

Prof. dr hab. Bogdan Idzikowski
Instytut Fizyki Molekularnej
Polskiej Akademii Nauk

Recenzja

dorobku naukowego oraz rozprawy habilitacyjnej dr Marii Tekielak, z tytułu „Procesy magnesowania i magnetyczne struktury domenowe w różnorodnych nanostrukturach – od warstw pojedynczych do wielokrotnych”

Dr Maria Tekielak w roku 1983 ukończyła studia magisterskie na Wydziale Matematyczno-Fizycznym w Filii Uniwersytetu Warszawskiego w Białymstoku, broniąc pracę dyplomową na temat opóźnienia magnetycznego w epitaksjalnej cienkiej warstwie granatu. Wśród publikacji z początkowego okresu działalności naukowej Habilitantki znajduje się 6 artykułów opisujących rezultaty tych badań i ich kontynuację wychodzącą poza zakres pracy dyplomowej. Te wieloautorskie artykuły są opublikowane w odpowiednich do tego typu badań czasopismach, dobranych prawidłowo, jeśli chodzi o ich rangę w stosunku do uzyskanych rezultatów (m.in. *J. Magn. Magn. Mater.*, *IEEE Transactions on Magnetics*). Oprócz tych artykułów współautorstwo Habilitantki posiadają 4 inne prace o mniejszym znaczeniu.

Dorobek uzyskany do doktoratu, jest jakościowo niezły i spójny, świadczący o dobrze ukierunkowanych zainteresowaniach naukowych Habilitantki. Rezultatem tej działalności naukowej, będącej kontynuacją i znaczącym rozszerzeniem pracy dyplomowej, było powstanie pracy doktorskiej zatytułowanej „Magnetyczna anizotropia i przejścia fazowe związane z reorientacją namagnesowania w warstwach granatów domieszkowanych kobaltom”. Dysertacja ta, której promotorem był prof. dr hab. Andrzej Maziewski, obroniona została w Instytucie Fizyki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie w 1998 roku. Łączna liczba niezależnych cytowań prac powstałych przed doktoratem wynosi 19 (wg WEB OF KNOWLEDGESM), co świadczy o wadze merytorycznej prowadzonych badań.

Od 1984 roku Habilitantka łączy skutecznie pracę w Katedrze Fizyki w białostockiej filii Uniwersytetu Warszawskiego z badaniami naukowymi, poszerzaniem swojej wiedzy i rozwijaniem swojego warsztatu pracy.

Po uzyskaniu stopnia doktora zostaje zatrudniona w Instytucie Fizyki Filii UW w Białymstoku, najpierw jako starszy specjalista naukowo techniczny a następnie, aż do chwili obecnej, jako adiunkt (międzyczasie Filia UW uzyskuje samodzielność i powstaje

Uniwersytet w Białymstoku, a Instytut Fizyki Doświadczalnej uzyskuje rangę Wydziału Fizyki). Dr Maria Tekielak od roku 1995 nie tylko prowadzi zajęcia dydaktyczne (w tym m.in. wykład monograficzny na temat cyfrowej obróbki obrazu), ćwiczenia rachunkowe i laboratoryjne, przygotowuje pokazy do wykładów, ale również uczestniczy w realizacji 14. grantów badawczych krajowych i zagranicznych. Była promotorem i recenzentem kilkunastu prac magisterskich i licencjackich. Nie stroni też od działalności organizacyjnej, dotyczącej konferencji oraz funkcji uczelnianych (współorganizacja olimpiad fizycznych, jako zastępca przewodniczącego Komitetu Okręgowego). Na docenienie zasługuje również działalność dr M. Tekielak w Oddziale Białostockim Polskiego Towarzystwa Fizycznego (członek zarządu, skarbnik, członek komisji rewizyjnej) Za swoją działalność naukowo-dydaktyczną była wielokrotnie nagradzana i odznaczana przez władze uczelniane.

Ocena dorobku naukowego

Dorobek naukowy dr Marii Tekielak obejmuje 33 prace (wg danych zaczerpniętych z bazy WoKSM) opublikowane w recenzowanych czasopismach z listy filadelfijskiej o obiegu międzynarodowym oraz wg danych Habilitantki aż 85 doniesień konferencyjnych, przedstawianych zarówno w kraju jak i za granicą (głównie w formie plakatowej i dwa konferencyjne wykłady na zaproszenie wygłoszone przez Habilitantkę). Prawie wszystkie prace są wieloautorские, lecz w wielu z tych prac Habilitantka jest pierwszym autorem (autorzy nie są wymieniani w kolejności alfabetycznej).

