

Wrocław, 12 maja 2017

Prof. dr hab. Ewa Popko  
Katedra Technologii Kwantowych  
Wydział Podstawowych Problemów Techniki  
Politechnika Wrocławska  
Wybrzeże Wyspiańskiego 27  
50-370 Wrocław

DZIEKANAT WYDZIAŁU FIZYKI  
WPLYNĘŁO

2017 -05- 22 *JBitek.*

## **Ocena osiągnięć naukowo-badawczych dr Marty Gryglas – Borysiewicz ubiegającej się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego**

Przedstawiona poniżej ocena osiągnięć dr Marty Gryglas-Borysiewicz została opracowana na podstawie następujących dokumentów:

- Autoreferatu stanowiącego opis osiągnięcia naukowego zatytułowanego „Transport elektronowy w strukturach dla spintroniki opartych na GaAs”.
- Wykazu opublikowanych prac naukowych lub twórczych prac zawodowych oraz informacji o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy naukowej i popularyzacji nauki.
- Załączonych publikacji.
- Oświadczeń współautorów.
- Dokumentów potwierdzających uzyskanie stopnia doktora nauk fizycznych.

oraz:

- Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz.U. z 2016 r. poz. 1311).
- Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 r. w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Pani dr Marta Gryglas-Borysiewicz uzyskała tytuł magistra fizyki we wrześniu 1999 r. na podstawie pracy magisterskiej zatytułowanej „Tunelowanie w strukturach z pojedynczą barierą AlAs”, wykonanej pod kierunkiem dr Jacka Przybytki. Tytuł doktora nauk fizycznych otrzymała w r. 2014 na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego (WF UW) na podstawie wyróżnionej rozprawy zatytułowanej „Resonant tunnelling via Single Impurities in GaAs/AlAs/GaAs”. Promotorem rozprawy był prof. Michał Baj.

W okresie czasu od stycznia do grudnia 2005 r. habilitantka odbywała staż podoktorski w Laboratoire de Photonique et de Nanostructures, CNRS, Marcoussis we Francji. Od marca 2006 r. jest zatrudniona na stanowisku adiunkta w Zakładzie Fizyki Ciała Stałego Instytutu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego.

## Ocena osiągnięć naukowo-badawczych na podstawie cyklu wybranych publikacji przedstawionych do uzyskania habilitacji

Osiągnięciem naukowym przedstawionym do uzyskania habilitacji jest cykl 6 publikacji pod wspólnym tytułem „Transport elektronowy w strukturach dla spintroniki opartych na GaAs”. Są to prace doświadczalne. Publikacje zostały wydane w okresie czasu od uzyskania stopnia doktora do chwili obecnej, w prestiżowych czasopismach o randze międzynarodowej i wysokim wskaźniku Impact Factor. Są to: praca B1 w Applied Physics Letters (IF w r. 2006: 3.89), praca B2 w Physical Review B Rapid Communication (IF w r. 2013: 5.1) i B3 w Physical Review B (IF za ostatnie 5 lat: 3.513), B4 w Applied Surface Science (IF: 3.15), B5 w Journal of Magnetism and Magnetic Materials (IF=1.97) oraz B6 w Journal of Physics: Condensed Matter (IF: 1.83). Liczba autorów tych prac zawiera się w przedziale od 5 do 10. W 3 pracach dr Gryglas-Borysiewicz jest pierwszym autorem. Są to prace B3, B5 i B6, w której udział dr Gryglas-Borysiewicz szacuje na 44% i dwukrotnie na 50%. W pozostałych pracach (B1, B2 i B4) jest ona drugim autorem, z udziałem szacowanym odpowiednio na 40%, 43% i 35%. Ten wynik jest równoważny ok. 4 samodzielny pracom.

