

Kraków, 21.09.2015.

Prof. dr hab. Kazimierz Łątka
Uniwersytet Jagielloński
Instytut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego
Zakład Radiospektroskopii
ul. Prof. Stanisława Łojasiewicza 11
30-348 Kraków
Telefon służbowy: 12 664 4668
e-mail: uflatka@cyf-kr.edu.pl

RECENZJA

pracy doktorskiej Pani mgr inż. Barbary Winiarskiej p.t.:

"Struktura krystaliczna, elektronowa, właściwości elektryczne i magnetyczne silnie magnetostrykcyjnych związków RM_2 (R – ziemia rzadka, M – metal przejściowy 3d)"

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr inż. Barbary Winiarskiej zawiera wyniki badań doświadczalnych i teoretycznych dla trzech serii związków międzymetalicznych a mianowicie $Tb_{0.27}Dy_{0.73}(Fe_{1-x}Al_x)_2$, $Tb_{0.27}Dy_{0.73}(Fe_{1-x}Co_x)_2$ i $Tb_{0.27}Dy_{0.73}(Fe_{0.9}Ni_{0.1}Co_x)_2$. Badania te stanowią kontynuację wieloletnich i systematycznych badań prowadzonych pod kierunkiem prof. dr hab. Jarosława Pszczoły dla faz i związków międzymetalicznych typu RM_2 , gdzie R jest ziemią rzadką, a M pierwiastkiem z grupy 3d. Celem tych badań jest poznanie właściwości krystalograficznych, magnetycznych oraz struktury elektronowej i w szczególności zasadniczym problemem omawianej pracy była odpowiedź na pytanie: jaki wpływ na parametry fizyczne omawianych materiałów ma modyfikacja bazowego związku $Tb_{0.27}Dy_{0.73}Fe_2$ w wyniku podstawianie atomów Fe przez atomy Al czy innego metalu przejściowego 3d, jak Co lub Ni. Zastosowane metody doświadczalne oparte są na trafnie wybranych badaniach krystalograficznych, magnetostrykcyjnych i oporności elektrycznej dla uprzednio zsyntetyzowanych związków międzymetalicznych przy użyciu pieca łukowego. Istotną wartość pracy stanowią przeprowadzone obliczenia struktury elektronowej badanych związków międzymetalicznych metodą FLAPW (Full-potential Linear Augmented Plane Waves) pozwalające na uzyskanie spinowo-

rozdzielonych funkcji gęstości stanów elektronowych *DOE* w pasmach *3d*, *3sp*, *4s*, *5d* i *6s* oraz wyznaczenie przyczynków do momentu magnetycznego pochodzącego od poszczególnych pasm. Wykonane zostały także obliczenia odpowiednich energii rozszczepień oraz wyznaczono dystrybuanty funkcji gęstości stanów i szerokości połówkowe poszczególnych podpasem.

Recenzowana praca napisana została w sposób niezwykle staranny, stanowiąc obszerne opracowanie, obejmujące 194 strony. W jej skład wchodzi 8 rozdziałów i dodatkowo: strona tytułowa, podziękowania, spis treści, anglojęzyczny abstrakt, streszczenie w języku polskim, spis literatury zawierający pokaźną liczbę referencji w liczbie 138, dwa dodatki oznaczone jako A i B, w których zawarto odpowiednio opis metody *FLAPW* i charakterystykę wykonanych obliczeń, a także opis metody pomiaru oporności elektrycznej i wzór Mathiessena, spis rysunków, alfabetyczny wykaz przydatnych w trakcie czytania symboli oraz skorowidz używanych terminów.

Rozdział 1 stanowi treściwie i kompetentnie napisany wstęp, gdzie w szczególności omówione zostały zagadnienia związane z zastosowaniem technicznym materiałów zawierających w swoim składzie podsięć ziemi rzadkiej oraz podsięć metalu przejściowego i gdzie sformułowano przedmiot oraz zasadnicze cele pracy. W rozdziale 2 znaleźć można podstawowe informacje na temat składników badanych materiałów i opis syntezy próbek. Rozdział 3 prezentuje użytą metodę pomiarów rentgenograficznych, oraz wyniki pomiarów krystalograficznych dotyczące wyznaczonych typów struktur krystalograficznych i stałych sieci oraz ich zależności od składu *x*. Rozdziały 4-5 przedstawiają w kolejności wyniki obliczeń teoretycznych struktury elektronowej dla poszczególnych serii badanych materiałów. Wyniki pomiarów oporności elektrycznej oraz wyznaczone na ich podstawie temperatury Debye'a i Curie dla poszczególnych związków międzymetalicznych zawarte zostały w rozdziale 6. W rozdziale 7 zaprezentowane została metoda pomiarów magnetostrykcyjnych wraz z uzyskanymi wynikami tych pomiarów. Podsumowanie i wnioski końcowe zawiera rozdział 8.