Na dorobek naukowy składają się prace opublikowane przed doktoratem (7 pozycji) oraz zdecydowana większość po uzyskaniu stopnia doktora (26 pozycji). Jest to dorobek wartościowy, opublikowany w dobrych, specjalistycznych czasopismach. O randze tych prac świadczy liczba cytowań, która wynosi łącznie 186 (bez autocytowań 149). Cytatów całkowicie niezależnych, tzn. bez autocytowań oraz bez cytowań dokonanych przez współautorów, można doliczyć się ponad 50, co jest bardzo dobrym rezultatem. Przytoczone dane składają się na indeks Hirscha równy 6.

Wśród publikacji ze współautorstwem Habilitantki znajdują się też prace opublikowane w tak renomowanych czasopismach jak *Physical Review Letters* (2 artykuły) i *Nanotechnology* (1 praca), które nie są włączone do dysertacji habilitacyjnej.

Tematycznie dorobek dr Marii Tekielak dotyczy właściwości nanostruktur magnetycznych w postaci monowarstw lub wielowarstw metalicznych. Jak już wspomniałem początkowo były to epitaksjalne warstwy granatów itrowo-żelazowych, zawierających Lu, Bi

lub Co. Jej pierwsze sukcesy badawcze dotyczyły między innymi magnetycznych efektów indukowanych światłem oraz pamięci struktur domenowych, występujących w badanych obiektach.

Habilitantka prowadziła badania we współpracy krajowej oraz z naukowcami z Niemiec (w latach 1994-1996 przebywała w Lipsku i w Jenie) i Francji oraz Ukrainy i Rosji. Wykorzystywała tam techniki pomiarowe niedostępne wtedy w macierzystej placówce, takie jak anizometria torsyjna czy magnetometria SQUID.

Z analizy zawartości prac Habilitantki wynika, że stosowane metody badawcze i sposób ich interpretacji ulegały poszerzeniu w miarę Jej systematycznego rozwoju naukowego. Stawała się specjalistką od analizy cyfrowych obrazów uzyskiwanych metodami magnetoopiecznymi (efekty Kerra i Faradaya). Zaproponowała i rozwinęła oryginalną metodę polaryzacyjnej mikroskopii magnetoopiecznej. Pozwala ona nie tylko tworzyć magnetyczne mapy powierzchni warstw magnetycznych, ale również badać struktury i ściany domenowe w funkcji zewnętrznego pola magnetycznego.

Ocena rozprawy habilitacyjnej

Rozprawę habilitacyjną dr Marii Tekielak stanowią monotematyczne publikacje pod bardzo ogólnym tytułem „Procesy magnesowania i magnetyczne struktury domenowe w różnorodnych nanostrukturach – od warstw pojedynczych do wielokrotnych”. Publikacje te (razem 9 prac, H1-H9) ukazywały się w latach 2005-2011 na łamach następujących czasopism: *J. Magn. Magn. Mater.* (3 prace), *Materials Science–Poland* (3 prace), *J. Appl. Phys.* (2 prace) oraz w *IEEE Transactions on Magnetism* (jedna praca), jako artykuły oryginalne.

Praca H1 zawiera szczegółową analizę procesów magnetycznych, które występują w warstwach Mo/Co/Au pod wpływem działania pola magnetycznego. Opisano mechanizmy odpowiedzialne za lokalizację ścian domenowych w obszarach występowania składowej namagnesowania prostopadłej do powierzchni warstwy. Zjawiska te powiązano z istnieniem silnej, jednoosiowej anizotropii w płaszczyźnie warstwy.

Artykuły H2 i H3 opisują powierzchniowe gęstości energii ścian domenowych i ich rozkład przestrzenny. Są to oryginalne i ważne wyniki, szczególnie te uzyskane dla ultracienkich struktur kobaltowych (poniżej 1,5 nm) w otoczeniu Au, w których zaobserwowano, że przy wzroście ich grubości następuje reorientacja wektora

namagnesowania z położenia wzdłuż normalnej do położenia zlokalizowanego w płaszczyźnie warstwy.

Autorzy pracy H4 wykazali, że anizotropia magnetyczna Co może być sterowana poprzez odpowiedni dobór metalu warstwy przykrywającej (*overlay*) i jej grubości. I tak na przykład warstwa wanadu o grubości 0,1 nm jest wystarczającą do wymuszenia przejścia fazowego w Co. Indukowany moment na wanadzie jest sprzężony antyferromagnetycznie z jonami kobaltu tłumiąc spinowe i orbitalne momenty w ultracienkiej warstwie metalu 3d. Znacznie słabsze sprzężenie ma miejsce w przypadku warstwy przykrywającej wykonanej z Mo. Zaobserwowano jednoznaczne korelacje tego sprzężenia z rozmiarem domen. Kontynuację takiej interpretacji obserwowanych zjawisk można znaleźć w pracy H6, opisującej właściwości układu Mo/Co/Au z klinową warstwą Co.