Zagadnienia, których dotyczy prezentowane osiągnięcie wpisują się w intensywnie eksplorowany nurt badań określanych mianem spintroniki. Liczba publikacji na temat spintroniki na dzień dzisiejszy według bazy ISI WEB of Knowledge zbliża się do 10000. Zainteresowanie tą dziedziną wynika z prognozowanego olbrzymiego potencjału aplikacyjnego, m.in. w obszarze informatyki czy telekomunikacji. Jednym z najbardziej obiecujących i najintensywniej badanych materiałów spintronicznych jest rozcieńczony półprzewodnik magnetyczny (Ga,Mn)As. Właśnie ten materiał jest obiektem badań przedkładanego osiągnięcia dr Gryglas-Borysiewicz zaś prezentowane wyniki wnoszą nowe informacje odnośnie jego właściwości (prace B3, B4 i B6). Kolejne zagadnienie stanowiące zasób przedstawianego osiągnięcia (prace B1, B2 i B5) dotyczy procesu tunelowania spinowo spolaryzowanych nośników w diodach tunelowych Esakiego. Badanie właściwości elektrycznych diod Esakiego pozwala na spektroskopię gęstości stanów tunelujących nośników i, jak pokazano w pracach B1 i B5, wnosi informację odnośnie gęstości stanów w pasmie walencyjnym (Ga,Mn)As. Prezentowane prace są pracami doświadczalnymi. Eksperymenty polegające na pomiarach transportu elektronowego przeprowadzono w zakresie temperatur 1.5K-200K, w polach magnetycznych do 12T i w funkcji ciśnienia hydrostatycznego (maksymalnie do 1.1GPa). Należy zauważyć, że przeprowadzanie pomiarów w takich warunkach nie jest trywialne i wymaga dużego doświadczenia. Na szczególną uwagę zasługują pomiary w funkcji ciśnienia, ze względu na niewielką ilość danych literaturowych odnośnie właściwości (Ga,Mn)As w takich warunkach. Ponadto w celu interpretacji wyników uzyskanych metodami transportu, przeprowadzono pomiary namagnesowania (SQUID) oraz dyfrakcji rentgenowskiej (XRD).

W pracy B1 badano charakterystyki prądowo-napięciowe diod Esakiego (Ga,Mn)As/GaAs bez i w obecności pola magnetycznego prostopadłego do warstw (Ga,Mn)As/GaAs. Uzyskane wyniki potwierdziły przewidywaną teoretycznie anizotropię pasma walencyjnego (Ga,Mn)As, która manifestuje się występowaniem tunelowego anizotropowego magnetooporu.

Dodatkowo stwierdzono interesującą zależność magnetooporu od napięcia, którą wyjaśniono udziałem różnych podpasem pasma walencyjnego w tunelowaniu.

Kolejna praca poświęcona diodzie Esakiego (Ga,Mn)As/GaAs to praca B5, w której również badano tunelowy anizotropowy magnetoprąd (w autoreferacie dr Gryglas –Borysiewicz skłania się do zamiany pojęcia magnetoopór na magnetoprąd) ale tym razem w funkcji ciśnienia hydrostatycznego. Jak deklarują autorzy, nie ma doniesień literaturowych na tego typu pomiary - zostały one wykonane po raz pierwszy. Na charakterystykach I-V nie zaobserwowano ujemnego oporu różniczkowego typowego dla diod Esakiego, ponieważ transport prądu jest zdominowany przez tzw. prąd nadmiarowy, związany z obecnością stanów domieszkowych w obszarze przerwy wzbronionej. Stwierdzono natomiast niemonotoniczną zależność tunelowego anizotropowego magnetoprądu od napięcia, pozostającą w zgodzie z przewidywaniami teoretycznymi (odnośnik [43] w autoreferacie) nie zauważono natomiast spodziewanego istotnego wpływu ciśnienia na tunelowy anizotropowy magnetoprąd a tym samym nie stwierdzono wpływu ciśnienia na magnetyczną anizotropię podpasem pasma walencyjnego (Ga,Mn)As.

Praca B2 jest poświęcona zagadnieniu tunelowania spinowo spolaryzowanych nośników. Obiektem badań w tej pracy jest submikronowe złącze GaAs/AlAs+ $\delta$ -doping/GaAs. Mierzono charakterystyki prądowo-napięciowe w funkcji temperatury, w polu magnetycznym przyłożonym w płaszczyźnie studni. Obecność domieszki w obszarze studni, prowadzi do tunelowania rezonansowego. Na podstawie analizy charakterystyk I-V, na których zaobserwowano i rozróżniono struktury związane z rozszczepieniem Zeemana stanów płytkiej domieszki Si oraz 2DEG, wyznaczono czynniki Landego dla domieszki i dla 2DEG. Stwierdzono, że dominujący wkład do prądu mają procesy tunelowania z zachowaniem spinu.

