

Streszczenie: Właściwości kolumnowych struktur magnetycznych kobaltu

Wytworzenie metalicznych nanostruktur o precyzyjnie dobranej geometrii i składzie jest jednym z ważniejszych wyzwań stojących przed nauką, ponieważ zarówno parametry geometryczne, jak i materiałowe odpowiadają za określone właściwości optyczne, elektryczne, mechaniczne, chemiczne oraz magnetyczne takich układów. Głównym celem niniejszej pracy doktorskiej było określenie strukturalnych, magnetycznych oraz magnetooporowych właściwości rzeźbionych warstw kobaltu (ang. sculptured thin films) uzyskanych metodą GLAD (ang. glancing angle deposition). Warstwy wytworzone za pomocą tej metody charakteryzują się bardzo silną anizotropią magnetyczną.

Proces nanoszenia odbywał się w warunkach ultrawysokiej próżni. Podłoże znajdowało się pod kątem 80° względem normalnej do podłoża, co prowadziło do formowania się pochyłych nanokolumn kobaltowych wzdłuż kierunku, z którego naparowywany był materiał ze źródła. Następnie, obracając podłoże o 180° wokół normalnej do podłoża, w stałych odstępach czasu, powstawał stos kolumn skierowanych naprzemiennie w dwie różne strony (ramiona struktur typu zygzaki).

Obrazy przekrojów poprzecznych, rzeźbionych cienkich warstw uzyskanych za pomocą skaningowej mikroskopii elektronowej (ang. scanning electron microscopy, SEM) wykazały istnienie nanostruktur takich jak: pochyłe i pionowe kolumny, zygzaki, z różną liczbą ramion, a także struktury segmentowe. Pomiary topografii powierzchni wykonane przy użyciu mikroskopii sił atomowych (ang. atomic force microscopy, AFM) ujawniły wysoką chropowatość badanych warstw, rzędu 10 nm.

Kątowa zależność pola koercji H_C oraz współczynnika M_R/M_S , będącego stosunkiem namagnesowania w remanencji do namagnesowania w nasyceniu, może dostarczyć informacji na temat odwracalnych procesów przemagnesowania. Dlatego też, w celu określenia dominujących procesów przemagnesowania oraz kierunku trudnego osi namagnesowania w rzeźbionych cienkich warstwach o różnej grubości oraz geometrii, wykonano pomiary przy użyciu magnetometru ze zmiennym gradientem pola (ang. alternating gradient magnetometer, AGM). Z pętli namagnesowania wyznaczono kątowe zależności H_C i M_R/M_S . Fakt, że kształt krzywej kątowej zależności

pola koercji nie pokrywa się z kształtem kątowej zależności współczynnika M_R/M_S , wskazuje na wirowy proces przemagnesowania, który opisany jest teoretycznym modelem Freia-Aharoniego. W pozostałych przypadkach dominuje jednorodny proces przemagnesowania opisany modelem Stonera-Wohlfartha.

Dzięki przeprowadzanym badaniom po raz pierwszy możliwe było zaobserwowanie współistnienia koherentnego i wirowego procesu przemagnesowania, gdzie dominującą rolę dla rzeźbionych cienkich warstw odgrywa wirowy proces przemagnesowania. Jednorodny proces przemagnesowania jest dominujący dla pseudociągłej warstwy kobaltu o grubości 10 nm. Dodatkowo, zaobserwowano przejścia pomiędzy jednorodnym a wirowym procesem przemagnesowania dla cienkich warstw kobaltowych zbudowanych z pochyłych kolumn o różnych grubościach. Jednorodny proces przemagnesowania zachodził w zakresie małych kątów, w pobliżu kierunku trudnego osi namagnesowania.

Dla warstw składających się ze struktur typu zygzaki o czterech i sześciu ramionach (każde o wysokości 60 nm), superpozycja dwóch pętli namagnesowania, o różnych wartościach H_C , wskazuje na obecność dwóch różnych „faz” magnetycznych. Pierwsza z pętli, o większej wartości H_C pochodzi od namagnesowania struktur typu zygzak, a druga, o mniejszej wartości H_C , pochodzi od namagnesowania pseudociągłej warstwy kobaltowej. W tych warstwach, dominującym procesem przemagnesowania był proces wirowy.

Ponadto, została wyznaczona amplituda kątowych zależności magnetooporu. Maksymalna wartość amplitudy magnetooporu dla rzeźbionych cienkich warstw, składających się nanokolumn oraz struktur typu zygzaki, wynosi odpowiednio 0,90% i 0,59%.

Na uwagę zasługuje fakt, iż rzeźbione cienkie warstwy, zbudowane ze struktur typu zygzaki, wykazują bardzo wysokie wartości pola koercji (ok. 4 kOe), które są znacznie wyższe niż te dla warstw składających się z pionowych kolumn o podobnych rozmiarach (ok. 1 kOe), a także pseudociągłej warstwy kobaltowej (ok. 0,02 kOe). Może mieć to istotne znaczenie, gdy rozpatrzy się aspekt aplikacyjny omawianych struktur, np. jako pseudo-zawory spinowe w czujnikach pola magnetycznego.