



Prof. Maciej Krawczyk  
Wydział Fizyki, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu  
ul. Umultowska 85, 61-614 Poznań  
krawczyk@amu.edu.pl

Poznań, 3 stycznia 2017 r.

### OCENA

osiągnięć naukowo-badawczych oraz dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego  
dr Agnieszki Wołoś  
w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego na podstawie cyklu  
publikacji zatytułowanych  
*Zastosowanie spektroskopii mikrofalowej do badań nośników masy efektywnej w wybranych  
dwuwymiarowych i trójwymiarowych strukturach krystalicznych*

#### **Sylwetka naukowa habilitanta.**

Dr Agnieszka Wołoś ukończyła studia magisterskie na Wydziale Fizyki (WF) Uniwersytetu Warszawskiego w 1999 roku realizując pracę magisterską pod kierunkiem prof. dr hab. Marii Kaminskiej. W kolejnych latach (1999-2004) uczestniczyła w studiach doktoranckich na tym samym wydziale, które zakończyły się uzyskaniem stopnia doktora nauk fizycznych w 2005. Promotorem rozprawy doktorskiej pt. *Properties of Mn impurity in the selected group III+V semiconductors* była prof. dr hab. Maria Kamińska. Po ukończeniu studiów doktoranckich habilitantka została zatrudniona na etacie inżynierjno-technicznym na Wydziale Fizyki UW, gdzie pracowała przez jeden rok. W latach 2005-2006 odbyła dwuletni staż podoktorski na Uniwersytecie Johanna Keplera w Linzu. Od 2007 roku do końca września 2016 roku była zatrudniona w Instytucie Fizyki PAN w Warszawie. Od 2011 roku dodatkowo pracowała na 2/5 etatu naukowego adiunkta na WF UW, gdzie też od pierwszego października tego roku jest zatrudniona na pełnym etacie dydaktyczno-naukowym adiunkta.

## **Ocena osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego.**

Jako osiągnięcie naukowe w rozumieniu art. 16 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2003 Nr 65 poz. 595 z późniejszymi zm.) mające stanowić podstawę do otrzymania stopnia doktora habilitowanego nauk fizycznych dr Agnieszka Wołoś przedstawiła cykl sześciu oryginalnych publikacji naukowych pod wspólnym tytułem *Zastosowanie spektroskopii mikrofalowej do badań nośników masy efektywnej w wybranych dwuwymiarowych i trójwymiarowych strukturach krystalicznych*. Prace te ukazały się w renomowanych międzynarodowych czasopismach fizycznych: w Phys. Rev. Lett. (A5), trzy prace w Phys. Rev. B (A2, A4, A6) oraz publikacje w J. Cryst. Growth (A1) i Physica B (A3). Publikacje te ukazywały się po zakończeniu doktoratu w latach 2007-2016. Wszystkie prace są wieloautorskie, od dwuautorskiej (A1), poprzez pięcio- (A2), siedmio- (A3, A4) i osimio-autorską (A5), aż do pracy z jedenastoma współautorami (A6). Do wszystkich publikacji dołączone są wymagane ustawą o stopniach i tytułach naukowych oświadczenia, od co najmniej czterech współautorów i określony jest wkład współautorów w prezentowane publikacjach badania naukowe.

Wkład habilitantki w publikacje włączone do osiągnięcia habilitacyjnego jest dominujący i wynosi około 60% (w pracy A3 jest to 70% a w A6 50%). Znajduje to potwierdzenie w dołączonych do wniosku habilitacyjnego oświadczeniach współautorów. Większość prezentowanych w publikacjach badań została zaplanowana przez dr Agnieszkę Wołoś, przeprowadziła ona wszystkie pomiary EPR, dokonała interpretacji i dyskusji zgromadzonych wyników badań i opracowywała manuskrypty. Potwierdza to, że publikacje włączone do osiągnięcia habilitacyjnego zostały dobrze dobrane.

