

## Wykorzystanie efektów rezonansowych w ferromagnetycznych nanorezonatorach, w kierunku otrzymania magnonicznych metapowierzchni czasoprzestrzennych

Współczesne technologie przetwarzania i transmisji informacji są w większości oparte o elektronikę, tj. technologię wykorzystującą ładunki elektryczne jako nośniki informacji. Choć elektronika ma liczne zalety, jest również obciążona wieloma wadami, które poważnie ograniczają dalszy rozwój tej technologii. Do owych wad należą, m.in. limity związane z miniaturyzacją układów elektronicznych oraz wydzielanie ciepła Joula podczas przesyłania ładunków elektrycznych w przewodnikach. Dlatego też niezwykle istotny jest rozwój technologii alternatywnych do elektroniki, które mogłyby wesprzeć aktualnie wykorzystywane technologie lub nawet je zastąpić. Jedną ze współcześnie rozwijanych pod tym kątem dziedzin fizyki jest magnonika, czyli nauka o rozchodzeniu się fal spinowych.

Jedną z właściwości cząstek elementarnych podobnie jak masa, czy ładunek jest spin. Spin jest momentem pędu cząsteczki, który ma źródło w fizyce kwantowej i to spin właśnie jest odpowiedzialny za magnetyczne właściwości materii. W interesujących nas materiałach ferromagnetycznych spiny ustawiają się w taki sposób, że system jednocześnie osiąga stan o minimalnej energii, tj. osiąga stan równowagowy, i posiada wypadkowy niezerowy moment magnetyczny bez obecności zewnętrznego pola magnetycznego. Jeżeli jeden ze spinów w materiale magnetycznym zostanie wytrącony ze swojego położenia równowagi poprzez jakiś czynnik zewnętrzny (np. zmianę pola magnetycznego) zaczyna precesować wokół położenia równowagi. Jako że spiny oddziałują ze sobą, m.in. poprzez oddziaływania dipolowe i wymienne, jeden z precesujących spinów przekazuje swój ruch sąsiadującym spinom i w ten sposób powstaje propagujące się zaburzenie w materiale magnetycznym nazywane falą spinową.

Fale spinowe mają niezwykle właściwości, nieosiągalne przez fale elektromagnetyczne wykorzystywane w fotonice i szeroko pojętych technologiach mikrofalowych. Charakteryzują się one o wiele krótszymi długościami fal niż ich elektromagnetyczne odpowiedniki o tych samych częstotliwościach. Dodatkowo fale spinowe nie przenoszą ani ładunku, ani masy, dlatego też z przesyłem informacji przy wykorzystaniu fal spinowych związane jest znacząco mniejsze zapotrzebowanie na energię niż w przypadku wykorzystania ładunków elektrycznych. Fale spinowe, jak wszystkie fale, są opisywane przez te same wielkości jak amplitudę, długość fali, fazę. Dlatego też wykorzystanie fal spinowych w funkcjonalnych urządzeniach magnonicznych wiąże się więc m.in. z operowaniem ich parametrami podobnie jak w innych urządzeniach falowych.

W naszym projekcie skupimy się na zbadaniu efektów rezonansowych fal spinowych padających na magnoniczne interferometry typu Gires-Tournois. Interferometry te modulują fazę i amplitudę odbitych od nich fal, dlatego idealnie nadają się do manipulacji falami spinowymi. Nasze badania rozpoczniemy od opisanie odbicia fal spinowych od jednorodnie namagnesowanego interferometru. Następnie zbadamy zjawisko nieelastycznego rozproszenia fal spinowych na modach zlokalizowanych w jednorodnie namagnesowanym rezonatorze interferometru Gires-Tournois, które należy do grupy zjawisk nieliniowych. Kolejno, przejdziemy do badań nad niejednorodnie namagnesowanymi rezonatorami w formie naprzemiennie występujących domen magnetycznych o różnym kierunku namagnesowania i ich wpływem na propagowanie się fal spinowych w otoczeniu interferometru. W ostatniej fazie projektu zbierzemy całą otrzymaną wiedzę z poprzednich etapów pracy do zaprojektowania stabilnej magnonicznej metapowierzchni czasoprzestrzennej. Metapowierzchnia to komponent układu o wymiarach znacznie mniejszych od długości fal, który moduluje parametry fal w sposób ściśle zaplanowany przez człowieka. W tym projekcie proponujemy czasoprzestrzenną wersję magnonicznej metapowierzchni, która będzie charakteryzować się ciągłą zmianą kierunku namagnesowania zarówno w czasie, jak i przestrzeni. Finalnym celem tego projektu jest opisanie możliwości wykorzystania takiej metapowierzchni jako tekstury magnetycznej rezonatora w interferometrze, do modulowania parametrów fal spinowych odbitych od interferometru Gires-Tournois.

Nasz projekt stanowi pierwszy krok w stronę projektowania urządzeń magnonicznych nowego typu opartych na modulacji fal spinowych z wykorzystaniem efektu rezonansowego i czasoprzestrzennych metapowierzchni. Urządzenia te mogą stać się podstawą bardziej skomplikowanych systemów do transmisji i przetwarzania informacji, które będą odznaczać się znacząco mniejszą energochłonnością od obecnie wykorzystywanych systemów elektronicznych. Tym samym nasz projekt może przyczynić się do opracowania nowych technologii ograniczających zużycie energii w technologiach informatycznych.