

Prof. dr hab. Tadeusz Suski
Instytut Wysokich Ciśnień
Polskiej Akademii Nauk

Warszawa, 10 maja 2017

Recenzja
dorobku naukowego oraz rozprawy habilitacyjnej dr Marty Gryglas-Borysiewicz,
zatytułowanej:

„Transport elektronowy w strukturach dla spintroniki opartych na GaAs”

Rozprawa habilitacyjna.

Tematyka rozprawy habilitacyjnej dr Marty Gryglas-Borysiewicz dotyczy głównie badań półprzewodnika ferromagnetycznego $Ga_xMn_{1-x}As$ należącego do szerszej grupy rozrzedzonych półprzewodników magnetycznych (DMS). Materiały te stanowią bazę spintroniki, jednej z „gorących” dziedzin fizyki półprzewodników przełomu XX i XXI wieku. Silne, zależące od spinu sprzężenie pomiędzy stanami pasmowymi i zlokalizowanymi jonów metali przejściowych (lub ziem rzadkich) decyduje o szczególnych własnościach DMS-ów interesujących zarówno ze względu na zastosowania jak i z powodu zademonstrowania nowych własności fundamentalnych. Jest to możliwe dzięki istnieniu wzajemnego wpływu podsystemów magnetycznego i elektronowego takich półprzewodników. Należy zaznaczyć, że DMS-y wykazują istotną reakcję na działanie pól magnetycznych i temperatury a kontrolowanie zachowania spinów (zarówno zlokalizowanych jak i pasmowych) istotnie zależy od naprężeń panujących w strukturach, oświetlenia, zastosowania bramek ferromagnetycznych lub elektrostatycznych. Silne oddziaływania wymienne pomiędzy momentami magnetycznymi prowadzą między innymi do ferromagnetycznego uporządkowania spinów w $Ga_xMn_{1-x}As$. Temperatura przejścia od fazy paramagnetycznej do ferromagnetycznej, T_c jest zależna od wielu czynników, głównymi są koncentracja nośników dziurowych i istniejąca w materiale naprężenia. Należy podkreślić, że mechanizmy odpowiedzialne za własności magnetyczne rozrzedzonych półprzewodników magnetycznych są wciąż nie do końca zrozumiałe.

Powyżej opisane zagadnienia stanowią przedmiot rozprawy habilitacyjnej dr M. Gryglas-Borysiewicz. Dodatkowo, ciekawym efektem badanym nieco obok „wątku magnetycznego” było tunelowanie rezonansowe pomiędzy gazem dwuwymiarowym elektronów i stanami domieszek wodoropodobnych w diodzie $GaAs/AlAs:Si/GaAs$. W tym ostatnim przypadku efekty pola magnetycznego również stanowiły ważny element prowadzonych eksperymentów.

Rozprawę habilitacyjną dr M. Gryglas-Borysiewicz tworzy 6 prac. Prace te są wieloautorskie. Według oświadczenia habilitantki jej udział w przeprowadzonych badaniach i przygotowaniu publikacji tworzących rozprawę wynosił 40-50%. W trzech publikacjach habilitantka jest pierwszym autorem, w pozostałych trzech, drugim autorem. 3 prace wchodzące w skład tzw. osiągnięcia naukowego, dotyczą badań z wykorzystaniem ciśnienia hydrostatycznego. Dwie prace ukazały się w *Phys. Rev. B* (B2 -liczba cytowań 9, B3- liczba cytowań 8), jedna praca w *Appl. Phys. Lett.* (B1-liczba cytowań 21), po jednej w *J. Magn. Magn. Mater.* (B4- liczba cytowań 2), *Appl. Surf. Sci.* (B5-liczba cytowań 0) i w *J. Phys.: Condens. Matter* (B6- praca przyjęta do druku).

Poniżej omówię bardziej szczegółowo zawartość prac stanowiących rozprawę habilitacyjną. Kolejność ich komentowania jest inna niż zasada chronologii zastosowana przez habilitantkę. Sądzę, że mój wybór charakteryzuje spójność tematyki habilitacyjnej.

