

Współczesne technologie pozwalają na wytwarzanie nowych materiałów z precyzją atomową o niespotykanych dotąd właściwościach. W niniejszym projekcie badane będą układy magnetyczne złożone z wielu warstw składowych, z których każda zbudowana jest jedynie z kilku warstw atomowych. W takich strukturach udział atomów tworzących granicę warstwy (interfejs) jest znaczny. Ponieważ właściwości magnetyczne atomów interfejsu różnią się od tych w środku warstwy ze względu odmienną symetrię otoczenia, tego typu struktura charakteryzuje się odmiennymi właściwościami niż materiał objętościowy. Jednym z istotniejszych osiągnięć badań nanostruktur jest uzyskanie prostopadłego namagnesowania, gdy grubość składowej warstwy magnetycznej maleje poniżej pewnej krytycznej wartości. Ponadto, w przypadku występowania sprzężenia (IC) pomiędzy warstwami magnetycznymi, można wytworzyć materiały będące syntetycznymi ferromagnetykami lub antyferromagnetykami o odpowiednio równoległym bądź antyrównoległym ułożeniu namagnesowania.

Podejmowane w tym projekcie badania mają na celu określenie wpływu parametrów, charakteryzujących wytwarzane struktury, na ich właściwości magnetyczne. Należą do nich: rodzaj warstw składowych, sekwencja ich ułożenia (skutkująca uformowaniem się określonych interfejsów), grubość warstw składowych. Jedną z podstawowych właściwości jest prostopadła anizotropia magnetyczna (PMA). Powoduje ona, że namagnesowanie warstwy jest prostopadłe do jej powierzchni. Cecha ta jest wykorzystana np. do zwiększenia gęstości zapisu informacji na magnetycznych dyskach twardej. Wielkość anizotropii odpowiada również za czasową trwałość tego zapisu oraz determinuje różne konfiguracje namagnesowania w materiale.

Od kilku lat intensywnie badane są nanostruktury, w których dodatkowy wpływ na właściwości magnetyczne wywiera kolejny czynnik, określany mianem oddziaływania Działoszyńskiego-Moriji (DMI). Oddziaływanie to powoduje, że namagnesowanie ulega ciągłemu skręceniu w przestrzeni próbki. Źródłem DMI jest specyficzne oddziaływanie pomiędzy atomami warstwy ferromagnetycznej, FM (np. Co lub Fe) z atomami sąsiadującej warstwy niemagnetycznej wykonanej z metali ciężkich, HM (np. Pt, Ir, W, Pd) poprzez wytworzony interfejs. Bardzo wyraźnie pojawia się ono w asymetrycznych strukturach warstwowych typu HM1/FM/HM2, które będą badane w tym projekcie. W wyniku kolektywnego wpływu PMA, DMI oraz IC, w badanych warstwach mogą powstawać zróżnicowane konfiguracje struktury magnetycznej, zmieniające się pod wpływem przyłożonego zewnętrznego pola magnetycznego. Wśród nich są skyrmiony – lokalne stabilne wiry namagnesowania o bardzo małych rozmiarach rzędu nanometrów – które obecnie są bardzo intensywnie badane.

Opisywane struktury są wytwarzane w specjalistycznych układach, w warunkach bardzo wysokiej próżni. Ich właściwości magnetyczne i konfiguracje namagnesowania będą badane zarówno w skali globalnej (tzn. w skali całej próbki), jak i lokalnie (obszarach submikronowych). Liczne techniki pomiarowe zastosowane do badań właściwości statycznych i dynamicznych tych materiałów wykorzystują zjawisko indukowania prądu elektrycznego (magnetometria), magnetyczne oddziaływania dipolowe (mikroskopia sił magnetycznych), oddziaływanie światła (techniki magnetoptyczne oraz nieelastyczne rozpraszanie Brillouina) lub przepływających elektronów (transmisyjna mikroskopia Lorentza), a także pochłanianie przez nie promieniowania synchrotronowego, wytwarzanego w akceleratorach. Wyniki eksperymentalne będą równolegle symulowane w obliczeniach teoretycznych. Porównanie uzyskanych rezultatów pozwoli na pełniejszą interpretację wyników prowadzonych badań oraz głębszy wgląd w fizyczną naturę analizowanych układów.

Proponowane badania mają na celu zrozumienie zjawisk magnetycznych pojawiających się na poziomie atomowym (nanomagnetyzm) w sztucznie wytworzonych materiałach. Realizowane są one na kilku stopniach złożoności – od pojedynczych „bloków” do bardziej złożonych układów zbudowanych z coraz większej ilości tych „bloków”. Dzięki takiemu podejściu możliwe będzie wytworzenie inteligentnych materiałów o z góry zdefiniowanych właściwościach. W obecnych czasach bardzo intensywnie rozwija się spintronika – nowa gałąź elektroniki – wykorzystująca nie tylko fakt, że elektron ma ładunek elektryczny, ale również spin. Powoduje on, że elektron zachowuje się jak magnes, którego ruch może być kontrolowany nie tylko poprzez przyłożone napięcie elektryczne, ale również przez zewnętrzne pole magnetyczne. W konsekwencji przepływ prądu może zależeć od konfiguracji namagnesowania próbki. Przepływający prąd może również modyfikować strukturę magnetyczną próbki. Bogactwo tych oddziaływań, kontrolowanych czynnikami zewnętrznymi powoduje, że nowe materiały mogą być wykorzystane do budowy urządzeń elektronicznych o niespotykanej dotąd funkcjonalności (np. rekonfigurowalne pole magnetyczne metamateriały – kryształy magnoniczne). Wspomniane wcześniej skyrmiony są traktowane jako stabilne obiekty (kwazicząstki) o dobrze określonych parametrach, które mogą być w kontrolowany sposób generowane, anihilowane lub przesuwane w przestrzeni próbki za pomocą płynącego prądu. Dlatego też badane są one intensywnie również pod kątem praktycznych zastosowań jako nośniki informacji magnetycznej lub medium w urządzeniach wykonujących operacje logiczne.