



UNIwersytet Jagielloński

Instytut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego

Zakład Teorii Materii Skondensowanej
Kierownik Zakładu: Prof. dr hab. Józef Spalek

ul. Reymonta 4
30-059 Kraków

Tel.: (48 12) 663 56 85
Fax: (48 12) 633 40 79
E-mail: ufspalek@if.uj.edu.pl

plus ratio quam vis

Kraków, 11 listopada 2006

**Recenzja dorobku naukowego Doktora Lesława Smardza, w tym Jego
rozprawy habilitacyjnej przedstawionej Radzie Naukowej Instytutu Fizyki
Molekularnej PAN w Poznaniu**

Doktor Lesław Smardz ukończył studia magisterskie w AGH w Krakowie w 1983 roku, a doktorat obronił w 1988 roku pod kierunkiem Prof. dr hab. Janusza Baszyńskiego z Instytutu Fizyki Molekularnej PAN w Poznaniu. W ciągu swojej prawie 25-letniej kariery akademickiej zajmował się prawie wyłącznie układami cienkowarstwowymi o nietrywialnych własnościach magnetycznych i transportu elektronowego. Przedstawiony mi dorobek formalny zawiera około 65 prac opublikowanych w czasopiśmie międzynarodowych, a liczba cytowań wynosi około 160. Te dwie charakterystyki ilościowe oznaczają, iż uzyskane wyniki spełniają zwyczajowe kryteria narzucane dorobkowi przedstawionemu do habilitacji. Z tego dorobku dr Smardz wyodrębnił 12 prac z lat 1991-2006, w których w zdecydowanej większości jest albo pierwszym, albo jedynym autorem i przedstawia je jako tezy czy główne rezultaty swojej rozprawy habilitacyjnej. Wszystkie te prace są opublikowane w czasopiśmie recenzowanych. Nie ma więc sensu omawiać je jeszcze raz szczegółowo. Pozwolę sobie jedynie na pewne uwagi ogólne czy całościowe, przy pomocy których chciałbym się zapytać o ogólne znaczenie tych wyników. Jest tak dlatego, iż większość prac habilitanta jest krótka, zwłaszcza te w czasopiśmie wysokospecjalistycznych (J. Magn. Magn. Mat., phys. stat. solidi). Posiłkowałem się przy tym będą podsumowaniem zatytułowanym "*Własności magnetyczne wybranych układów warstwowych sprzężonych wymiennie*"; taki sam tytuł ma rozprawa habilitacyjna.

Tematyka wielowarstwowych układów magnetycznych jest uprawiana w świecie intensywnie gdzieś od 20 lat, po pracach P. Grünberga i współpracowników, Ferta i współpracowników oraz Parkina. Dotyczyło ono głównie mechanizmu sprzężenia wymiennego pomiędzy warstwami magnetycznymi, w tym uwzględnieniu roli przekładki metalicznej (niemagnetycznej) pomiędzy nimi, a także tzw. gigantycznego magnetooporu w tych układach. Z tego też względu istotna jest rola obszaru granicznego pomiędzy warstwami, zwłaszcza w układach o małej wielkości drogi swobodnej nośników związanych z (lub sprzężonych z) magnetyzmem tych układów. Pod tym względem autor interesuje się przede wszystkim zmianą charakteru pętli histerezy takiego wielowarstwowego układu pod wpływem rozmaitego rodzaju sprzężeń pomiędzy warstwami. W pierwszym etapie swojej pracy [publikacje *Vacuum* **42**, 283 (1991); *phys. stat. sol. (a)* **181**, R7 (2000)] habilitant zajmował się układami Co/CoO oraz Co/NiO, gdzie mamy do czynienia ze sprzężeniem między izolatorem antyferromagnetycznym Motta a ferromagnetykiem. W takim przypadku warstwa ferromagnetyczna będzie posiadała silną anizotropię jednokierunkową, a pętla histerezy będzie silnie asymetryczna i będzie funkcją grubości warstwy ferromagnetycznej, przynajmniej w obszarze nanometrycznym. Z pewnością pomiar charakterystyk magnetycznych w tym obszarze grubości stanowił wyzwanie i muszę przyznać, że jak na rozprawę eksperymentalną, znajduję w niej za mało szczegółów dotyczących techniki pomiarowej. Rozumiem, że największym problemem tutaj było otrzymanie tych warstw o powtarzalnych własnościach.

W pozostałych 9 pracach habilitant przedstawia wyniki dotyczące warstw metalicznych: Co/Ti, Co/Zr, Fe/Zr oraz Fe/Ti, a także z permalojem. Tutaj powinien występować charakterystyczny oscylacyjny charakter oddziaływania między warstwami w funkcji np. grubości przekładki, zaindukowany takim charakterem oddziaływania wymiennego typu RKKY, które konkurować będzie z oddziaływaniem ferromagnetycznym zaindukowanym regułą Hunda. Muszę powiedzieć, że oddziaływanie RKKY będzie zależeć od długości drogi swobodnej w przekładce i ten czynnik wydaje się być ignorowany w analizie habilitanta. Wielkość ziaren nie wydaje się być jedynym czynnikiem modulującym je, oprócz wektora falowego Fermiego w kierunku prostopadłym do płaszczyzny warstw. Oczywiście, rozprawa dotyczy głównie własności doświadczalnych i te bronią się dobrze. Jednakże, wzbogacenie interpretacji tych wyników wpłynęłoby z pewnością na szerszy odbiór tych prac. Piszę o tym szczególnie ze względu na to, że są to krótkie prace i brakuje mi trochę szerszej pracy spajającej tematycznie te szczegółowe wyniki. Być może, tzw. kryterium

