

- 2018/02/X/ST3/02465 [2018-2019] Optymalizacja pomiarów magnetycznych dla ultracienkich epitaksjalnych warstw metali ferromagnetycznych za pomocą magnetycznego dichroizmu kołowego (XMCD). – dr inż. K. Freindl

W ramach współpracy Instytutu Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera PAN z Narodowym Centrum Promieniowania Synchrotronowego SOLARIS użytkowana i rozwijana jest linia badawcza PEEM/XAS [1]. Stacja XAS umożliwia pomiary technikami opartymi na absorpcji promieniowania X (XAS – X-ray absorption spectroscopy) w obszarze miękkiego promieniowania X (150 eV – 1800 eV).

Wyjątkowe możliwości tych technik, wynikające z unikalnych właściwości promieniowania synchrotronowego, pozwalają na badanie struktury atomowej, elektronowej i magnetycznej z rozdzielczością pierwiastkową na poziomie pojedynczych warstw atomowych. Najbardziej spektakularne osiągnięcia technik opartych na XAS związane są z metodami wykorzystującymi spolaryzowane kołowo i liniowo promieniowanie synchrotronowe, a wśród nich metodę magnetycznego dichroizmu kołowego promieniowania X (XMCD – X-ray magnetic circular dichroism). Pomiary XMCD wykonuje się różnicowo dla dwóch różnych polaryzacji kołowych promieniowania synchrotronowego lub/i dla dwóch różnych kierunków namagnesowania próbki. Uzyskane informacje dotyczą bezpośrednio struktury magnetycznej i wielkości momentów magnetycznych (w rozbiciu na składowa spinową i orbitalną) na danym rodzaju atomów. Dany pierwiastek (a w szczególności także jego stan chemiczny) wybierany jest przez dostrojenie energii promieniowania X do odpowiedniej krawędzi absorpcji (dla pierwiastków grupy 3d jest to krawędź L).

Pomiary XMCD są wykonywane w kilku europejskich synchrotronach, natomiast unikalne możliwości stacji pomiarowej XAS w synchrotronie Solaris wynikają z połączenia preparatyki i charakterystyki technikami ultra wysokiej próżni (UHV – ultra high vacuum) z technikami synchrotronowymi.

Niniejszy projekt Miniatura stanowić ma badania wstępne do przyszłego planowanego przeze mnie większego projektu (np. typu Sonata) dotyczącego fundamentalnych aspektów magnetyzmu powierzchniowego i nanomagnetyzmu [2]: powierzchniowej modyfikacji momentów magnetycznych, a także stabilizacji długo-zasięgowego porządku magnetycznego w metalach, które w fazie litej tego porządku nie wykazują. Chodzi tu o monowarstwy metali 3d i 4d na dobrze zdefiniowanym podłożu ferromagnetycznym, czyli monokryształy Fe(001). W ten sposób uzyskamy trwały stan magnetyczny dla ultracienkich warstw Co, Cr, Ni, V, Pd. Dzięki selektywności chemicznej metod opartych na XAS, pomiary XMCD dostarczą informacji o właściwościach magnetycznych warstwy wierzchniej w funkcji jej grubości co pozwoli na rozstrzygnięcie kluczowych kwestii związanych z powierzchniowym wzmocnieniem magnetyzmu, udziałem efektów orbitalnych oraz źródeł powierzchniowej anizotropii magnetycznej. Dla realizacji zarysowanego powyżej projektu konieczne są badania wstępne i testowe dotyczące zarówno strony technologicznej otrzymywania warstw na monokryształy jak i metodyki pomiarów XMCD w Solaris, co będzie przedmiotem działania w projekcie Miniatura. Przygotowana będzie epitaksjalna warstwa Fe(001) o grubości rzędu 100 nm, która wykazywać będzie właściwości monokryształu. Technika wzrostu epitaksjalnego pozwala na uzyskanie niezwykle czystej i gładkiej powierzchni co bywa trudne w przypadku monokryształu ze względu na segregację zanieczyszczeń (S, C) do powierzchni. Przetestowany będzie zarówno epitaksjalny wzrost warstw Fe jak i odzyskiwanie czystej powierzchni po naniesieniu na niej cienkiego adsorbentu. W tym celu wykorzystywane będzie bombardowanie jonowe oraz metody stricte powierzchniowe pozwalające na badanie składu i struktury powierzchni (spektroskopia elektronów Auger'a - AES, dyfrakcja elektronów niskoenergetycznych - LEED) oraz XAS. Dla idealnej warstwy Fe

przeprowadzone zostaną pomiary XMCD mające na celu kalibrację właściwości promieniowania synchrotronowego na linii PEEM/XAS, a w szczególności stopnia polaryzacji. W tym celu (a także dla właściwych pomiarów XMCD na ultracienkich warstwach) wykorzystane będą pomiary w zewnętrznym polu magnetycznym. Zewnętrzne pole magnetyczne jest wymagane ze względu na konieczność wykonywania pomiarów XMCD dla określonego stanu namagnesowania próbki. Istotnym elementem projektu będzie charakterystyka skonstruowanego w naszym Instytucie i zainstalowanego w stacji pomiarowej elektromagnesu za pomocą precyzyjnych sond Hall'a. Podsumowując realizacja niniejszego projektu Miniatura powinna pozwolić opanować technologię otrzymywania cienkich warstw na monokryształach i odzyskiwania czystej powierzchni monokryształu, dokonać wyboru rodzaju i grubości cienkich warstw wykazujących trwały moment magnetyczny, a także wyznaczyć stopień polaryzacji promieniowania X na stacji XAS w synchrotronie Solaris.