W pracy H5 opisano wpływ liczby powtórzeń oraz grubości kobaltu na ewolucję struktury domenowej w wielowarstwach Py/Au/Co/Au (Py = Ni₈₀Fe₂₀) i z niemagnetyczną przekładką wykonaną z Au. Wykazano, że warstwy Py powodują ekranowanie oddziaływań między sąsiadującymi warstwami Co, umożliwiając sekwencyjnie przemagnesowywanie poszczególnych nanowarstw Co. Opis tych badań kontynuowany jest w pracy H7 prowadząc do konkluzji, że wzrost liczby powtórzeń N wpływa zarówno na wartość pola koercji (wielowarstwa staje się miękka magnetycznie i wykazuje petlę histerezy typową dla pasiastej struktury domenowej), jak również na zmniejszenie się rozmiarów poszczególnych domen.

Bogaty materiał doświadczalny zawiera praca H8, w której analizowano rozkłady wektora namagnesowania w poszczególnych warstwach układu, składającego się z warstw ferro- i nieferromagnetycznej, z różną liczbą powtórzeń N. Dowiedziono, że dla granicznej, podwójnej dwuwarstwy, przy grubości niemagnetycznej przekładki rzędu rozmiarów domen, całkowicie zanika sprzężenia magnetostatyczne.

Pewnego rodzaju podsumowaniem tej części dysertacji habilitacyjnej dr M. Tekielak, która dotyczy wielowarstw jest obszerna, wieloautorska praca H9 z ubiegłego roku opublikowana w *J. Appl. Phys.* Są w niej zawarte nie tylko rezultaty badań eksperymentalnych, ale również wyniki mikromagnetycznych symulacji komputerowych. Obiektem badań były wielokrotne warstwy Au/Co o różnej liczbie powtórzeń N i o różnych grubościach subwarstw Co. Odpowiedni dobór tych grubości pozwalał na badanie układów o zróżnicowanej (zarówno, co do wartości jak i znaku) anizotropii efektywnej, a w konsekwencji układów, których dobroć $Q=K_U/2\pi M_S^2$ mogła być mniejsza jak i większa od jedności. Podstawowym celem przeprowadzonych badań było określenie struktury magnetycznej i procesów przemagnesowania, ze szczególnym uwzględnieniem oddziaływań

magnetostatycznych pochodzących od struktury domenowej. Oddziaływanie to dla warstw o określonej grubości subwarstw kobaltu (określonej anizotropii i wartości parametru Q) jest tym silniejsze im większa jest liczba powtórzeń N.

Jednoznacznie wykazano, że wraz ze zwiększaniem się N wzrasta rola oddziaływań magnetostatycznych wywołanych obecnością domen magnetycznych. W efekcie tych oddziaływań wzrost N prowadzi do znacznych zmian w kształcie pętli histerezy, wartości pól nasycających oraz rozkładów namagnesowania. W niektórych przypadkach może to skutkować pojawieniem się domen z namagnesowaniem prostopadłym do powierzchni warstwy.

Uważam, że dr M. Tekielak posiada umiejętność samodzielnego planowania, (co wynika jednoznacznie z oświadczeń współautorów) oraz prowadzenia komplementarnych badań i interpretacji wyników. Uzyskiwane przez Nią przestrzenne rozkłady wektorów magnetycznych w symulacjach komputerowych nieźle korelują z danymi doświadczalnymi.

Dobrym dodatkiem do dysertacji habilitacyjnej byłaby monoautorska praca przeglądowa, np. jako artykuł pokonferencyjny. Takie prace dobrze porządkują materiał z prac oryginalnych Habilitanta i współautorów, i świadczą o umiejętności kompleksowego spojrzenia na uprawianą tematykę naukową.

Wnioski końcowe

Reasumując stwierdzam, że zawartość merytoryczna monotematycznej pracy habilitacyjnej (wg analizy oświadczeń współautorów przypisana głównie Habilitantce) i znaczący całkowity dorobek naukowy poparty licznymi cytowaniami są podstawą do uznania, że dr Maria Tekielak ma pełne kwalifikacje do samodzielnej pracy naukowej. Jej wiedza i dotychczasowe doświadczenie badawcze oraz umiejętność stawiania problemów naukowych, ich formułowania i rozwiązywania, upoważnia mnie do takiej konkluzji.

Stwierdzam też, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa habilitacyjna dr Marii Tekielak jest istotnym wkładem do dziedziny fizyki ciała stałego i spełnia wymagania stawiane przez obowiązującą Ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym (Dz. U. z 2011 r. nr 84 i dodatkowe rozporządzenia) i wnoszę o dopuszczenie dr Marii Tekielak do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

Poznań, dnia 25 czerwiec 2012