Publikacja **B3**: „Hydrostatic pressure study of the paramagnetic-ferromagnetic phase transition in (Ga,Mn)As”, dotyczyła badań dwóch warstw $\text{Ga}_x\text{Mn}_{1-x}\text{As}$, p-typu, o zawartości Mn 7% i 6% oraz o grubości 20 nm i 50 nm. Pierwsza z próbek została po wzroście wygrzana w temperaturze 210°C. Próbki wykazały przejście P-F odpowiednio w $T_c \approx 81\text{K}$ i 52K jak wydedukowano to z precyzyjnych pomiarów zmian momentu magnetycznego w funkcji temperatury metodą SQUID. Obie badane struktury różniły się zasadniczo charakterem przebiegu oporności w funkcji temperatury, szczególnie w obszarze niskich T. Pierwsza wykazywała własności metaliczne, druga półprzewodnikowe. W obu, przemiana P-F była sygnalizowana lokalnym maksimum oporności w okolicy T_c . Wpływ ciśnienia na zmiany T_c określano stosując dwa typy pomiarów: i) zmiany oporności w funkcji temperatury dla różnych ciśnień oraz ii) zmiany szerokości pętli histerezy (w przebiegu napięcia Halla w funkcji pola magnetycznego) od temperatury dla różnych ciśnień. Stwierdzono, że jedynie metoda ii) daje poprawny wynik. Zastosowanie metody ii) wykazało wzrost T_c z ciśnieniem (około 2K na 1 GPa) dla próbki „metalicznej” i obniżenie T_c z ciśnieniem (około 2K na 1 GPa) dla próbki z półprzewodnikowym typem przewodnictwa.

Przeprowadzono analizę przesunięcia T_c z ciśnieniem w ramach oddziaływania RKKY (Rudermann-Kittel-Kasuya-Yosida) to znaczy podwójnej wymiany między zlokalizowanymi momentami magnetycznymi, realizowanej przez zdelokalizowane dziury pasma walencyjnego. Stwierdzono, że w próbce o metalicznym (właściwie półmetalicznym) typie przewodnictwa model RKKY przewiduje prawidłowo obserwację eksperymentalną.

Dla próbki półprzewodnikowej (izolacyjnej) model RKKY daje przewidywanie, sprzeczne z eksperymentem. Natomiast obserwowane obniżenie T_c wyjaśniono poprzez odwołanie się do roli lokalizacji zarówno nośników dziurowych jak i jonów Mn w półprzewodnikowej próbce (Ga,Mn)As. Ciśnienie prowadzi do wzrostu efektów lokalizacyjnych. W konsekwencji następuje obniżenie T_c .

W pracy B1 autorzy koncentrowali się na pomiarach tunelowego anizotropowego magnetooporu (TAMR) w ferromagnetycznej diodzie Esakiego o strukturze p++-(Ga,Mn)As/n+-GaAs. Warstwa ładunku przestrzennego na złączu takiej diody działa jako bariera. Praca B1 była zainspirowana demonstracją diody o innej konstrukcji, wykazującej efekt zaworu spinowego przeprowadzoną w grupie L.W. Molenkampa, w Wuerzburgu. W funkcji przyłożonego pola magnetycznego zmienia się „dwustanowo” oporność takiej diody. Złącze tunelowe działa jako filtr w przestrzeni k dla nośników uczestniczących w transporcie elektronowym, ograniczając ilość tunelujących stanów jedynie do niewielkiego i ustalonego obszaru powierzchni Fermiego wokół kierunku tunelowania. W wyniku zmiany kierunku magnetyzacji ta wyselekcjonowana część tunelującej gęstości stanów jest modyfikowana przez redystrybucję stanów powierzchni Fermiego. Prowadzi to do zmiany oporności tunelowej. Te efekty określają ewolucję tunelowego anizotropowego magnetooporu (TAMR) i są wykorzystywane jako swoisty spektrometr do identyfikacji mechanizmu TAMR. W pracy B1 wykorzystano możliwość badania udziału każdego z podpasem pasma walencyjnego usytuowanych pomiędzy poziomem Fermiego i maksimum tego pasma.