Na podkreślenie zasługuje fakt, że konstrukcja pracy doktorskiej Pani mgr inż. Barbary Winiarskiej jest przejrzysta i logiczna. Praca wyróżnia się piękną szatą graficzną, a przedstawione badania dostarczyły kompleksowych informacji na temat właściwości badanych układów, które zostały skrupulatnie wyartykułowane w postaci zwięzłych komentarzy i wniosków na końcu poszczególnych rozdziałów. Zależności

otrzymane na drodze eksperymentalnej zostały pieczołowicie dopasowane przy pomocy specjalnie dobranych funkcji, co może być przydatne dla dalszych analiz teoretycznych. Na uwagę zasługuje fakt, że Pani mgr inż. Barbara Winiarska bardzo dobrze opanowała stosowane techniki pomiarowe oraz obliczeniowe, gromadząc w swojej pracy bogactwo wartościowych wyników, które zostały już opublikowane w postaci 2 prac w czasopismach o zasięgu międzynarodowym. Wyniki uzyskane z udziałem Autorki zostały też ostatnio zaprezentowane na czterech międzynarodowych konferencjach naukowych.

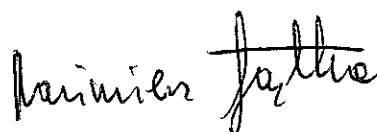
Na szczególne wyróżnienie zasługuje systematyczne wyznaczenie zależności uzyskanych parametrów doświadczalnych (to jest stałych sieci, temperatur Curie, współczynników magnetostrykcji) i teoretycznych (to jest wkładów do momentów magnetycznych od poszczególnych pasm do całkowitego momentu magnetycznego, energii rozszczepień etc.) od średniej liczby n elektronów $3d$ przypadających na atom metalu przejściowego dla poszczególnych układów międzymetalicznych. Analogicznie do wcześniej uzyskanych w Zespole Profesora Pszczoły rezultatów dla innych pokrewnych układów, wykazane silne zależności funkcyjne zmierzonych lub wyliczonych parametrów od liczby n , pokazały raz jeszcze, że liczba ta stanowi wygodny parametr opisujący właściwości strukturalne i magnetyczne badanych układów w pełni potwierdzając zasadność użycia takiej parametryzacji.

Do szczególnie wartościowych wyników recenzowanej pracy doktorskiej należy zaliczyć wyznaczenie zależności temperaturowych elektrycznej oporności $\rho(T)$ na podstawie której wyznaczone zostały przyczynki fononowe $\rho_f(T)$, magnetyczne $\rho_m(T)$ i wartości oporności resztkowej ρ_0 oraz oszacowanie z przebiegu $\rho_f(T)$ wartości temperatur Debey'a θ_D . Wyznaczone przebiegi $\rho_m(T)$ posłużyły w dalszym ciągu na oszacowanie wartości temperatur Curie T_C . Wykazano, że temperatury te w zależności od średniej liczby n elektronów $3d$ dla różnych serii związków międzymetalicznych tworzą replikę krzywej typu Slatera – Paulinga. Pokazano również, że tego typu krzywą tworzą w przybliżeniu ekstrapolowane wartości oporności magnetycznej w funkcji średniej liczby n elektronów $3d$ wyznaczona dla różnych serii związków międzymetalicznych. Wykonane pomiary magnetostrykcyjne pozwoliły określić parametry magnetostrykcji wzdłużnej i poprzecznej w funkcji natężenia przyłożonego zewnętrznego pola magnetycznego oraz korelacje wzajemne pomiędzy tymi parametrami.

Nie bez znaczenia pozostaje fakt, że ujawnione w pomiarach magnetostrykcji silne właściwości magnetostrykcyjne badanych w pracy materiałów mogą znaleźć różnorodne zastosowania praktyczne. Niewątpliwie, wymienione wyżej osiągnięcia pozwalają na bardziej dogłębne zrozumienia mechanizmów oddziaływań wymiennych w układach zawierających pierwiastki 4*f*- i 3*d*-elektronowe i dostarczają nowych informacji na temat magnetyzmu badanych w pracy systemów.

Jako recenzent nie mam właściwie poważnych uwag krytycznych do przedstawionej rozprawy doktorskiej poza uwagą dotyczącą użytej w abstrakcie i polskim streszczeniu terminologii, gdzie zamiast "*differential*" (str.11) powinno być raczej "*derivative*" i odpowiednio "*pochodna*" zamiast "*różniczka*" w polskim tłumaczeniu (str.13) a tak naprawdę chodzi o iloraz różnicowy poprawnie wyrażony w dalszej części pracy przez wielkość $\Delta\rho_m/\Delta T$. Byłbym tylko ciekaw na ile mogłyby się zmienić wyniki związane z wykorzystaniem zależności $\rho_f(T)$ (a więc wyniki na temperatury Debye'a) gdyby do jej opisu zastosowano uogólnioną postać funkcji Debye'a uwzględniającą efekty anharmoniczne i właściwą liczbę modów Einsteina.

Podsumowując, pragnę stwierdzić, że cel badawczy recenzowanej rozprawy został w pełni wykonany przynosząc wiele ważnych i nowych rezultatów, które poszerzyły naszą wiedzę o strukturze elektronowej i właściwościach magnetycznych badanych układów, a uzyskane wyniki stanowią cenny wkład w dziedzinę fizyki magnetyków i dlatego z pełnym przekonaniem mogę powiedzieć, że rozprawa ta całkowicie spełnia wszystkie wymogi obowiązującej ustawy o stopniach naukowych. W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie Pani mgr inż. Barbary Winiarskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Prof. dr hab. Kazimierz Łątka