

dr hab. Jakub Szlachetko, prof. UJ
p.o. Dyrektora
SOLARIS Narodowe Centrum Promieniowania Synchrotronowego
Uniwersytet Jagielloński
Czerwone Maki 98, 30-392 Kraków
mail: jakub.szlachetko@uj.edu.pl
tel: +48 12 664 40 84
kom: +48 668 438 812

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Krzysztofa Pitali pt: „Wysokorozdzielcza spektroskopia rentgenowska nanostrukturizowanych magnetycznych tlenków żelaza” przygotowanej pod kierunkiem dr hab. inż. Marcina Sikory.

Od ponad wieku, promieniowanie rentgenowskie wykorzystywane jest obszernie w badaniach materiałowych oraz w określaniu właściwości elektronowych i magnetycznych materiałów w skali nano. Penetracyjne właściwości promieniowania rentgenowskiego oraz selektywność pierwiastkowa pozwalają naukowcom na przeprowadzenie unikalnych projektów naukowych. Badania w obszarze nanostruktur magnetycznych pozwalają na rozwijanie nowych kierunków aplikacyjnych zwłaszcza w spintronice, nanotechnologii i biotechnologii. Chęć zrozumienia oraz możliwości manipulowania właściwościami magnetycznymi, takimi jak anizotropia magnetyczna, motywuje naukowców w ostatnich latach do prowadzenia coraz bardziej zaawansowanych badań z wykorzystaniem nowoczesnych źródeł promieniowania rentgenowskiego, takich jak synchrotrony czy lasery rentgenowskie z jednoczesnym zastosowaniem wysokorozdzielczych technik eksperymentalnych. Prowadzone badania pozwalają na poznanie nowych, nieznanych dotąd, właściwości magnetycznych materiałów nie tylko w zakresie strukturalnym ale także w skali atomowej i na poziomie lokalnej struktury elektronowej. Wyniki badań przedstawionych w pracy doktorskiej pana mgr inż. Krzysztofa Pitali w pełni wpisują się w opisany powyżej, a bardzo ważny trend rozwoju badań nano-strukturizowanych materiałów i ich właściwości magnetycznych.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska, której autorem jest pan mgr inż. Krzysztof Pitala, powstała na Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie pod kierunkiem dr hab. inż. Marcina Sikory. Praca opisuje wykorzystanie wysokorozdzielczych technik spektroskopowych do badań struktury elektronowej i właściwości magnetycznych tlenków żelaza w formie nanostruktur. Przeprowadzone w ramach pracy badania są unikatowe i połączone z jednoczesnym rozwojem metod pomiarowych które pozwalają na pomiary magnetyczne ultra małych struktur o wielkości dziesiątek nanometrów.

Stronę formalną pracy doktorskiej oceniam pozytywnie. Przedstawiona rozprawa jest napisana przejrzysto z odpowiednimi i wyczerpującymi odniesieniami do literatury. Należy podkreślić, że praca jest zwięzła i zawiera niezbędne informacje które są konieczne do zrozumienia wprowadzanych technik badawczych czy omawianego zakresu badań. Bardzo pozytywnie oceniam spójny i logiczny układ pracy. Pod względem edytorskim praca została przygotowana starannie a otrzymane wyniki zaprezentowane w przejrzysty sposób z wykorzystaniem czytelnych grafik i wykresów.

