

Dr hab. Ryszard Zdyb
Instytut Fizyki
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej
Pl. M. Curie-Skłodowskiej 1
20-031 Lublin

Recenzja rozprawy habilitacyjnej i dorobku naukowego dr Marii Tekielak

Przedmiotem recenzji są:

- I. osiągnięcia naukowe opisane w art. 16 ust. 2 *Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* z dnia 14 marca 2003 r. (z późniejszymi zmianami) oraz w *Rozporządzeniu Ministra do Spraw Nauki i Szkolnictwa Wyższego* z dnia 1 września 2011 r., stanowiące podstawę o ubieganie się o stopień naukowy doktora habilitowanego,
- II. aktywność naukowa, w tym pełny dorobek publikacyjny wraz ze wskaźnikami bibliometrycznymi wymienionymi w powyższej Ustawie i Rozporządzeniu, a także dorobek dydaktyczny, popularyzatorski oraz współpraca międzynarodowa.

Informacje wprowadzające

Dr Maria Tekielak ukończyła studia magisterskie na kierunku fizyka w Filii Uniwersytetu Warszawskiego w Białymstoku w 1983 roku. Pracę magisterską pod tytułem *Magnetoptyczna analiza opóźnienia magnetycznego w warstwie granatu $Y_2Ca_1Fe_{3.9}Co_{0.1}Ge_1O_{12}$* wykonała pod kierunkiem prof. dr hab. Andrzeja Maziewskiego. W 1984 roku rozpoczęła pracę w Katedrze Fizyki Filii Uniwersytetu Warszawskiego w Białymstoku na stanowisku technicznym, a następnie kontynuowała - na stanowisku naukowo-technicznym. Prowadzone w tym czasie przez dr Tekielak badania naukowe związane były z magnetyzmem warstw granatów itrowo-żelazowych osadzanych na podłożu granatu gadolinowo-galowego. Prace te zostały zakończone przygotowaniem rozprawy doktorskiej pt. *Magnetyczna anizotropia i przejścia fazowe związane z reorientacją namagnesowania w warstwach granatów domieszkowanych kobaltem*. Rozprawa została obroniona w Instytucie Fizyki PAN w Warszawie w 1998 roku. Promotorem był prof. dr hab. Andrzej Maziewski.

I. Recenzja osiągnięcia naukowego

I.1. Ogólna charakterystyka

Jako osiągnięcie naukowe wynikające z w/w Ustawy dr Maria Tekielak wskazuje jednotematyczny cykl publikacji składający się z 9 prac naukowych pod wspólnym tytułem *Procesy magnesowania i magnetyczne struktury domenowe w różnorodnych nanostrukturach – od warstw pojedynczych do wielokrotnych*. Prace zostały opublikowane w latach 2005 – 2011 w czasopiśmie znajdujących się w bazie Journal Citation Reports. Prace zgłoszone

jako jednotematyczny cykl publikacji są pracami wieloautorskimi. Dr Maria Tekielak jest pierwszym autorem w pięciu publikacjach. Na podstawie dostarczonego oświadczenia (Załącznik nr 3, część 3.5) wynika, że indywidualny wkład pani dr Tekielak do prac zawiera się w granicach od 50 do 80 %, czyli jest dominujący we wszystkich pracach. Z dostarczonych dokumentów wynika również, że w pracach eksperymentalnych wszystkie badane próbki były wykonywane przez współautorów, zaś dr Tekielak wykonywała pomiary, analizę i interpretację otrzymanych wyników oraz uczestniczyła w tworzeniu i redagowaniu tekstu publikacji. Habilitantka wykonywała również symulacje mikromagnetyczne, których wyniki zawarte są w pracach H8 i H9.

Pewnym mankamentem zaproponowanego cyklu prac jest ranga czasopism, w których prace te zostały opublikowane. I tak są to: *Journal of Applied Physics* – 2 prace, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* – 3 prace, *IEEE Transactions on Magnetics* – 1 praca, *Materials Science – Poland* – 3 prace. O ile pierwsze dwa wymienione czasopisma posiadają *impact factor* odpowiednio około 2,0 i 1,7, to w przypadku *Materials Science – Poland* wynosi on około 0,4. W tym miejscu zadziwia niewłączenie do jednotematycznego cyklu np. pracy *New possibilities for tuning ultrathin cobalt film magnetic properties by a noble metal overlayer*, Phys. Rev. Lett. 89, 087203 (2002), która doskonale wpisuje się w rozważaną w cyklu problematykę i w powstaniu której, jak twierdzi habilitantka, brała „aktywny udział”. W pracy tej badano zmiany kierunku namagnesowania w warstwie Co w zależności od jej grubości oraz od pokrycia Au i Ag m. in. wykorzystując metodę eksperymentalną zaproponowaną i rozwijaną przez dr Marię Tekielak.