Nagela-Tauca spełnia taką rolę, przynajmniej w przypadku warstw amorficznych i kwaziamorficznych. Będę wdzięczny habilitantowi, jeśli w czasie kolokwium habilitacyjnego wyjaśni mi szczegółowiej rolę tych czynników przy opisie oddziaływań magnetycznych.

Ciekawym czynnikiem uwzględnionym w rozprawie jest oddziaływanie bikwadratowe, a także multispinowe. Jednakże, nie jestem pewien jaka byłaby ich rola, gdyby rozpatrzeć pełne oddziaływanie długozasięgowe RKKY (całki pomiędzy dalszymi sąsiadami). Oczywiście, szybki, eksponencjalny zanik oddziaływania RKKY może powodować, że oddziaływania multispinowe są ważne.

Dołączone do rozprawy omówienie prac pozwoliło mi na zorientowanie się, jak duży wysiłek musiał włożyć habilitant, żeby wyprodukować dobrej jakości układy wielowarstwowe, zwłaszcza te zawierające utleniony kobalt czy nikiel, żeby otrzymać międzywierzchnię antyferromagnetyk-ferromagnetyk. Zmierzył także i przedyskutował anizotropię wymienną występującą na międzywierzchni takich warstw, a także określił charakter struktury domenowej i ścian domenowych warstw podwójnych NiO-Co.

Osobną częścią było otrzymanie dwuwarstw metalicznych zawierających metal ferromagnetyczny 3d (Co, Fe) oraz metal przejściowy niemagnetyczny (Ti, Zr). Jestem ciekaw, dlaczego autor wybrał akurat takie metale niemagnetyczne? Dla tych warstw udowodnił przy pomocy techniki XPS, iż następuje częściowa interdyfuzja między warstwami, co zapewne czyni analizę własności magnetycznych bardziej złożoną. Czy w takim przypadku można mówić o występowaniu warstwy magnetycznie "martwej" (niemagnetycznej) na międzywierzchni? Nawiasem mówiąc, bardzo nieładnie brzmi określenie międzywierzchni jako "interfejsu", którego to pojęcia autor namiętnie używa.

Podsumowując rozprawę, dorobek w niej umieszczony zawiera szereg oryginalnych wyników eksperymentalnych, z których wymienię tylko dwa:

1. Otrzymanie wielowarstw i przedyskutowanie anizotropii na międzywierzchni ferromagnetyk-antyferromagnetyk.
2. Otrzymanie i zbadanie cienkich układów wielowarstwowych zawierających ferromagnetyczne i paramagnetyczne warstwy metali przejściowych.

Nieoczywistym wynikiem jest tutaj np. fakt, iż obecność metalu paramagnetycznego zdecydowanie osłabia własności ferromagnetyczne.

Muszę także docenić znaczenie pozostałych prac nie wchodzących w skład rozprawy. I tak praca o warstwach Cu-Fe została opublikowana w *Fizyce Metalów i Metalowiedzeniu* (tom 76, 65 (1992)) zmusiła mnie do odświeżenia sobie języka rosyjskiego. Bardzo mi się spodobały dwie prace dotyczące własności monochalkogenidków europu (*Z. Phys.* B100, 497 (1996); *J. Magn. Magn. Mat.* 173, 133 (1997)). Obie te prace mogłyby z pewnością zostać włączone do rozprawy, gdyby nie fakt, iż nie pasują one tematycznie do tytułu rozprawy. Z pewnością wzbogacają one dorobek habilitanta. Podobnie zresztą ma się sprawa z pracami na temat związków międzymetalicznych 3d-4f. Z tego wszystkiego wynika jeden wniosek: Doktor Smardz jest pracowitym fizykiem doświadczalnym i zajmował się różnymi aspektami fizyki materiałów magnetycznych. Czas na usamodzielnienie się, na które z pewnością zasługuje. Mam nadzieję, że skłoni go to do większej koncentracji na danej tematyce badawczej i wyprodukowaniu bardziej syntetycznego podejścia do "swojej" tematyki. Czasy bowiem nastąpiły takie, że rozproszony dorobek nie posiada tego impaktu, co ten skoncentrowany na węższej tematyce, ale dopracowanej w szczegółach. Nie mam najmniejszej wątpliwości, że jest do tego zdolny.

Biorąc pod uwagę prace oryginalne oraz cały przedstawiony mi dorobek naukowy Doktora Lesława Smardza, a także Jego rozwiniętą współpracę międzynarodową i doświadczenia zagraniczne uważam, że spełnia On ustawowe i zwyczajowe normy stawiane w tym przypadku i wnioskuję o przyznanie Mu stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk fizycznych.


Józef Spalek

Profesor zwyczajny nauk fizycznych