Wszystkie wybrane do osiągnięcia habilitacyjnego publikacje zawierają wyniki badań naukowych wykonanych przez habilitantkę przy użyciu elektronowego rezonansu paramagnetycznego (EPR) w krysztalach półprzewodnikowych i metalicznych, tj. w heterostrukturach GaN/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N, w grafenie, w Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>, oraz Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>. Przy wykorzystaniu EPR badany był efekt rezonansu cyklotronowego, oscylacje Shubnikova-de Haasa (SdH) oraz efekty lokalizacji i antylokalizacji związane z elektronami i dziurami. Wybrane publikacje stanowią, więc monotematyczny cykl prac zgodny z tytułem osiągnięcia habilitacyjnego, z wyodrębnionym

wkładem osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, spełniając tym samym wymagania stawiane przez ustawę w art. 16 ust. 2.

W pracy A1 przedstawione zostały wyniki badań naukowych związanych z transportem elektronowym w GaN/AlGaN. W pracach A2 i A3 omówiono wyniki badań rezonansu plazmonowo-cyklotronowego i oscylacji SdH w heterostrukturach GaN/AlGaN, a w pracy A5 dla Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>. Rezonans spinowy elektronów zlokalizowanych na domieszkach w GaN został opisany w A4. W pracy A6 badano rezonans spinowy elektronów i dziur w Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>. Omawiane w pracach rezultaty zostały wykonane przy pomocy komercyjnych spektrometrów w kilku jednostek naukowych. Nie jest jasne, jaki było uzasadnienie prowadzenia badań EPR w różnych jednostkach.

Prace A2, A3 i A1 koncentrują się na badaniach heterostruktur GaN/AlGaN. W pracy A2 zostały (według doniesień habilitantki) opisane po raz pierwszy w literaturze badania rezonansu plazmonowo-cyklotronowego dwu-wymiarowego gazu elektronowego powstającego na złączu w heterostrukturach GaN/AlGaN. Wyniki EPR zostały wyjaśnione w oparciu o modele teoretyczne. Demonstracja ta stanowi istotny wkład w ukazanie możliwości spektroskopii mikrofalowej w badaniu dwuwymiarowych gazów elektronowych jak i możliwości badania właściwości heterostruktur półprzewodnikowych. Technika EPR została wykorzystana również do oszacowania pola Rashby w heterostrukturach GaN/AlGaN (A1 i A3) i określenia źródeł jego pochodzenia. Otrzymane wyniki i wnioski są istotne dla potencjalnych zastosowań spintronicznych, ze względu na ścisły wiążek pola Rashby z spinowym czasem życia nośników.

W pracy A4 technika spektroskopii mikrofalowej została zastosowana do badania właściwości przejścia metal-izolator w GaN domieszkowanym Si. Zaprezentowane eksperymentalne badania przejścia metal-izolator wywołanego domieszkowaniem Si, uzupełnione modelowymi obliczeniami pozwoliły zrozumieć mechanizm zachodzącego przejścia, w szczególności zmian magnetycznych związanych z zachodzący przejściu metal-izolator.

W pracach A5 i A6 opisane zostały wyniki badań topologicznych izolatorów Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> i Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>, czyli badania w aktualnej tematyce, których wyniki zostały opublikowane w bardzo dobrych czasopismach. Habilitantka wykorzystwała technikę spektroskopii mikrofalowej do badania rezonansu cyklotronowego elektronowych stanów powierzchniowych występujących tych materiałów. W A5 pokazane zostało, że natura stanów rezonansowych mierzonych w EPR jest topologiczna (na co wskazuje pierwiastkowa zależność poziomów Landaua od pola magnetycznego) oraz oszacowano prędkość Fermiego, która jest dwa rzędy wielkości niższa niż

wynikałoby to z eksperymentu ARPES. Ta rozbieżność została przypisana zanieczyszczeniom powierzchni wynikającym z kontaktu z gazami atmosferycznymi. W pracy A6 pokazano, że ładunki (zarówno elektrony i dziury ze spinem 1/2) mają duże wartości czynnika  $g$ , o rząd wielkości wyższe niż dla elektronu swobodnego. Wskazuje to na występowanie silnych oddziaływań spin-orbita. Otrzymane wyniki są zgodne z innymi pracami, w których wartości czynnika  $g$  została oszacowana z teorii.