I.2. Charakterystyka publikacji

Prace badawcze dr Marii Tekielak przedstawione w jednotematycznym cyklu publikacji dotyczą właściwości magnetycznych warstw kobaltu osadzonych na różnych podłożach i pokrywanych warstwami niemagnetycznych pierwiastków, a także układów składających się z wielokrotnych powtórzeń warstw kobalt/złoto. Badania prowadzone były w warunkach *ex-situ* z wykorzystaniem takich technik eksperymentalnych jak wysokorozdzielcza polaryzacyjna mikroskopia magnetooptyczna Kerra w konfiguracjach polarnej i podłużnej, magnetometria magnetooptyczna Kerra w konfiguracji polarnej, podłużnej i poprzecznej, mikroskopia sił magnetycznych MFM, spektroskopia rezonansu ferromagnetycznego FMR oraz magnetometria wibracyjna VSM. Niewątpliwie na uznanie zasługuje wykorzystanie tak wielu komplementarnych metod doświadczalnych służących realizacji postawionych zadań.

Wszystkie prezentowane wyniki badań zostały wykonane dla próbek przygotowanych albo w Instytucie Fizyki Polskiej Akademii Nauk (z pojedynczą warstwą Co) albo w Instytucie Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk (z wielokrotnymi warstwami Au/Co). Mimo, że proces wzrostu warstw był kontrolowany trzema technikami eksperymentalnymi (RHEED, LAXRD, AES), w publikacjach tworzących jednotematyczny cykl brakuje jakiegokolwiek odniesienia do tych pomiarów, pomijając bardzo ogólne stwierdzenia, że takie pomiary się odbyły i przykładowo - wskazują na pseudomorficzny wzrost Mo (H4). W publikacjach tych brakuje ilościowego opisu np. wartości stałych sieci lub ich zmian z grubością osadzonej warstwy, co z kolei mogłoby w istotny sposób przyczynić się do dyskusji dotyczącej wpływu anizotropii magnetoelastycznej na obserwowane zmiany wektora magnetyzacji oraz kierunku ścian domenowych. Nie jest to zarzut skierowany

bezpośrednio w stronę dr Tekielak, która jak rozumiem, w przygotowaniu próbek nie uczestniczyła, a w swych badaniach posługiwała się przede wszystkim metodami magnetoptycznymi.

W publikacjach H1 do H4 i H6 przedstawione zostały wyniki otrzymane dla układów z pojedynczą warstwą Co. W pracach tych badano procesy magnesowania w zależności od grubości warstwy magnetycznej, grubości warstwy przykrywającej oraz jej rodzaju. Wyniki zostały otrzymane dla próbek wykonanych w kształcie klina. Oznacza to bardzo duże ilości danych dostarczanych w eksperymentach, ponieważ zarówno grubość warstwy magnetycznej jak i niemagnetycznej zmieniana jest w zakresie od zera do kilku nanometrów. Habilitantka przygotowała specjalne programy umożliwiające analizę tych danych. Poniżej wymienione są najważniejsze, według mojej opinii, wyniki tych prac.

(i) Określenie przestrzennego rozkładu pola koercji badanych układów oraz stwierdzenie występowania nukleacji domen w obszarach o małej wartości pola koercji oraz propagacji ścian domenowych w obszarach o wyższych wartościach pola koercji. Pewien niedosyt wywołuje brak komentarza wyjaśniającego występowanie wierzchołka (dwa wierzchołków?) w zależności pola koercji od grubości warstwy Co (praca H1). Ponadto, wyznaczony został zakres grubości kobaltu od 0,5 do 1,0 nm, w którym występuje składowa prostopadła wektora magnetyzacji.

(ii) Wyznaczenie wartości stałych anizotropii K_{eff} oraz K_2 w układzie szafir/Mo/Au/Co/V,Mo/Au w zależności od grubości warstwy kobaltu oraz przykrywającej warstwy wanadu (praca H4). Niezwykle ważnym wnioskiem tej pracy jest wykazanie możliwości sterowania magnetyczną anizotropią poprzez odpowiedni dobór materiału pokrywającego ferromagnetyk oraz jego grubość.

(iii) Określenie rozmiarów domen magnetycznych w zależności od grubości warstwy kobaltu, a także od grubości warstwy przykrywającej V i Mo dla grubości Co bliskiej tej, przy której zachodzi reorientacja wektora namagnesowania. Podobnie jak wyżej, istnieje możliwość sterowania rozmiarami domen.

(iv) Wykazanie nierównoważności wpływu na właściwości magnetyczne warstwy wykonanej z tego samego pierwiastka, w zależności od tego czy tworzy on warstwę buforową, czy przykrywającą. Efekt ten wytłumaczono poprzez pseudomorficzny wzrost niemagnetycznej warstwy na warstwie magnetycznej, co powoduje mniejsze odkształcenia w sieci kobaltu.