W pracy **B4** korzystano ze struktury (Ga,Mn)As osadzonej na buforze $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ z maksymalnym w tym momencie dwuprocentowym niedopasowaniem stałej sieci pomiędzy buforem i warstwą (Ga,Mn)As. Pomiary napięcia Halla w funkcji pola magnetycznego interpretowane w ramach zmodyfikowanego modelu Stoner’a-Wolfarth’a pozwoliły wyznaczyć parametr anizotropii B_A w funkcji temperatury. Duże niedopasowanie indukuje rekordowe anizotropowe pole anizotropii ($B_A=1.85\text{ T}$), wskazując na możliwości zastosowania (Ga,Mn)As jako twardego magnetyka. W pracy wykazano również liniowy charakter zależności anizotropii od naprężenia.

W pracy **B5** powraca wątek ciśnienia hydrostatycznego. Praca dotyczy badań magnetotransportu w ferromagnetycznej diodzie Esaki’ego $\text{Ga}_{0.942}\text{Mn}_{0.058}\text{As}/\text{GaAs}$. Ich najważniejszą częścią były pomiary przeprowadzone w warunkach ciśnienia hydrostatycznego oraz ich interpretacja.

Chodziło głównie o stwierdzenie jak ciśnienie wpływa na tunelowy anizotropowy magnetoopór. Oczekiwano, że takie wyniki dostarczą informacji na temat struktury wierzchołka pasma walencyjnego (Ga,Mn)As i zaangażowania w nim stanów 3d manganu i 4p arsenu. Biorąc pod uwagę różną lokalizację przestrzenną tych stanów oczekiwano ich różnej reakcji na przyłożone ciśnienie. Przebiegi prąd-napięcie, I-V, o charakterze dwu-eksponencjalnym zawierają trzy składowe: nadmiarowy prąd przy niskim napięciu polaryzacji, nadmiarowy prąd przy wysokim napięciu polaryzacji (angażujący stany z przerwy energetycznej (Ga,Mn)As) i tunelowanie pasmo-pasmo. Ten ostatni proces następuje pomiędzy pasmami walencyjnym (Ga,Mn)As i przewodnictwa GaAs ale daje niewielki wkład do charakterystyki I-V oraz nie prowadzi do oczekiwanego dla takiej diody ujemnego magnetooporu. Według interpretacji autorów pracy brak takiego efektu wynika ze zdominowania procesów tunelowania przez nadmiarowy prąd tunelowy z udziałem wewnątrzprzerwowych stanów domieszkowych.

Obserwowano również obniżenie o rząd wielkości prądu tunelowego w momencie poddaniu diody działaniu ciśnienia. Tłumaczy się to dwoma efektami – zwiększeniem przerwy energetycznej i możliwym obniżeniem gęstości stanów w przerwie energetycznej. Warto wspomnieć, że w przeprowadzonych badaniach nie zaobserwowano zależności od ciśnienia anizotropii magnetycznej podpasm pasma walencyjnego (Ga,Mn)As).

Praca B6 stanowi w istotnie pogłębione podejście do efektów działania wysokiego ciśnienia na własności magnetyczne, szczególnie modyfikację anizotropii magnetycznej w warstwach epitaksjalnych (Ga,Mn)As. W większości przypadków warstwy takie charakteryzują się wbudowanym naprężeniem wynikającym z niedopasowania sieciowego tzw. bufora i samej warstwy. Jak wiadomo, anizotropia magnetyczna stanowi obok temperatury krytycznej przejścia fazowego P-F podstawową własność magnetyzmu rozważanych tutaj materiałów. Z drugiej strony właściwie stosowana inżynieria naprężeń umożliwia kontrolowanie aplikacyjnych parametrów półprzewodników półmagnetycznych DMS. Zastosowanie ciśnienia hydrostatycznego do badań anizotropii magnetycznej i jej zmian ma istotne znaczenie w procesach weryfikacji modeli opisujących złożone zjawisko magnetyzmu w DMS-ach oraz umożliwia określenie wielu parametrów fizycznych potrzebnych do stworzenia właściwego opisu tego zjawiska.

