

Rozwój nowych technologii bazujących na cienkowarstwowych materiałach ferromagnetycznych ma istotne znaczenie w wielu dziedzinach życia codziennego od telekomunikacji i technologii informatycznych po medycynę. W szczególności dotyczy to spintroniki, która bazuje na transporcie elektronów kontrolowanym poprzez ich ładunek i spin, oraz magnoniki wykorzystującej propagację fal spinowych (kolektywnej precesji momentów magnetycznych). Szybki rozwój tych dziedzin związany jest z tym, że uzyskane wyniki badań doprowadziły do szeregu już wdrożonych lub będących na etapie testowania zastosowań np. do przesyłania i przetwarzania informacji, w sensorach pola magnetycznego czy w urządzeniach logicznych. Burzliwy postęp w tych dziedzinach jest możliwy dzięki szeroko prowadzonym badaniom materiałowym. Spektakularnym przykładem jest wykazanie, że znane od lat 60-tych oddziaływanie Dzyaloshinski-Moriya (DM), jest przyczyną powstawania dotychczas nieznanymi struktur magnetycznych - skyrmionów. Są to obiekty o rozmiarach nanometrycznych wykazujące wirową konfigurację spinów z chiralnością określoną znakiem tego oddziaływania i ze względu na swoją stabilność i niewielkie rozmiary są obiecującym medium do przetwarzania i zapisu informacji o nieosiągalnych obecnie gęstościach przechowywania danych. Oddziaływanie DM powoduje również, że fale spinowe o tej samej długości lecz propagujące w przeciwnych kierunkach mają różną częstotliwości i dzięki temu możliwa jest kontrola emisji fali spinowej w pożądanym kierunku. Ze względu na wymienione zalety i szeroki wachlarz zastosowań oddziaływanie DM jest intensywnie badane w wielu renomowanych laboratoriach. Aktualnie szczególnie ważne wydaje się opracowanie metod umożliwiających propagację fal spinowych i skyrmionów wzdłuż określonych ścieżek. W tym zakresie pojawiły się pierwsze prace teoretyczne pokazujące, że pożądane efekty można osiągnąć poprzez lokalną modyfikację oddziaływania DM. Wykazano, że w tak zmodyfikowanych warstwach fale spinowe będzie można przesyłać w dowolnie ukształtowanych falowodach (kanałach transmisji fal), a w przypadku skyrmionów wyeliminowany zostanie efekt polegający na odchyleniu trajektorii, po której poruszają się one pod wpływem prądu. Wykazano również, że lokalna modyfikacja oddziaływania DM, uzyskana bez zmian topografii układu warstwowego, umożliwi kontrolę propagacji fal o ściśle określonych częstotliwościach. Wszystkie proponowane rozwiązania mają kluczowe znaczenie dla praktycznego wykorzystania układów warstwowych wykazujących oddziaływanie DM.

Dotychczas nie opracowano efektywnej metody pozwalającej na lokalną modyfikację oddziaływania DM. Wiedząc, że oddziaływanie DM w układach warstwowych ma charakter powierzchniowy możemy oczekiwać, że zmiany oddziaływania będą mogły być generowane poprzez zmiany mikrostruktury interfejsu pomiędzy warstwą ferromagnetyka i warstwami go otaczającymi. Korzystając z naszego wcześniejszego doświadczenia w zakresie modyfikacji struktury interfejsu poprzez bombardowanie jonowe oczekujemy, że technika ta pozwoli również na modyfikację oddziaływania DM. Dlatego celem naukowym tego projektu jest określenie mechanizmów pozwalających wyjaśnić wpływ bombardowania jonami na oddziaływanie DM. Ostatecznym celem jest lokalna modyfikacja oddziaływania DM poprzez zastosowanie skupionej wiązki jonów (FIB) lub bombardowanie jonami przez maski.

Na podstawie naszych wcześniejszych badań i doniesień literaturowych do badań wybrano magnetyczne układy warstwowe, które wykazują prostopadła anizotropię magnetyczną (bez zewnętrznego pola magnetycznego wektor namagnesowania skierowany jest prostopadle do powierzchni warstwy) i silne oddziaływanie DM oraz układy, w których tłumienie fal spinowych jest małe. Takie podejście zapewnia możliwość opracowania technologii wytwarzania nowych materiałów magnetycznych dla zastosowań w urządzeniach spintronicznych i magnonicznych, które zostaną zbadane w tym projekcie eksperymentalnie i teoretycznie (symulacje mikromagnetyczne). Te specjalistyczne metody obliczeniowe pozwolą nie tylko na bieżącą interpretację wyników eksperymentalnych, ale również na prognozowanie parametrów nowych materiałów co dodatkowo przyczyni się do odpowiedniego doboru materiałów w proponowanych do badań eksperymentalnych układach warstwowych.

Tematyka projektu jest zgodna z programem Krajowe Inteligentne Specjalizacje (Zaawansowane wielofunkcyjne inteligentne materiały nanostrukturalne do zastosowań w elektronice, optoelektronice, sensoryce, informatyce, fotonice oraz komunikacji i ich technologie) i leży w głównym nurcie badań materiałowych dotyczących cienkich warstw prowadzonych w wiodących ośrodkach naukowych na całym świecie.