(v) Wykazanie wpływu grubości oraz rodzaju warstwy przykrywającej na grubość warstwy ferromagnetyka, przy której zachodzi reorientacja wektora namagnesowania.

(vi) Obserwacja występowania silnej, jednoosiowej anizotropii oraz preferowanego kierunku ścian domenowych w układzie Mo/Co/Au. W tym przypadku podjęto próbę wyjaśnienia tego zjawiska na podstawie nieprzytoczonych w pracy badań strukturalnych dotyczących odkształceń występujących w warstwie kobaltu (H1, H6). Wyjaśnienie jest bardzo prawdopodobne, jednak bez udokumentowania wynikami strukturalnych pomiarów jest niepełne.

Publikacje H5, H7 do H9 przedstawiają wyniki otrzymane dla układów z wielokrotnymi warstwami Au/Co. W pracach tych omówione są procesy magnesowania oraz obrazy domen magnetycznych wielowarstwowych układów $(Au/Co)_N$, gdzie N jest liczbą powtórzeń i zmienia się od 1 do kilkunastu. Badania przeprowadzono w szerokim zakresie

grubości warstw Co pokrywając w ten sposób szeroki zakres parametru jakości Q . Zaobserwowano wpływ liczby powtórzeń na pole nasycenia, pole nukleacji, rozmiary domen i ich kształt. Godnym podkreślenia wynikiem jest zbadanie wpływu liczby powtórzeń na kierunek wektora magnetyzacji. Wraz ze wzrostem N pojawia się składowa magnetyzacji prostopadła do powierzchni warstwy. Inną bardzo interesującą obserwacją są nietypowe domeny o rozmiarach rzędu mikrometrów mające składową magnetyzacji leżącą w płaszczyźnie warstwy oraz składową prostopadłą do warstwy tworzącą układ znacznie mniejszych (setki nanometrów) domen. Pewnym mankamentem pracy H5 jest odczuwalny niedostatek analizy danych doświadczalnych, chociażby przedstawienia zależności wartości pól nukleacji i nasycenia od liczby powtórzeń.

Bardzo cennym wkładem do cyklu publikacji są prace, w których oprócz wyników eksperymentalnych pojawiają się również wyniki symulacji mikromagnetycznych oraz obliczeń teoretycznych dla pojedynczych warstw magnetycznych i układów wielowarstwowych (H8 i H9). Badania te są bezpośrednio związane z wynikami eksperymentów prezentowanymi we wcześniejszych publikacjach. M. in. wykazano, że w wyżej wspomnianych nietypowych domenach za składową równoległą do powierzchni warstwy odpowiedzialne są rdzenie worteksów powstające wewnątrz warstw.

Za najcenniejsze wyniki prac z wielokrotnymi warstwami Au/Co uważam:

(i) określenie wpływu oddziaływania magnetostaticznego na kierunek magnetyzacji oraz kształt domen w rozważanych układach,

(ii) rekonstrukcję trójwymiarowego rozkładu namagnesowania w układach wielowarstwowych,

(iii) wykazanie możliwości sterowania kierunkiem magnetyzacji oraz rozmiarami domen magnetycznych za pomocą liczby powtórzeń N , parametru jakości Q oraz grubości warstwy niemagnetycznej; wzrost N powoduje pojawienie się składowej prostopadłej magnetyzacji oraz zmniejszenie rozmiarów domen magnetycznych;

(iv) wykazanie możliwości sterowania polem nasycenia, nukleacji oraz koercji za pomocą liczby powtórzeń N ; wzrost N powoduje przejście od materiału magnetycznie twardego do miękkiego.

Prace te można uznać za podsumowanie zaprezentowanego cyklu publikacji. Wyjaśniają niektóre z obserwowanych doświadczalnie zjawisk i prezentują bardzo szerokie możliwości „inżynierii” właściwości magnetycznych ultracienkich warstw. Badania nad przytoczonymi powyżej zjawiskami są prowadzone w wielu laboratoriach na świecie i mają znaczenie nie tylko poznawcze ale także aplikacyjne.

Podsumowanie osiągnięć naukowych

Przedstawione w jednotematycznym cyklu osiągnięcia naukowe oceniam jako wystarczające i spełniające wymagania stawiane przez *Ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki*.

II. Ocena aktywności naukowej, współpracy międzynarodowej, dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego oraz uzyskanych nagród.

II.1. Aktywność naukowa

Dr Maria Tekielak jest współautorem 33 publikacji znajdujących się w bazie Journal of Citation Reports (JCR). Z tej liczby 27 prac zostało opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora. Ponadto, 7 publikacji znajduje się poza bazą JCR.