W pracy B6 badano wpływ naprężenia wywołanego przyłożonym ciśnieniem hydrostatycznym na stałe anizotropii: pozapłaszczyznowej, jednoosiowej oraz kubicznej. Przygotowano dwie struktury zawierające pojedyncze warstwy (Ga,Mn)As z 6-7% zawartością Mn. Jedna z nich o grubości 50 nm osadzana była bez bufora na podłożu GaAs, co w wyniku dało relatywnie niskie wartości naprężenia ściskającego. Próbką ta wykazywała $T_c = 81\text{K}$, z łatwą osią magnetyczną leżącą w płaszczyźnie wzdłuż kierunku $[-110]$. Drugą próbkę stanowiła warstwa o grubości 10 nm naniesiona na bufor $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$. W tym przypadku wypadkowe naprężenie o charakterze rozciągającym było znaczne. Próbką ta charakteryzowała się $T_c = 105\text{K}$, z łatwą osią magnetyczną leżącą poza płaszczyzną. W celu wyznaczenia ewolucji namagnesowania w obu strukturach przeprowadzono pomiary anomalnego i planarnego efektu Halla. Autorzy opierając się na modelowaniu energii swobodnej wyznaczyli stałe anizotropii magnetycznej w zależności od ciśnienia (do 1 GPa) i temperatury. Zaobserwowano wzrost wielkości zarówno wewnątrz-płaszczyznowego jak i poza-płaszczyznowego parametru anizotropii magnetycznej. Warto zauważyć, że wpływ ciśnienia na parametry anizotropii pozapłaszczyznowymi udało się opisać jakościowo przy użyciu modelu p-d Zenera. Wyniki załączonego do pracy B6 dodatku dotyczące ewolucji T_c z ciśnieniem potwierdzają rezultaty pracy B3 na temat wzrostu $dT_c/dp \approx 2\text{K/GPa}$ w przypadku próbki o metalicznym typie przewodnictwa elektrycznego. Niestety w pracy B6 nie pojawiła się informacja o tym czy przewodnictwo w badanych próbkach ma charakter metaliczny czy półprzewodnikowy.

W pracy B2 habilitantka zajmuje się innym aspektem tunelowania nośników, tym razem w diodzie niemagnetycznej GaAs/AlAs/GaAs. Bariera AlAs domieszkowana jest donorami Si w modzie

domieszkowania typu delta. Wodoropodobne stany Si budowane są ze stanów X pasma przewodnictwa AlAs. W studni GaAs, blisko międzypowierzchni z AlAs tworzy się dwuwymiarowy gaz elektronowy (2DEG). Tunelowanie rezonansowe elektronów 2DEG zachodzi poprzez stany płytkiego donora Si. Opisywaną diodę rezonansową tworzy struktura submikronowej mesy, w wyniku przeprowadzonej strukturyzacji, w przyrządzie znajduje się około 25 donorów różniących się położeniem i energiami poziomów. Tak przygotowana dioda poddana jest działaniu pola magnetycznego przykładanego w płaszczyźnie 2 DEG. Zademonstrowano bardzo ciekawy efekt filtrowania spinów elektronów z gazu 2DEG przez pojedynczą domieszkę. Zachowanie spinu pozwala na określenie wielkości i znaku czynników Lande'go domieszki i 2DEG. Należy podkreślić kluczową rolę procesów przygotowania (włączając finezyjny processing) submikronowej diody tunelowej w uzyskaniu bardzo wartościowych danych eksperymentalnych.

