

Krzywizna jako nowy sposób regulacji właściwości magnetycznych nanostruktur

Sztucznie wytworzone krzywoliniowe nanoukłady magnetyczne mogą mieć różne formy, na przykład: helisy, płaskich spiral magnetycznych, nanopowłok czy cienkich warstw z zlokalizowanymi defektami krzywoliniowymi. Magnetyzm krzywoliniowy pokazuje nowy, potężny potencjał do kontroli właściwościami fizycznymi takich nanoukładów, właśnie poprzez zmianę ich krzywoliniowego kształtu. Parametry oddziaływań indukowanych geometrią i krzywizną mogą być łatwiejsze do przewidzenia i wprowadzenia w procesie wytwarzania, niż kontrola mikroskopowych wewnętrznych właściwości kryształów. To stwarza obiecujące warunki do szerokiego spektrum potencjalnych zastosowań, w szczególności w magnetoelektronice, sensoryce magnetycznej, spintronice, magnonice, mikrorobotyce, biofizyce i medycynie.

Chociaż już kilka prac eksperymentalnych potwierdza jakościowe wnioski wynikające z teorii ferromagnetyzmu krzywoliniowego, z których głównym sukcesem jest obserwacja przymocowania ściany domenowej na lokalnym zagięciu w zakrzywionym drucie ferromagnetycznym, związek między teorią a eksperymentem jest raczej słaby. Jest to zrozumiałe ze względu na trudności w eksperymentalnym badaniu efektów krzywoliniowych, ale przede wszystkim ze względu na ograniczenia i niedoskonałości aktualnie stosowanych teorii. Obecnie głównym ograniczeniem w teorii magnetyzmu krzywoliniowego jest brak uwzględnienia oddziaływań magnetoelastycznych i magnetostrykcji, które mogą odgrywać ważną rolę we właściwościach fizycznych magnesów o kształcie krzywoliniowym. Co więcej, taki zbadany eksperymentalnie i praktycznie ważny efekt, jak magnetorezystancja anizotropowa helis ferromagnetycznych, nie został jeszcze teoretycznie przeanalizowany.

W ramach tego projektu planujemy przeprowadzić kompleksowe badania krzywoliniowych układów magnetycznych z różnymi oddziaływaniami wymiennymi (ferromagnetycznym, antyferromagnetycznym, czy słabymi ferromagnetycznymi). Celem naszych badań jest zbadanie roli oddziaływań magnetoelastycznych i ferroelektrycznych na stabilność i dynamikę tekstur magnetycznych w zależności od krzywoliniowych kształtów takich układów magnetycznych. Planujemy połączyć metody analityczne z symulacjami mikromagnetycznymi i z eksperymentalną weryfikacją głównych wyników. Badania będą prowadzone we współpracy międzynarodowej, z grupami z Hiszpanii i Portugalii. Wierzymy, że nasze badania posłużą do zbudowania pomostów pomiędzy teorią, eksperymentem i praktycznym zastosowaniem krzywoliniowych materiałów magnetycznych oraz otworzą nowe kierunki badań w fizyce magnetyzmu, spintronice i magnonice.