do pracy w podwyższonych temperaturach. Prace te podyktowane były koniecznością interpretacji wyników eksperymentalnych. Ich wartość dla nauk podstawowych jest mniejsza, należy natomiast podkreślić ich użyteczność praktyczną. AlGaIn/GaN dla zastosowań w tranzystorach mikrofalowych są przedmiotem intensywnych badań w licznych laboratoriach na świecie; w tym również w Polsce gdzie realizowanych było w ostatnich latach kilka dużych projektów na ten temat. Należy tylko żywić nadzieję, że zaowocują one produkcją mikrofalowych tranzystorów mocy w kraju. Prace dr Gładysiewicz poszerzają naszą wiedzę na temat metod poprawy ruchliwości dwuwymiarowego gazu elektronowego w strukturach AlGaIn/GaN i nowych konstrukcji tranzystorów GaN/AlGaIn/GaN osadzanych na stronie azotowej, znajdujących zastosowanie w czujnikach gazu z chemiczną bramką.

Podobny charakter jak omawiane wyżej ma grupa czterech prac poświęconych zagadnieniu wpływu niejednorodności szerokości studni kwantowych na ich właściwości optyczne. W przypadku studni kwantowych wykonanych na bazie GaN i wzrastanych wzdłuż kierunków polarnych mamy do czynienia z bardzo wąskimi studniami w których fluktuacje grubości w istotny sposób wpływają na położenie zlokalizowanych w nich poziomów energetycznych. Dla analizy przypadków w których mamy do czynienia z niejednorodnościami składu oraz szerokości zarówno dla studni jak i bariery autorka zaproponowała model tzw. losowej studni kwantowej. Zaproponowany model bardzo dobrze zgadza się z eksperymentem, tłumacząc poszerzenia przejść optycznych obserwowane w absorpcji, technikach modulacyjnych i fotoluminescencji. Model losowej studni kwantowej jest bardzo wygodnym narzędziem do interpretacji szerokiej gamy pomiarów optycznych.

Za najważniejsze osiągnięcia naukowe Habilitantki uważam prace na temat struktury pasmowej i wzmocnienia materiałowego w nowych półprzewodnikach grupy III-V, dotyczące półprzewodników rozcieńczonych azotem i półprzewodników rozcieńczonych bizmutem. Do opisu struktury pasmowej zastosowano w nich odpowiednio: 10-cio pasmowy model *kp*, który

uwzględnia oddziaływanie z rezonansowym poziomem azotowym w paśmie przewodnictwa i 14-to pasmowy model *kp* uwzględniający analogiczne oddziaływanie trzech dwukrotnie zdegenerowanych poziomów bizmutu z pasmem walencyjnym. Są to w chwili obecnej najbardziej zaawansowane teoretycznie metody liczenia struktury pasmowej studni kwantowych GaInNAs/GaAs i GaInAsBi/GaAs. Prace dr Marty Gładysiewicz na temat obliczeń struktury pasmowej studni kwantowych wykonanych na bazie półprzewodników grupy III-V rozrzedzonych azotem oraz bizmutem wnoszą istotne nowe wartości do literatury przedmiotu. Wysoko należy ocenić również prace teoretyczne, których celem była interpretacja wyników eksperymentalnych. Należą do nich obliczenia rozkładu pól elektrycznych w heterostrukturach tranzystorów mikrofalowych AlGaIn/GaN i oryginalny model losowej studni kwantowej zastosowany z powodzeniem do interpretacji eksperymentów optycznych w niejednorodnych studniach kwantowych InGaIn/GaN.

Tematy poruszane w pracach przedstawionych jako dorobek naukowy Habilitantki mają ogromną wartość poznawczą i duże znaczenia praktyczne. Są to zagadnienia, których dokładne zbadanie pozwoliło na znaczny postęp w zrozumieniu właściwości optycznych struktur półprzewodnikowych ze związków III-V a w konsekwencji na postęp w dziedzinie technologii i lepsze zrozumienie podstaw działania laserów azotkowych i tranzystorów mikrofalowych AlGaIn/GaN. Prace dr Gładysiewicz z zakresu teorii struktury pasmowej i wzmocnienia w azotkowych studniach kwantowych mają charakter fundamentalny i wnoszą istotny wkład rozwój tej dziedziny wiedzy.

Reasumując, uważam że dorobek naukowy dr Marty Gładysiewicz wskazuje na to, że umiejętnie i z sukcesem podejmuje ona aktualne i ważne dla badań podstawowych i praktyki tematy badawcze co bez wątpienia ma pozytywny wpływ na jej indywidualny rozwój naukowy.

4. Charakterystyka dorobku dydaktycznego

Dorobek dydaktyczny Kandydatki obejmuje wykłady, ćwiczenia i laboratoria z fizyki ogólnej oraz szereg kursów specjalistycznych z zakresu programowania i fizyki komputerowej. Jest to zgodne z jej specjalnością naukową. Dr Gładysiewicz była opiekunem 2 prac magisterskich i 2 prac licencjackich. Wykazuje również aktywność w propagowaniu nauki w ramach Dolnośląskiego Festiwalu Nauki i Międzyszkolnego Konkursu Fizycznego we Wrocławiu.

5. Współpraca krajowa i międzynarodowa

Ważnym elementem aktywności naukowej dr Gładysiewicz jest działalność związana z międzynarodową współpracą naukową znajdująca odbicie w licznych wspólnych publikacjach. Dotyczy to przede wszystkim współpracy z prof. Wartakiem z Department of Physics and Computer Science, Wilfrid Laurier University, Waterloo w Kanadzie i Lawrence Berkeley National Laboratory w Stanach Zjednoczonych. W kraju silne więzy naukowe łączą Kandydatkę z Instytutem Wysokich Ciśnień PAN i Instytutem Fizyki PAN w Warszawie; oba ośrodki należą do wiodących europejskich laboratoriów w dziedzinie badań półprzewodników azotkowych. Współpracę naukową Kandydatki oceniam jako wzorową.

6. Podsumowanie

Uważam osiągnięcia naukowe i praktyczne dr Marty Gładysiewicz-Kudrawiec za wybitne. Jej prace z zakresu teorii struktury pasmowej półprzewodników III-V, rozcieńczonych azotków i rozcieńczonych bizmutków, mają charakter fundamentalny i wnoszą istotny wkład rozwój tej dziedziny wiedzy. Na uwagę zasługują również prace dr Gładysiewicz na temat właściwości tranzystorów mikrofalowych AlGaIn/GaN i niejednorodnych studni kwantowych InGaIn/GaN, które znalazły zastosowanie do bezpośredniej interpretacji eksperymentów optycznych. Dr Gładysiewicz wykazuje się dużą aktywnością naukową. Rozwija bogatą współpracę z wieloma ośrodkami w kraju i za granicą. Ma doświadczenie w prowadzeniu i wykonywaniu grantów naukowych. Uważam, że dr Gładysiewicz jest w pełni ukształtowanym, samodzielnym pracownikiem naukowym.

Stwierdzam, że w świetle obowiązującej Ustawy z dnia 14 marca 2003 r, z późniejszymi zmianami, Pani dr inż. Marta Gładysiewicz-Kudrawiec spełnia kryteria do uzyskania awansu naukowego, określone w art. 16 i wnioskuję o dopuszczenie jej do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