Spójność tematyki rozprawy habilitacyjnej

Tematyka rozprawy habilitacyjnej dr Marty Gryglas-Borysiewicz dotyczy w zasadniczej części wszechstronnych badań magnetycznych własności struktur epitaksjalnych: warstw (Ga,Mn)As i diod Esakiego wykorzystujących takie warstwy jako ich obszar typu p. Anizotropia własności magnetycznych indukowana niedopasowaniem sieciowym lub/i zewnętrznym stosowanym ciśnieniem hydrostatycznym była analizowana przy wykorzystaniu adekwatnych modeli opisujących zarówno przejście paramagnetyk-ferromagnetyk jak i inne własności magnetyczne. W tym ich anizotropię.

Zwartą tematycznie całość stanowi zestaw prac B3, B1, B4, B5 i B6.

W pierwszej kolejności habilitantka zajęła się określeniem wpływu ciśnienia hydrostatycznego na temperaturę krytyczną T_c przejścia Paramagnetyk-Ferromagnetyk warstw (Ga,Mn)As. Następnie prowadziła analizę zagadnień związanych z anizotropią własności magnetycznych. Zastosowała bardzo skuteczną metodę ich badań - tunelowanie rezonansowe w diodzie Esakiego (Ga,Mn)As/GaAs. Anizotropia pasma walencyjnego (Ga,Mn)As przełączana zmianą orientacji namagnesowania znajduje tu odzwierciedlenie w efekcie tunelowego anizotropowego magnetooporu (TAMR). W dalszej kolejności M. Gryglas-Borysiewicz skoncentrowała się na określeniu wpływu naprężenia epitaksjalnego (Ga,Mn)As na TAMR, W tym celu w badaniach zastosowano rekordowo naprężoną cienką warstwę (Ga,Mn)As (z niedopasowaniem sieciowym 2% do bufora $In_{0,3}Ga_{0,7}As$). Następnie, habilitantka określiła dodatkowo wpływ ciśnienia zewnętrznego (naprężenie hydrostatyczne) na badany TAMR. Kończącą i podsumowującą część prowadzonych w tym obszarze badań, stanowią dodatkowe pomiary oraz pogłębiona analiza prowadzonych dotychczas badań zawarte w pracy „Hydrostatic pressure-induced changes of magnetic anisotropy in (Ga,Mn)As thin films” (praca B6, autorstwa M. Gryglas-Borysiewicz i in., zaakceptowana do publikacji w J. Phys.: Condensed Matter). Jest to praca najbardziej reprezentatywna dla tematyki habilitacji, ciśnienie hydrostatyczne towarzyszy badaniom ciśnieniowym warstw (Ga,Mn)As poddanych naprężeniom epitaksjalnym ściskającym i rozciągającym. Analiza danych eksperymentalnych poparta wynikami przewidywań modelu p-d Zenera (średniego pola) umożliwiła w szczególności określenie ciśnieniowej zależności parametrów anizotropii magnetycznej w „płaszczyźnie i poza-płaszczyzną” warstw (Ga,Mn)As poddanych różnorodnym naprężeniom.

Dodatkowo, ciekawym efektem badanym nieco obok „wątku magnetycznego” eksplorowanego metodami transportu w warstwach (Ga,Mn)As i tunelowania rezonansowego w diodzie Esakiego $Ga_xMn_{1-x}As/GaAs$, było tunelowanie rezonansowe pomiędzy gazem dwuwymiarowym elektronów i stanami domieszek wodoropodobnych w diodzie GaAs/AlAs:Si/GaAs (praca B2). W tym ostatnim przypadku efekty pola magnetycznego również stanowiły ważny element prowadzonych eksperymentów. Wątek dotyczący tego niemagnetycznego