W pracy B3 badano wpływ ciśnienia hydrostatycznego (maksymalne ciśnienie 1.1GPa) na temperaturę Curie ( $T_c$ ) dla dwóch próbek (Ga,Mn)As o różnym stopniu lokalizacji dziur: o charakterze metalicznym i półprzewodnikowym. Wykorzystano w tym celu pomiar rezystancji od temperatury oraz pomiar pętli histerezy napięcia Halla w funkcji temperatury. Zauważono po raz pierwszy, że w przypadku próbki o charakterze półprzewodnikowym wyznaczenie temperatury Curie z zależności rezystancji od temperatury nie jest miarodajne (zagadnienie to było dalej analizowane w pracy, w której dr Gryglas-Borysiewicz jest drugim autorem - odnośnik [39] w autoreferacie). Poddano analizie zależność temperatury Curie od ciśnienia według modelu teoretycznego (odnośnik [23] w autoreferacie) i stwierdzono zgodność z modelem (wzrost  $T_c$  ze wzrostem ciśnienia) w przypadku próbki o charakterze metalicznym. W ramach tego modelu nie można było jednak wyjaśnić spadku  $T_c$  ze wzrostem ciśnienia dla próbki o charakterze izolującym. Należy zauważyć, że w tej pracy po raz pierwszy zaobserwowano spadek  $T_c$  ze wzrostem ciśnienia.

W kolejnej pracy B4 badano wpływ naprężeń na anizotropię magnetyczną (Ga,Mn)As. W tym celu wyhodowano warstwę  $Ga_{0.93}Mn_{0.07}As$  na buforze  $Ga_{0.7}In_{0.3}As$ , gdzie podłożem był GaAs. Niedopasowanie sieciowe warstwy (Ga,Mn)As jest wówczas równe 2% co powoduje naprężenie rozciągające. Należy zauważyć, że w chwili publikacji pracy (2015 r.) było to rekordowe niedopasowanie. Wykonano m.in. pomiary magnetotransportowe w funkcji

temperatury (rezystancja Halla w funkcji pola magnetycznego) i na podstawie tych pomiarów oraz na podstawie modelowania energii swobodnej wyznaczono parametr anizotropii pozapłaszczyznowej w funkcji temperatury. Pokazano, że parametr ten jest liniową funkcją magnetyzacji zgodnie z modelem teoretycznym, zaproponowanym wcześniej przez Dietla i Ohno (odnośnik [42] w autoreferacie). Ponadto stwierdzono, że parametr ten pasuje do uzyskanej wcześniej przez Glunka i in. (odnośnik [28] w autoreferacie) zależności liniowej parametrów anizotropii w funkcji naprężenia.

Obszerna praca B6 zawiera analizę wpływu ciśnienia hydrostatycznego na energię anizotropii magnetycznej dla dwóch próbek różniących się osią łatwego namagnesowania. Pierwsza to warstwa  $\text{Ga}_{0.94}\text{Mn}_{0.06}\text{As}$  wyhodowana bezpośrednio na podłożu GaAs (A962). Dla tej próbki oś łatwego namagnesowania leży w płaszczyźnie warstwy. Druga (A984) została wyhodowana na buforze, podobnie jak próbka badana w pracy B5. W jej przypadku oś łatwego namagnesowania leży poza płaszczyzną warstwy.

Parametry anizotropii magnetycznej wyznaczono w oparciu o uzyskane wyniki pomiarów poprzecznej rezystancji i modelowanie energii swobodnej. Dla próbki A962 wyznaczono parametry anizotropii kubicznej i jednoosiowej i stwierdzono, że wartości tych parametrów liniowo rosną wraz ze wzrostem ciśnienia i maleją ze wzrostem temperatury.

Parametry anizotropii pozapłaszczyznowej zostały zbadane dla obydwu próbek. W przypadku próbki A962 pole magnetyczne zostało skierowane prostopadle do płaszczyzny warstwy, a w przypadku próbki A984 w płaszczyźnie warstwy, prostopadle do kierunku płynącego prądu. W przypadku próbki A962 zaobserwowano liniowy wzrost parametru anizotropii ze wzrostem ciśnienia i spadek ze wzrostem temperatury. Otrzymane wyniki porównano z modelem teoretycznym p-d Zenera, ale uzyskano jedynie jakościową zgodność.