W autoreferacie, jak i załączonych publikacjach, nie jest w jasny i przekonujący sposób wyjaśnione występowanie pola elektrycznego w centrum wnęki rezonansowej, co jest istotnym elementem większości badań wskazywanych, jako osiągnięcie habilitacyjne. Brak jest jednoznacznej weryfikacji tej hipotezy na przykład poprzez przeprowadzenie numerycznych obliczeń, co wydaje się nie być skomplikowanym zadaniem.

Cytowalność prac wchodzących w skład osiągnięcia nie jest wysoka jak na dzień dzisiejszy, co trochę dziwi, biorąc pod uwagę atrakcyjność i aktualność tematyki w szczególności związanej z topologicznymi izolatorami czy magnetycznymi półprzewodnikami, jak i wysoka renoma czasopism, w których zostały opublikowane.

Podsumowując, cykl prac przedstawionych, jako osiągnięcie naukowe oceniam wysoko. Zawarte są w nim wartościowe wyniki badań naukowych wykonanych i opracowanych przez habilitantkę, co świadczy o fachowości habilitantki, rzetelności w analizowanych zagadnieniach oraz dużą biegłość w posługiwaniu się EPRem. Przedstawione prace świadczą również o samodzielności habilitantki w planowaniu i przeprowadzaniu badań naukowych, koordynowaniu badawczych prac realizowanych przez zespół, również w zespołach międzynarodowych. Potwierdzają również umiejętności habilitantki w rozpowszechnianiu otrzymanych wyników badawczych.

### **Ocena dorobku naukowego, poza pracami wskazanymi, jako osiągnięcie habilitacyjne**

Przed uzyskaniem stopnia doktora, dr Agnieszka Wołoś opublikowała pięć prac, w których zajmowała się badaniem właściwości domieszkowanych półprzewodników grup III-V pod kątem ich przydatności do zastosowań w elektronice i spintronice. W badaniach wykorzystywała metody absorpcji optycznej, mikroskopu elektronowego, pomiarów elektrycznych i EPRu. Oprócz GaAs badany był również związek GaN domieszkowany Mn. Ten drugi związek był głównym przedmiotem badań pracy doktorskiej. Badania te były realizowane we współpracy z krajowymi

jak i międzynarodowymi ośrodkami naukowymi, w ramach projektów krajowych i UE, w tym również projektu promotorskiego z KBN.

Po doktoracie, na dwuletnim stażu w Linzu, habilitantka kontynuowała badania nad domieszkowanymi półprzewodnikami grup III-V nakierowanymi na poszukiwania wysokotemperaturowego ferromagnetyka półprzewodnikowego. Do badań wykorzystywała EPR. Dość szczegółowo zostały przebadane właściwości GaN domieszkowane Fe. W późniejszym okresie dr Agnieszka Wołoś była zaangażowana w tworzenie laboratorium EPR na UW w zespole prof. M. Kamińskiej. Włączyła się w badania EPR grafenu, co pozwoliło na wyjaśnienie kwantowego efektu lokalizacji i powiązanie długość koherencji z warunkami wzrostu warstw grafenowych. Po powrocie ze stażu prowadziła badania w zakresie fotowoltiki organicznej we współpracy z Instytutem Elektrotechniki we Wrocławiu, w szczególności zajmowała się procesami transferu ładunku w aktywnych warstwach złączy złożonych z polimerów i fulerenów. Wartościowe są również badania dr A. Wołoś nad izolatorami topologicznymi, które znacznie wykraczają poza materiał włączony do osiągnięcia habilitacyjnego opisany w pracach A5 i A6.