W pracy doktorskiej można wyróżnić kilka istotnych elementów które pozwalają na bardzo wysoką ocenę merytoryczną przeprowadzonych badań. Istotnym aspektem jest umiejętne wprowadzenie do badań kilku metod preparatyki i modyfikacji materiałów oraz połączenie różnych technik pomiarowych (jak SEM, TEM, VSM, HERFD/RIXS-XMCD) które pozwalają na kompleksowe poznanie właściwości badanych nanokompozytów i nanostruktur oraz poznanie korelacji poszczególnych właściwości strukturalnych, magnetycznych oraz lokalnej struktury elektronowej w zależności od metody preparatyki materiału. Wytworzone nanokompozyty za pomocą reaktywnego rozpylania magnetronowego wykazały możliwość wprowadzenia kontrolowanej anizotropii. Otrzymane wyniki zostały powiązane z charakterystyczną strukturalną budową wytworzonych nanokompozytów. W badaniach wykorzystano wysokorozdzielcze metody spektroskopii regnowskiej RIXS/HERFD-XMCD które posłużyły do określenia lokalnej struktury elektronowej oraz wyznaczenia struktury chemicznej i magnetycznej wytworzonych nanokompozytów. Prowadzone przez Autora badania nanokompozytów wytwarzanych metodą reaktywnego rozpylania magnetronowego zostały uzupełnione o element badań nanostruktur z magnetytu wytworzonych za pomocą litografii elektronowej. Podobnie jak w pierwszej części, w badaniach oprócz określenia właściwości magnetycznych wprowadzono metody mikroskopii elektronowej oraz wykorzystano eksperymenty synchrotronowe i analizę HERFD-XMCD w celu określenia zmian w stechiometrii, wpływu na strukturę elektronową oraz określenie zmian w uporządkowaniu magnetycznym w nanostrukturzowanym magnetycie. W pracy na szczególną uwagę zasługuje fakt że metody RIXS/HERFD-XMCD bardzo efektywnie zostały wykorzystane do badania wkładu magnetycznego w nanokompozytowych warstwach oraz nanostrukturach tlenków żelaza. Badanie te niewątpliwie stanowią istotny krok w dalszym rozwoju wysokorozdzielczych metod spektroskopowych.

Podsumowując ocenę merytoryczną, należy podkreślić nowatorski charakter otrzymanych wyników i zaznaczyć że przeprowadzone badania mają bardzo duży potencjał naukowy. Zaprezentowane wyniki w zakresie zwiększonej prostopadłej anizotropii magnetycznej są unikatowe i pozwalają na wprowadzenie w przyszłości materiałów o precyzyjnie kontrolowanych właściwościach spintronicznych, a w dalszym etapie budowę urządzeń o wysokowydajnych właściwościach. Potwierdzeniem wysokiej oceny merytorycznej jest publikacja naukowa bezpośrednio powiązana z pracą doktorską a której pan mgr. inż. Krzysztof Pitala jest pierwszym autorem. Praca została opublikowana w czasopiśmie Journal of Magnetism and Magnetic Materials (IF=2,7) które jest kluczowe w badaniach z zakresu

właściwości magnetycznych nano-modyfikowanych materiałów. W publikacji zawarta jest część wyników zaprezentowana w rozdziale 7.1 niniejszej pracy doktorskiej.

Przedstawiona rozprawa doktorska oraz osiągnięcia publikacyjne w pełni demonstrowują samodzielność Autora w prowadzeniu unikatowych badań naukowych oraz w rozwiązywaniu złożonych wyzwań badawczych wymagających odpowiedniego zaaplikowania i zaadoptowania innowacyjnych technik eksperymentalnych. Pan mgr inż. Krzysztof Pitala wykazał dobre opanowanie wiedzy teoretycznej z obszaru właściwości magnetycznych materiałów oraz zademonstrował bardzo dobrą znajomość fizycznych procesów i zjawisk koniecznych do opisu badań eksperymentalnych oraz przeprowadzenia zaawansowanej i specjalistycznej analizy danych. Bardzo pozytywnym elementem oceny pracy Autora jest umiejętność prowadzenia badań naukowych w zaawansowanym środowisku infrastrukturalnym, nie tylko laboratoryjnym ale także w dużych ośrodkach badawczych, takich jak synchrotron.

Podsumowując moją recenzję, stwierdzam że rozprawa doktorska pt. „Wysokorozdzielcza spektroskopia rentgenowska nanostrukturyzowanych magnetycznych tlenków żelaza” spełnia wymagania formalne stawiane rozprawom doktorskim. Rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Autora oraz wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych jak również stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Stwierdzam więc, że rozprawa w pełni spełnia warunki ustawowe dla rozpraw doktorskich i wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Krzysztofa Pitali do dalszych etapów przewodu doktorskiego, w tym do publicznej obrony pracy.

Stefan J.
Kraków 30.09.2023 r.