Należy podkreślić, że wśród prac przygotowanych po uzyskaniu stopnia doktora znajdują się artykuły opublikowane w bardzo dobrych czasopismach z dziedziny fizyki m.in.: *Physical Review Letters* (2), *Applied Physics Letters* (1), *Nanotechnology* (1), *Journal of Applied Physics* (4) i innych. O jakości całego dorobku świadczy również sumaryczny *impact factor* publikacji naukowych według listy JCR, który zgodnie z rokiem opublikowania wynosi 55,037, a także liczba cytowań według bazy Web of Science (WoS). Według stanu z dnia 10.06.2012 r. całkowita liczba cytowań wynosi 185, zaś bez autocytowań - 148. Index Hirscha publikacji według bazy WoS wynosi 6.

W latach 1993 – 2012 dr Maria Tekielak brała udział jako wykonawca w 14 projektach badawczych krajowych i zagranicznych. Brakuje jednak informacji o samodzielnym pozyskiwaniu środków na badania i kierowaniu projektami badawczymi. Dr Maria Tekielak wygłosiła dwa zaproszone referaty, jeden na konferencji międzynarodowej i jeden na krajowej. Duża liczba prezentacji konferencyjnych (85) świadczy o aktywności w rozpowszechnianiu wyników swoich badań zarówno na forum krajowym jak i międzynarodowym. Niepokoić może natomiast mała liczba referatów wygłaszanych na międzynarodowych konferencjach. W związku ze swoją działalnością naukową dr Maria Tekielak została wyróżniona m. in. nagrodą zespołową Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz 14. nagrodami Rektora.

Posumowanie aktywności naukowej

Zarówno dorobek naukowy w postaci 27 prac naukowych opublikowanych w międzynarodowych periodykach po uzyskaniu stopnia doktora, a także statystyki dotyczące cytowań, uczestnictwa w konferencjach oraz zaangażowanie w projektach badawczych są wystarczające w stosunku do wymagań stawianych kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego.

II.2. Współpraca międzynarodowa i krajowa

Na szczególne podkreślenie zasługuje bardzo szeroka współpraca naukowa z 20. ośrodkami zagranicznymi oraz z 5. ośrodkami krajowymi. Współpraca ta zaowocowała wspólnymi publikacjami m.in. z tak uznanymi osobistościami świata nauki jak C. Chappert, J. Ferré, R. Schäfer i.in., a także sześcioma stażami odbytymi w zagranicznych ośrodkach naukowych.

II.3. Działalność dydaktyczna i popularyzatorska

Dr Maria Tekielak prowadzi zajęcia dydaktyczne od 1995 roku. Są to zarówno wykłady, w tym monograficzne, jak i ćwiczenia, laboratoria, pracownie, seminaria dyplomowe i pracownie magisterskie. Habilitantka przygotowała skrypty do wykładu oraz do ćwiczeń w ramach pracowni fizycznych, a także zestawy eksperymentalne do laboratoriów. Dr Maria Tekielak przez 4 lata była opiekunem studentów I roku, promotorem 3 prac magisterskich i 9 prac licencjackich i recenzowała 5 prac magisterskich i licencjackich.

Od 1996 roku Habilitantka bierze udział w organizacji okręgowych olimpiad fizycznych. Wśród działań popularyzatorskich należy wymienić również prezentacje popularyzujące magnetoptyczne metody badawcze podczas XXXV Zjazdu Fizyków, w telewizji ATVN oraz dla uczniów szkół ponadgimnazjalnych.

II.4. Działalność organizacyjna

Poza wyżej wymienionymi formami działalności dr Maria Tekielak czynnie uczestniczyła w strukturach Białostockiego Oddziału PTF (1998-2006), była członkiem komitetów organizacyjnych sześciu konferencji i warsztatów naukowych, trzykrotnie uczestniczyła w pracach Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej, a od 2001 roku pełni funkcję zastępcy przewodniczącego Komitetu Okręgowego Olimpiady Fizycznej.

Podsumowanie współpracy międzynarodowej i krajowej, działalności dydaktycznej, popularyzatorskiej oraz organizacyjnej.

Współpraca z wieloma zagranicznymi i krajowymi ośrodkami zasługuje na szczególne uznanie. Zaangażowanie dr Marii Tekielak w wielu inicjatywach związanych z działalnością dydaktyczną, popularyzatorską oraz organizacyjną świadczy o dużym potencjale w tym kierunku. Pozytywnie oceniam wyżej wymienioną działalność.

III. Ocena końcowa

Biorąc pod uwagę częściowe oceny obu przedmiotów recenzji wnoszę o dopuszczenie dr Marii Tekielak do dalszych faz przewodu habilitacyjnego.

Lublin, 19.06.2012.