półprzewodnika związany pośrednio z głównym wątkiem omawianych badań, ma z nim kilka obszarów przekrycia. Jednym z nich jest zastosowanie tunelowania rezonansowego nośników angażującego stany domieszek Si w AlAs i Mn w GaAs do badania różnych efektów, dostarczających danych do wyznaczenia wielu ważnych parametrów opisujących własności magnetyczne tej rodziny materiałów. Drugim wspólnym elementem jest wykorzystanie pola magnetycznego w prowadzonych eksperymentach. „Klamrę” spinającą badania w obu półprzewodnikach: GaAs i (Ga,Mn)As, stanowią 2 prace autorstwa M. Gryglas i współpracowników dotyczące zastosowania ciśnienia hydrostatycznego również w badaniach diody rezonansowej GaAs/AlAs:Si/GaAs. Prace te zostały opublikowane przed uzyskaniem przez habilitantkę stopnia doktora.

Podsumowując stwierdzam, że Rozprawa Habilitacyjna mgr Marty Gryglas-Borysiewicz stanowi tematycznie zwartą całość.

Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Przed uzyskaniem doktoratu M. Gryglas-Borysiewicz w decydującym stopniu koncentrowała się na badaniach ciekawego i ważnego efektu tunelowania rezonansowego w niemagnetycznej diodzie GaAs/AlAs/GaAs. Uzyskane wyniki dotyczyły pomiarów i interpretacji mechanizmów tunelowania nośników przez stany wodoropodobne domieszek Si umieszczonych w barierze AlAs. W badaniach stosowano temperatury helowe, ciśnienie hydrostatyczne i pole magnetyczne. Zmniejszenie ilości domieszek w barierze diody rezonansowej metodą redukcji powierzchni złącza umożliwiło zidentyfikowanie tunelowania przez dyskretne stany domieszek i stworzenia „submikronowego spektrometru” analizującego własności gazu dwuwymiarowego elektronów w emiterze GaAs. Tematyka ta po rozwinięciu, stanowiła część rozprawy habilitacyjnej. Należy wspomnieć tutaj o interesujących badaniach efektów tunelowania w diodzie rezonansowej GaAs/AlAs/GaAs wytworzonej epitaksjalnie na kierunku [111] podłoża GaAs.

Innym ciekawym wątkiem realizowanym po uzyskaniu stopnia doktora, były badania transportu nośników w grafenie. Wykazano wielokanałowy charakter przewodnictwa w wielowarstwowym próbkach grafenu.

Dodatkowo pojawiają się dwa wątki tematyczne dotyczące badań transportowych w (Ga,Mn)As, których M. Gryglas –Borysiewicz nie włączyła do rozprawy habilitacyjnej ze względu na jej mniejsze zaangażowanie w przeprowadzonych badaniach. Dotyczą one roli domen magnetycznych we własnościach tensora oporności oraz sposobu wyznaczania temperatury przejścia fazowego paramagnetyk-ferromagnetyk z maksimum oporności w funkcji temperatury w próbkach o charakterze izolującym.

Dorobek organizacyjny, dydaktyczny i popularyzatorski.

Istotna jest działalność dydaktyczna, popularyzatorska i organizacyjna habilitantki. Rozszerzenie bazy zadań dla Pracowni Fizycznej Wydziału Fizyki, zaprojektowanie i utworzenie ważnych nie tylko dla Instytutu Fizyki Doświadczalnej laboratoriów litografii optycznej i tzw. clean-room'u umożliwiło prowadzenie prac eksperymentalnych wykorzystując obiekty submikronowe. Opiekowała się 1 pracą licencjacką, 3 pracami magisterskimi. Pełniła rolę promotora pomocniczego w pracy doktorskiej Piotra Juszyńskiego. Wielokrotnie przygotowywała i prowadziła warsztaty i pokazy dla uczniów i dla potrzeb Festiwalu Nauki.

