

Prof. dr hab. Janusz Baszyński
emeryt
Instytutu Fizyki Molekularnej PAN
Ul. Smoluchowskiego 17
60-179 Poznań

Poznań, 2013-07-15

Ocena rozprawy doktorskiej

Mgr Katarzyny Buchta

pt. „**Właściwości kolumnowych struktur magnetycznych kobaltu**”

Mgr Katarzyna Buchta w latach 2002 – 2007 odbyła studia na Uniwersytecie im. A. Mickiewicza w Poznaniu na Wydziale Fizyki. Pracę magisterską pt.: „*Badanie dyfuzji własnej silnie oddziaływujących koloidów krzemionkowych metodą spektroskopii korelacji fluorescencji*” wykonała pod kierownictwem prof. dr hab. Adama Patkowskiego.

W latach 2008 – 2012 mgr Katarzyna Buchta była uczestniczką studiów doktoranckich w Instytucie Fizyki Molekularnej PAN w Poznaniu, w którym obecnie jest zatrudniona na stanowisku asystenta. Rezultatem tych studiów jest rozprawa doktorska

pt. „**Właściwości kolumnowych struktur magnetycznych kobaltu**”

wykonana pod kierunkiem prof. IFM PAN dr hab. Tadeusza Lucińskiego Środowiskowego Laboratorium Fizyki Powierzchni i Spektroskopii Tunelowej Instytutu Fizyki Molekularnej PAN.

Podjęte w pracy badania własności magnetycznych wykonano na tzw. warstwach „rzeźbionych”, które są zaliczane do nanomateriałów z klasy metamateriałów będących przedmiotem zainteresowań od lat 60-tych XX wieku. (*Philips Tech. Rev.* 27 (1966) 87)

Materiały te są stosowane do budowy prototypowych urządzeń dla różnych zastosowań optycznych, chemicznych czy biologicznych. Rozwój technik osadzania warstw pozwolił już w 1999 roku na otrzymywanie warstw o anizotropowych nanostrukturach w postaci słupków czy kolumn „zygzakowatych” z kobaltu, niklu oraz żelaza. (*J. Mater. Res.* 14 (1999) 3158; *J. Appl. Phys.* 85 (1999) 5486)

Własności magnetyczne tych nanomateriałów są zbadane fragmentarycznie i dotyczą obserwacji struktury domenowej oraz pól koercji (*J. Appl. Phys.* 105 (2009) 113508)

Podjęte w pracy doktorskiej badania nanostruktur kolumnowych kobaltu w cienkich warstwach miały na celu szczegółowe określenie wpływu procedur wytwarzania tych nanostruktur na ich anizotropię magnetyczną oraz zachodzące w nich procesy przemagnesowania i rozpoznanie fizycznych mechanizmów odpowiedzialnych za obserwowane własności.

Duże zainteresowanie rozpoznaniem tych własności związane jest nie tylko z fundamentalnym charakterem wyrafinowanych badań doświadczalnych, lecz także z możliwym wykorzystaniem tych nanostruktur do budowy przyszłościowych układów dla spintroniki.

Ocena rozprawy doktorskiej

Przedstawiona rozprawa doktorska charakteryzuje się starannym opracowaniem edytorskim, co z przyjemnością podkreślam.

Układ tej 145 stronicowej pracy doktorskiej jest typowy i zawiera: wstęp, pięć rozdziałów, podsumowanie oraz literaturę – 131 pozycji bibliograficznych aż po rok bieżący. W obszernej literaturze brak jednak cytatu publikacji z *J. Appl. Phys.* **105**, 113508 (2009). Ten zestaw literatury świadczy o bardzo dobrym rozpoznaniu przez doktorantkę tematyki, w zakresie której wykonano pracę doktorską. Układ edytorski pracy, dzięki umieszczeniu w spisie rysunków stron ich zamieszczenia w znacznym stopniu ułatwia „nawigację” po tekście rozprawy doktorskiej.

W rozdziale I doktorantka uzasadnia celowość merytoryczną podjęcia w pracy doktorskiej badań własności magnetycznych warstw kobaltu o różnych kształtach tworzących je krystalitów wskazując werbalnie na fragmentaryczną wiedzę literaturową w tym zakresie. Szkoda, że nie przedstawiono wyników cytowanych prac szkicując stan zawartej w nich wiedzy.

Rozdział II i III jest bardzo starannie i wyczerpująco opracowanym, na podstawie obszernej literatury, opisem wzrostu cienkich warstw oraz ich preparatyki techniką GLAD stosowaną w badaniach.

Sposób przedstawienia materiału w tych rozdziałach świadczy o bardzo dobrym przygotowaniu doktorantki do przeprowadzenia zaplanowanych badań.

W rozdziale IV przedstawiono modele Stonera-Wohlfartha oraz Aharoniego-Freia opisujące własności magnetyczne w zakresie badanych w pracy; anizotropii magnetycznej oraz procesu przemagnesowania.

W rozdziale V opisano szczegółowo preparatykę nanostrukturyzowanych warstw kobaltu oraz aparaturę badawczą wykorzystaną w trakcie realizacji badań stanowiących podstawę rozprawy doktorskiej.

Warstwy kobaltu naparowywano termicznie w komorze MBE aparatury firmy PREVAC na podłoża krzemowe w geometrii GLAD.