Podsumowując, prace stanowiące osiągnięcie naukowe dr Gryglas-Borysiewicz to monotematyczny cykl dotyczący bardzo ważnych zagadnień spintroniki, a tym samym wnoszący istotny wkład do dziedziny fizyki ciała stałego.

#### Ocena dorobku naukowego i aktywności naukowo-dydaktycznej habilitantki

Dorobek habilitantki poza sześcioma pracami przedstawianymi jako osiągnięcie naukowe, obejmuje jedenaście publikacji w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JRC). Cztery z nich zostały opublikowane przed uzyskaniem stopnia doktora i habilitantka jest pierwszym autorem tych prac. W pozostałych siedmiu jest pierwszym autorem tylko w jednej pracy, w czterech – drugim autorem. Spośród 7 prac opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora, 3 zostały opublikowane w prestiżowych czasopismach: Phys. Rev. B, J. Appl. Phys., Appl. Phys. Let.. Pozostałe 4 - w Acta Physica Polonica. Wszystkie opublikowane prace powstałe w okresie od r. 2000 do r. 2017 były cytowane (bez autocytowań) 70 razy. Aktywność naukowa habilitantki obejmuje również 3 wystąpienia konferencyjne, w tym jedno na konferencji krajowej. Ponadto dr Gryglas-Borysiewicz jest współautorem 4 prac, nie znajdujących się w bazie JCR.

Sumaryczny IF: 27 zaś Indeks Hirscha według bazy Web of Science: 5.

Dr Gryglas-Borysiewicz była dwukrotnie kierownikiem grantu Polonium (w latach 2007-2008 oraz 2008-2009) a w chwili obecnej jest głównym wykonawcą w grantie NCN obejmującym lata 2007-2012.

Za swoją działalność naukową otrzymała nagrodę Rektora UW III stopnia w r. 2006.

W latach 2016 i 2017 dr Gryglas-Borysiewicz była przewodniczącą i członkinią Szkoły „Jaszowiec” International School&Conference on the Physics of Semiconductors.

Godne podkreślenia jest zaangażowanie habilitantki w organizację dydaktyki na Wydziale Fizyki UW. Zaproponowała realizację nowych stanowisk w Pracowni Fizycznej dla Zaawansowanych, pozyskała niezbędne fundusze i uruchomiła te stanowiska. Zaprojektowała, pozyskała fundusze i utworzyła laboratorium litografii optycznej w Zakładzie Fizyki Ciała Stałego IFD UW oraz zaprojektowała tzw. „clean room” dla potrzeb WF UW. Powyższa lista aktywności potwierdza, że habilitantka jest dojrzałym eksperymentatorem.

Dr Gryglas –Borysiewicz prowadziła również aktywną działalność popularyzatorską. Brała czynny udział w 4 kolejnych edycjach Festiwalu Nauki, prowadziła warsztaty dla uczniów w ramach Letniej Szkoły Fizyki i dla uczniów z Krajowego Funduszu na rzecz Dzieci, realizowała pokazy do wykładu PTF dla szkół średnich.

Dr Gryglas-Borysiewicz była opiekunem 1 pracy licencjackiej i 3 prac magisterskich na WF UW. W chwili obecnej jest promotorem pomocniczym w 2 przewodach doktorskich: Piotra Juszyńskiego oraz Johanessa Bindera.

Habilitantka odbyła staż podoktorski w okresie czasu od stycznia do grudnia 2005 r. w Laboratoire de Photonique et de Nanostructures, CNRS, Marcoussis we Francji.

Trzykrotnie recenzowała prace w Acta Physica Polonica i raz w European Physics Letters.

Podsumowując stwierdzam, że zarówno cykl prac stanowiących osiągnięcie naukowe jak również pozostałe prace z dorobku dr Gryglas-Borysiewicz reprezentują wysoki poziom badawczy i wnoszą istotny wkład do badań w dziedzinie fizyki ciała stałego. Ponadto na szczególne podkreślenie zasługuje zaangażowanie habilitantki w organizację dydaktyki jak również jej działalność popularyzatorska.

**Osiągnięcia naukowo-badawcze spełniają warunki określone w ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz.U. z 2016 r. poz. 1311) dla osób ubiegających się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego. Wnioskuje o przyjęcie rozprawy habilitacyjnej i o dopuszczenie dr Marty Gryglas-Borysiewicz do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.**

Prof. dr hab. Ewa Popko

*Ewa Popko*