Wnioski końcowe

Zdaniem recenzenta główne osiągnięcia zawarte w Rozprawie Habilitacyjnej dr M. Gryglas-Borysiewicz dotyczą wpływu naprężeń na magnetyczne własności $Ga_xMn_{1-x}As$. Naprężenia „hydrostatycznego” wprowadzonego przez przyłożenie zewnętrznego ciśnienia lub naprężenia niżej

wymiarowego, indukowanego niedopasowaniem epitaksjalnym. Kombinacja tych dwóch typów naprężeń była również analizowana w badaniach prowadzonych przez habilitantkę.

Poniżej przedstawiam listę najważniejszych w mojej opinii wyników uzyskanych przez habilitantkę:

- 1) określenie wpływu ciśnienia hydrostatycznego na temperaturę krytyczną T_c przejścia Paramagnetyk-Ferromagnetyk warstw (Ga,Mn)As.
- 2) wyznaczenie parametrów anizotropii magnetycznej w (Ga,Mn)As będącej wynikiem naprężeń epitaksjalnych poprzez badania tunelowego anizotropowego magnetooporu (TAMR).
- 3) wykorzystanie do badań TAMR pod ciśnieniem warstw (Ga,Mn)As poddanych intencjonalnie wprowadzonym naprężeniom epitaksjalnym ściskającym lub rozciągającym. Pozwoliło to wyznaczyć zależność ciśnieniową współczynnika anizotropii.
- 4) właściwe wykorzystanie istniejących modeli ferromagnetyzmu w (Ga,Mn)As do opisu badanych efektów;
- 5) zastosowanie tunelowania rezonansowego w diodzie GaAs/AlAs:Si/GaAs poddanej działaniu pola magnetycznego do wyznaczenia czynników g (i ich znaku) dla gazu dwuwymiarowego elektronów w GaAs i stanów domieszkowych Si w AlAs.

Należy stwierdzić, że habilitantka stała się specjalistką w posługiwaniu się techniką wysokociśnieniową w zakresie pomiarów magneto-transportowych. Jest to obszar bardzo trudny, szczególnie w niskich i bardzo niskich (mK) temperaturach. Nie ma obecnie wielu badaczy biegłych w tej technice. Habilitantka porusza się również sprawnie podczas interpretacji uzyskanych pomiarów. Jest świadoma złożoności modeli teoretycznych opisujących przemianę P-F i kwestie anizotropii magnetycznej w półprzewodnikach z rodziny DMS.

Osiągnięcia Dr M. Gryglas-Borysiewicz w ramach jej działalności naukowej charakteryzuje indeks Hirscha 5, ilość wszystkich prac opublikowanych to 20, w tym po uzyskaniu stopnia doktora nauk fizycznych 16 (w 11-tu jest pierwszym autorem); ilość cytowań wszystkich prac 70. Habilitantka realizowała 3 projekty Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz Narodowego Centrum Nauki. W dwóch była kierownikiem grantów, w jednym głównym wykonawcą. Wygłosiła 3 referaty na międzynarodowych i krajowych konferencjach tematycznych.

Reasumując stwierdzam, że zawartość merytoryczna pracy habilitacyjnej M. Gryglas-Borysiewicz (według jej własnych oświadczeń przypisana głównie Habilitantce) i jej całkowity dorobek naukowy oraz osiągnięcia dydaktyczne i organizacyjne, są podstawą do uznania, że dr M. Gryglas-Borysiewicz, ma kwalifikacje do samodzielnej pracy naukowej. Świadczy o tym jej wiedza i dotychczasowe doświadczenie badawcze oraz umiejętność stawiania problemów naukowych i ich rozwiązywania. Powyższy wniosek formułuję pomimo skromnych wyników bibliometrycznych.

Stwierdzam więc, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa habilitacyjna wnosi zauważalny wkład wyników uzyskanych przez dr M. Gryglas-Borysiewicz do fizyki ciała stałego. Uznaję, że spełnione zostały wymagania określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki.

Wnioskuje o nadanie dr M. Gryglas-Borysiewicz stopnia naukowego doktora habilitowanego.

Tadeusz Juszczyk