Łącznie, poza publikacjami stanowiącymi osiągnięcie habilitacyjne, dr. A. Wołoś opublikowała 24 prace w czasopismach z bazy JCR, w tym zbiorze znajdują się publikacje w bardzo renomowanych czasopismach, jak praca, która ukazała się w 2016 roku w Nature Communication. Indeks Hirscha jest na poziomie 10, liczba cytowań 359 (oba parametry na podstawie bazy Web of Science) są dobrymi wskaźnikami bibliometrycznymi na tym etapie kariery naukowej, tj. 11 lat po uzyskaniu stopnia doktora. Na uwagę zasługuje kierownictwo trzema projektami badawczymi, ostatni OPUS2 zakończył się w 2016 roku, a także uczestnictwo w 8 innych projektach jako wykonawca, w tym w dwóch projektach międzynarodowych realizowanych w ramach programów europejskich. Dość aktywny jest udział aplikantki w konferencjach, wygłosiła 7 zaproszonych referatów na konferencjach międzynarodowych, z czego 4 w latach 2015-2016 oraz miała 5 innych wystąpień ustnych. Plakaty prezentowała na 17 konferencjach, ostatni w 2014 roku.

Pracą najczęściej cytowaną jest praca z 2007 roku opublikowana w Phys. Rev. B o magnetyzmie w GaN, w której wkład habilitantki został oszacowany na 10%. Poza tym w dorobku jest 6 innych prac z znaczną liczbą cytowań, większymi od 20. Są to prace z lat 2004-2005 i jedna z 2002, dotyczące badań właściwości związków GaN i GaAs. Są wśród nich prace, których udział

habilitantki był dominujący, co świadczy, o dużym zaangażowaniu w prace badawcze wykraczające poza osiągnięcie habilitacyjne.

Na podstawie analizy dorobku publikacyjnego, mogę stwierdzić, że dr Agnieszka Wołoś ma duże doświadczenie i osiągnięcia naukowe w badaniu nośników ładunków w półprzewodnikach przy pomocy EPR uzyskane po otrzymaniu stopnia doktora, które stanowią znaczny wkład autorki w rozwój tej dyscypliny naukowej.

### **Ocena działalności organizacyjnej i dydaktycznej**

Na uwagę zasługuje duża aktywność w zdobywaniu środków finansowych na naukę w konkursach i uczestnictwo w realizacji projektów badawczych, krajowych jak i międzynarodowych, o czym już wspominałem powyżej. Wartościowe jest również uczestnictwo i organizacja sieci naukowo-badawczych skupiających ośrodki z Polski. Dr Agnieszka Wołoś jest recenzentem w Phys. Rev. B, dla którego recenzowała 10 artykułów.

W ostatnich latach habilitantka przygotowała wykład pt. *Elektronowy rezonans paramagnetyczny* (2016) oraz wykład *Trójwymiarowe izolatory topologiczne* (2016). Niestety nie znajduję w autoreferacie informacji o wymiarze czasowym tych wykładów. Działania popularyzatorskie są nieliczne i sprzed kilku lat. Dr Agnieszka Wołoś sprawowała opiekę nad dwoma studentami przygotowującymi prace magisterskie. Była opiekunem dwóch prac magisterskich, aktualnie jest promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim Sylwi Granowskiej-Ciechanowicz.

Podsumowując, w mojej ocenie osiągnięcia dydaktyczne dr Agnieszki Wołoś nie są imponujące i jest to najslabszy punkt w wymaganiach stawianym kandydatom w postępowaniu o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego, aczkolwiek wystarczający.

### **Ocena końcowa**

Cykl publikacji zatytułowany *Zastosowanie spektroskopii mikrofalowej do badań nośników masy efektywnej w wybranych dwuwymiarowych i trójwymiarowych strukturach krystalicznych* przedstawiony przez dr Agnieszkę Wołoś, jako osiągnięcie habilitacyjne jest monotematyczny i spełnia kryteria wymagane przez ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki w postępowaniu habilitacyjnym. Dr Agnieszka Wołoś wykazała się dużą samodzielnością w prowadzeniu badań naukowych i

zdobyciu środków finansowych na ich realizację. W mojej opinii jej osiągnięcia naukowo-badawcze po uzyskaniu stopnia doktora, dorobek organizacyjny i dydaktyczno-popularyzatorski spełnia wymagania Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2003 Nr 65 poz. 595) oraz rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 30 października 2015 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodach doktorskich, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora. Dlatego wnioskuję o dopuszczenie kandydata do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

Maciej Krawczyk



Poznań, 3.01.2017