

# Zaprojektowanie eksperymentalnie wykonalnego dwuwymiarowego kryształu magnonicznego do demonstracji topologicznie chronionych fal spinowych

Współczesne technologie przetwarzania i przesyłania informacji w dużej mierze opierają się na elektronice, wykorzystującej ładunki elektryczne jako nośniki informacji. Elektronika oferuje liczne korzyści, ale ma też istotne wady, które utrudniają dalszy rozwój technologiczny. Ograniczenia w miniaturyzacji obwodów i ciepło generowane podczas transmisji ładunków elektrycznych w przewodnikach to jedne z głównych wyzwań dla dzisiejszej elektroniki. Alternatywne technologie przetwarzania informacji, mogą uzupełnić lub potencjalnie zastąpić istniejące systemy elektroniczne. Magnonika wyłania się jako obiecująca dziedzina fizyki poświęcona badaniu propagacji fal spinowych, która dzięki wyjątkowym właściwościom fal spinowych, może pokonać obecne ograniczenia układów elektronicznych.

Spin, jedna z właściwości cząstek elementarnych obok masy i ładunku, odgrywa kluczową rolę we właściwościach magnetycznych materii. Wywodzący się z fizyki kwantowej spin reprezentuje pęd cząstki. W materiałach ferromagnetycznych spiny ustawiają się w sposób minimalizujący energię układu, co skutkuje stanem równowagi i niezerowym momentem magnetycznym nawet bez zewnętrznego pola magnetycznego. Jeśli jeden z spinów w materiale zostanie zakłócony z pozycji równowagi, na przykład przez zmianę pola magnetycznego, zaczyna on precesować wokół swojego pierwotnego stanu. Poprzez oddziaływania, takie jak oddziaływania dipolowe i oddziaływania wymiany, precesujący spin przenosi swój ruch na sąsiednie spiny, powodując rozchodzące się zaburzenie znane jako fala spinowa.

Fale spinowe wykazują unikalne właściwości, które odróżniają je od fal elektromagnetycznych wykorzystywanych w fotonice i szerszych technologiach mikrofalowych. Posiadają one znacznie krótsze fale w porównaniu do fal elektromagnetycznych o tych samych częstotliwościach. Co więcej, fale spinowe nie przenoszą ładunku ani masy, co skutkuje niższym zapotrzebowaniem na energię do przesyłania informacji w porównaniu z ładunkami elektrycznymi. Podobnie jak inne fale, fale spinowe można opisać w kategoriach amplitudy, długości fali i fazy. Wykorzystanie fal spinowych w urządzeniach magnonicznych wymaga opracowania efektywnych i energooszczędnych metod ich wzbudzenia, kontroli i detekcji, podobnie jak w przypadku innych urządzeń opartych na falach.

Nasz projekt skupi się na projektowaniu struktur magnonicznych w których zaobserwujemy topologicznie chronionych fal spinowych, które mają unikalne właściwości takie jak odporność na defekty strukturalne i selektywność kierunku propagacji. Jednym ze sposobów tworzenia tych specjalnych fal spinowych jest tworzenie dwuwymiarowych wzorów w cienkich warstwach ferromagnetycznych. Aby osiągnąć ten cel, najpierw opracujemy narzędzia do ich analizy, a następnie przyjrzymy się dwóm obiecującym kategoriom materiałów, które mogą wykazywać poszukiwane przez nas właściwości. Ostatecznym efektem realizacji naszego projektu będzie demonstracja i zbadanie właściwości topologicznie chronionych fale spinowe w zaprojektowanych przez nas strukturach.

Nasz projekt stanowi pierwszy krok w rozwoju nowych urządzeń magnonicznych, które wykorzystują topologicznie chronione fale spinowe. Urządzenia te mogą potencjalnie służyć jako elementy składowe zaawansowanych systemów transmisji i przetwarzania informacji, oferując znacznie niższe zużycie energii w porównaniu z istniejącymi systemami elektronicznymi. Mamy nadzieję, że efekty realizacji naszego projektu przyczynią się do rozwoju technologii mających na celu zmniejszenie zużycia energii w dziedzinie technologii informatycznych.