

POPULARNONAUKOWY OPIS BADAŃ PROWADZONYCH W RAMACH ROZPRAWY DOKTORSKEJ

(Należy podać cel planowanych badań, opisać jakie badania będą realizowane oraz podać powody podjęcia danej tematyki badawczej - maksymalnie jedna strona zdefiniowanego maszynopisu)

Uporządkowane momenty magnetyczne, po wytrąceniu ze stanu równowagi, np. poprzez przyłożenie pól radiowych o gigahercowych częstotliwościach, mogą wykonywać precesyjny ruch wokół kierunku statycznego pola magnetycznego. Zaburzenia te, ze względu na oddziaływania pomiędzy momentami magnetycznymi, mogą się rozchodzić w ośrodkach magnetycznych w postaci fal. Rozpatrywany przez nas rodzaj propagujących się, koherentnych, precesyjnych zaburzeń namagnesowania (momentów magnetycznych) określany jest mianem *fal spinowych*, które podobnie jak inne tego typu wzbudzenia (fale elektromagnetyczne, fale elastyczne) mogą przenosić energię i informację. Z tego też względu fale spinowe są podstawowym przedmiotem badań młodej, dynamicznie rozwijającej się dziedziny magnetyzmu, *magnoniki*, w której fale spinowe są traktowane jako potencjalny nośnik informacji. Głównymi atutami tej dziedziny w technologii przetwarzania i przesyłania sygnałów są: (i) łatwość wywołania efektów nieliniowych (koniecznych w wielu zadaniach związanych z przetwarzaniem sygnałów), (ii) anizotropia propagacji (odmienna propagacja w zależności od kąta) (iii) obecność efektów nieodwracalności biegu fali (odmienna propagacja w zależności od kierunku), umożliwiającą konstruowanie cyrkulatorów i izolatorów.

Na własności fal spinowych (szybkość i kierunek propagacji oraz stopień lokalizacji) można wpływać poprzez wprowadzenie strukturalizacji w materiale magnetycznym. Szczególnie interesujące są układy, w których struktura jest modulowana periodycznie lub kwaziperiodycznie. Wykazują się one dalekozasięgowym porządkiem, który może powodować występowanie tzw. przerw częstotliwościowych w widmie fal spinowych. Oznacza to, iż w układach tego rodzaju mogą istnieć zakresy częstotliwości zabronione dla propagacji fal spinowych. Fale spinowe o częstotliwościach z zakresu przerw częstotliwościowych lokalizują się na powierzchni struktury lub na innych defektach zaburzających periodyczny lub kwaziperiodyczny porządek. W układach kwaziperiodycznych obserwujemy ponadto, niezależnie od obecności powierzchni i innych defektów, fale spinowe silnie zlokalizowane we wnętrzu struktury. Lokalizacja ta wynika z hierarchiczności struktury kwaziperiodycznej, w której można wskazać szereg nierównoważnych obszarów, w których może koncentrować się fala spinowa. Własności tej nie posiada struktura periodyczna, która jest generowana poprzez powtórzenia komórki elementarnej. W układach magnonicznych obserwujemy wiele dodatkowych (niezwiązanych z kwazi(periodycznością)) mechanizmów lokalizacji, występujących w układach o ograniczonej geometrii (warstwy, druty) lub związanych z obecnością interfejsów w magnonicznych materiałach kompozytowych.

W pracy doktorskiej, realizowanej przy wsparciu projektu naukowego, podjęto badania dotyczące lokalizacji fal spinowych w planarnych kwaziperiodycznych strukturach magnonicznych. Badania mają głównie charakter teoretyczny. Ich celem jest określenie mechanizmów prowadzących do lokalizacji fal spinowych w magnetycznych nanostrukturach z dalekozasięgowym porządkiem oraz wskazanie struktur magnonicznych, w których lokalizacja fal spinowych może istotnie zmieniać się w zależności od częstotliwości tych fal. Badania teoretyczne i przeprowadzone symulacje zostaną zweryfikowane eksperymentalnie (w trakcie stażu zagranicznego), gdzie zostaną przeprowadzone badania lokalizacji fal spinowych w kwaziperiodycznie strukturalizowanym falowodzie magnonicznym. Prowadzone badania pozwolą określić możliwość zaprojektowania demultipleksera fal spinowych, którego rola polega na przekierowywaniu sygnału fali spinowej o określonej częstotliwości (podanej na wejście) do odpowiedniej lokalizacji (do określonego wyjścia).

W projekcie zaplanowano badania propagacji i lokalizacji fal spinowych w kwazikryształach planarnych (wytworzonych w warstwie magnetycznej). Testowane będą różne kwaziperiodyczne struktury pod kątem tego, które z nich dadzą lepsze możliwości aplikacyjne: układ pasków magnetycznych, struktury grzebieniowe, falowód/pasek magnetyczny z kwaziperiodycznym układem otworów i warstwy magnetyczne z otworami uporządkowanymi kwaziperiodycznie w dwóch wymiarach (tworzące parkietaż typu Penrose'a).

W badaniach teoretycznych/symulacyjnych stosuje się zaawansowane techniki numeryczne (metoda elementów skończonych, metoda różnic skończonych) i korzysta się ze specjalistycznych środowisk obliczeniowych (COMSOL Multiphysics i MuMax3) do badania dynamiki fal spinowych (opisanej równaniem Landaua-Lifszycyca). Badania eksperymentalne wykorzystują efekt oddziaływania fal spinowych z falą elektromagnetyczną. Będziemy stosować czułą metodę pomiarową o dużej rozdzielczości czasowej i przestrzennej (czasowo-rozdzielczą spektroskopię magnetoptycznego efektu Kerra).