W rozdziale VI przedstawiono wyniki badań strukturalnych i powiązane z nimi własności magnetyczne i magnetooporowe.

Badania strukturalne wytworzonych warstw kobaltu techniką nanoszenia w ultrawysokiej próżni w geometrii GLAD przeprowadzono na przekrojach poprzecznych z

wykorzystaniem skaningowej mikroskopii elektronowej. Otrzymane obrazy (Rys. 6.1 – 6.9) pokazały istnienie nanostruktur w postaci pionowych lub pochyłych kolumn oraz zygzakowatych z różną ilością ramion od 3 do 7. Pomiary topografii powierzchni (Rys. 6.10 – 6.15) wykonane przy użyciu mikroskopii sił atomowych wykazały chropowatość warstw rzędu 10 nm.

Badania strukturalne przeprowadzono we współpracy z grupą prof. Stefana Biniaka z Uniwersytetu Toruńskiego oraz dr Lothara Bischoffa z Helmholtz-Zentrum w Dreźnie obejmowały :

- charakteryzację powierzchni przy użyciu skaningowego mikroskopu tunelowego
- obserwacje przekrojów poprzecznych pokazały występowanie struktur kolumnowych, „maczug” oraz zygzaków w zależności od parametrów procesu nanoszenia: kąta padania par kobaltu na krzemowe podłoże oraz sekwencji jego obrotów.

Pomiary magnetyczne wykonano w temperaturze pokojowej używając kątowny magnetometr ze zmiennym gradientem pola magnetycznego rejestrując pętle histerezy w polach magnetycznych w zakresie ± 20 kOe. w zależności od kąta pomiędzy polem a normalną do powierzchni warstw. Charakter obserwowanych pętli jest związany z nanostrukturą poszczególnych warstw kobaltu.

Wyniki badań własności magnetycznych przedstawiono na licznych rysunkach od 6.16 do 6.49 odpowiednio dla kobaltowych nanostruktur kolumn pochyłych, typu „zygzak” tworzonych przez trzy, cztery oraz sześć ramion o wysokościach od 60 do 140 nm oraz pionowych kolumn typu „maczuga” o grubości 200 nm.

Interpretacje obserwowanych zależności pól koercji dla poszczególnych typów warstw od kąta pomiędzy prostopadłą do warstwy a zewnętrznym polem magnetycznym oparto na modelu Aharoniego-Freia. Na rys 6.48 i 6.49 przedstawiono dopasowanie danych doświadczalnych przy pomocy tego modelu biorąc zależność pola koercji dla nieskończonego drutu. W tym przypadku otrzymane dopasowanie wskazuje na wirowy proces przemagnesowania zachodzący w warstwach zbudowanych z kolumn oraz zygzaków.

Rezultaty przeprowadzonych badań wykazują, że decydujący wpływ na wartości pól koercji H_c w warstwach kobaltowych, jak należy oczekiwać, ma typ ich nanostruktury. Na Rys. 7.1 przedstawiono te zależności i tak dla pseudociągłej warstwy Co wynosi ono około 100 Oe, dla struktury kolumnowej osiąga wartość około 1 kOe oraz dla struktur typu „zygzak” jest powyżej 4 kOe.

Do ważniejszych wyników uzyskanych w pracy zaliczam:

1. wytworzenie warstw kobaltu o nanostrukturach typu: pochyłych kolumn, „maczug” oraz „zygzak” o różnej ilości ramion.

2. wykazanie, że własności warstw o strukturach kolumnowych oraz typu „zygzak” można analizować analogicznie jak matryce z nanodrutów.
3. zastosowanie z sukcesem kątowych zależności H_c oraz M_R/M_S do analiz procesów przemagnesowań w poszczególnych typach nanostruktur w warstwach kobaltu.
4. stwierdzenie współistnienia dwóch procesów przemagnesowania typu koherentnego oraz wirowego, który jest dominującym w warstwach zbudowanych z kolumn oraz „zygzaków”.

Do istotniejszych „potknięć” doktorantki należą w bogatym spisie literatury:

- brak jednolitego zapisu cytowanych czasopism;
- pozycja 84 - niepełny wykaz współautorów
- pominięcie publikacji z *J. Appl. Phys.* **105** (2009) 113508

Ocena dorobku mgr. Katarzyny Buchta

Dorobek naukowy doktoranta obejmuje 4 publikacje wieloautorskie w czasopismach z listy filadelfijskiej, 2 referaty na konferencjach oraz 3 współautorskie komunikaty konferencyjne.

Mgr Katarzyna Buchta w przedstawionej pracy wykazała się bardzo szeroką wiedzą literaturową w zakresie prowadzonych badań, którą wykorzystała do interpretacji wyników otrzymanych z pomiarów standardowych pętli histerezy.

W mojej ocenie doktorantka w pełni potwierdziła, iż posiada umiejętność rozwiązywania postawionego zadania badawczego w dziedzinie fizyki magnetyków. Spełnione zatem są warunki stawiane rozprawom doktorskim.

Wniosuję o dopuszczenie mgr Katarzyny Buchta do publicznej obrony rozprawy doktorskiej jako kolejnego etapu na drodze do uzyskania stopnia doktora w dziedzinie fizyki.

