

Technologie informatyczne (IT) są dzisiaj najważniejszym czynnikiem decydującym o postępie w takich dziedzinach, jak np.: automatyzacja, komunikacja, robotyka, obronność, medycyna. Postęp w zakresie urządzeń związanych z IT (komputery, pamięci operacyjne, pamięci masowe, układy logiczne....) uwarunkowany jest z jednej strony nowymi koncepcjami często wykorzystującymi nowo odkryte zjawiska fizyczne, z drugiej natomiast postępowaniem w zakresie technologii umożliwiającym wytworzenie nowych materiałów, które mogą zagwarantować realizację tych koncepcji.

Nasz projekt badawczy dotyczy szczegółowego zbadania grupy materiałów, które są ważne dla realizacji nowej, intensywnie rozwijanej koncepcji magnetycznych pamięci masowych i układów logicznych wykorzystujących skyrmiony. Skyrmiony to magnetyczne quasicząstki (topologiczne obiekty) wykazujące wirową strukturę spinów. Ich istotnymi zaletami są:

- możliwość uzyskania skyrmionów w strukturach cienkich warstw wytwarzanych metodami kompatybilnymi z technologią układów scalonych,
- małe rozmiary (dla określonych materiałów rzędu nanometrów) pozwalające uzyskać duże gęstości zapisu informacji,
- możliwość generowania, przemieszczania i detekcji metodami elektrycznymi.

Właściwości te stwarzają realną szansę na skonstruowanie pamięci masowych w postaci wąskich pasków utworzonych z cienkich warstw magnetycznych, w których skyrmiony będą przesuwane w wyniku przepływu prądu. W takim sekwencyjnym zapisie informacji obecność (brak) skyrmionu odpowiadać będzie logicznemu zeru (jedyńce). W ostatnich trzech latach ukazało się blisko 150 publikacji (ponad 30 w 2017 roku) dotyczących występowania skyrmionów w ferromagnetycznych (FM) warstwach umieszczonych pomiędzy warstwami metalu (M) lub izolatora (I). W pracach tych wykazano, że ważną cechą tych układów warstwowych jest oddziaływanie nazywane w fachowej literaturze oddziaływaniem Dzyaloshinskii-Moriya (DM), które faworyzuje niekolinearną konfigurację spinów zlokalizowanych na sąsiadujących ze sobą atomach warstwy FM. Dzięki temu ułatwione jest tworzenie wirowych struktur magnetycznych.

Oddziaływanie DM w układach warstwowych ma charakter powierzchniowy. Oznacza to, że w strukturach złożonych z ultracienkich warstw może odgrywać istotną rolę. Badając indukowaną prądem propagację skyrmionów stwierdzono, że ruch skyrmionów zachodzi nie tylko w kierunku płynącego prądu, ale ma również składową prostopadłą. W efekcie skyrmion porusza się po zakrzywionej trajektorii (podobnie jak podkręcona piłka). Z punktu widzenia zastosowań jest to efekt niekorzystny. W minionym roku ukazało się kilka teoretycznych prac wskazujących na to, że efekt ten można zniwelować zastępując pojedynczą warstwę FM, wykazującą oddziaływanie DM, układem dwóch takich warstw. Istotne jest przy tym to, by wykazywały one tzw. antyferromagnetyczne oddziaływanie. Oznacza to, że bez pola magnetycznego kierunku namagnesowania w sąsiadujących ze sobą warstwach FM są zorientowane względem siebie antyrównolegle.

We wspomnianych publikacjach autorzy zwracają szczególną uwagę na to, że w układach ultracienkich warstw złożonych z ferro- i nieferromagnetycznych subwarstw struktura magnetyczna uwarunkowana jest takimi czynnikami jak: anizotropia magnetyczna warstw FM, oddziaływanie pomiędzy warstwami FM, oddziaływanie DM. Niestety dotychczas brak systematycznych badań struktur warstwowych, w których, oprócz anizotropii magnetycznej, badany byłby wpływ zarówno oddziaływania wymiany jak i oddziaływania DM na proces przemagnesowania i strukturę magnetyczną. Celem przedkładanego projektu jest wypełnienie tej luki.

Realizacja tego zadania jest trudna zarówno od strony technologicznej, jak i pomiarowej. Struktury wielowarstwowe należy wytwarzać w warunkach ultrawysokiej próżni, a grubości warstw muszą być kontrolowane z precyzją porównywalną z rozmiarami atomów. Badania właściwości magnetycznych muszą być realizowane z wykorzystaniem metod gwarantujących niezwykłą czułość oraz rozdzielczość. Doskonale nadają się do tego metody magnetoptyczne wykorzystujące zmianę polaryzacji światła w wyniku oddziaływania światła z materiałem magnetycznym. Projekt będzie realizowany na Uniwersytecie w Białymstoku w Zakładzie Fizyki Magnetyków, który dysponuje najlepszym w Polsce wyposażeniem do magnetycznych pomiarów nanostruktur warstwowych.

Pomiary uzupełniające przeprowadzone będą w Leibniz Institute for Solid State and Materials Research Drezno, który jest światowym liderem w dziedzinie badań magnetycznych z wykorzystaniem metod magnetoptycznych. Struktury warstwowe przeznaczone do badań wytwarzane będą w Instytucie Fizyki Molekularnej PAN. Wieloletnie doświadczenie tych trzech zespołów oraz doskonale wyposażenie są gwarantem realizacji projektu.