

Masa, ładunek elektryczny i spin są fundamentalnymi właściwościami materii. Masa i ładunek są od setek lat wykorzystywane przez człowieka do transportu energii i informacji na duże odległości. O ile do przesyłania energii, najlepszy jest nośnik przenoszący dużą jej ilość, o tyle przesyłając informację, chcielibyśmy zrobić to jak najmniejszym kosztem. Aby przenieść informację na odległość jednego kilometra alfabetem Morse'a, lepiej wykorzystać drgania szyny uderzając w nią, niż rzucać na taką odległość jej kawałkami. Z zasady, drgania wymagają wykorzystania mniejszych energii od transportu (tych samych nośników).

Ładunek elektryczny jest nośnikiem wykorzystywanym w elektronice. Już od lat naukowcy pracują nad koncepcją zastąpienia ładunku elektrycznego spinem, ponieważ wprowadzenie spinu w ruch lub drgania, przynajmniej w teorii, wymaga dużo mniej energii. Transport spinu nazywany jest prądem spinowym, natomiast drganie spinu – falą spinową. W analogii do elektroniki, powstały gałęzie wiedzy zwane spintroniką (w odniesieniu do transportu spinów) i magnoniką (w odniesieniu do fal spinowych).

Fale spinowe propagują w materiałach ferromagnetycznych. Problemem fal spinowych jest fakt, że ich amplituda dość szybko zanika z odległością od źródła. Rozwiązaniem może być poszukiwanie nowych materiałów o niskim tłumieniu, lub znalezienie sposobów na wzmacnianie fal spinowych. Znane od ponad dwudziestu lat jest oddziaływanie fali spinowej z prądem spinowym, które może prowadzić do jej wzmacniania. Efektywne wytwarzanie prądów spinowych wciąż jest jednak dość dużym wyzwaniem, ponieważ zwykle otrzymuje się je z przepływu „zwykłego” (ładunkowego) prądu o dużym natężeniu przez materiał ferromagnetyczny.

Pierwszym celem tego projektu jest zbadanie, czy prąd spinowy można wytworzyć w warstwie metalu ferromagnetycznego za pomocą zmiennego, zewnętrznego pola elektrycznego, zamiast przepływu przez tą warstwę prądu elektrycznego. W praktyce, pole elektryczne wokół warstwy ferromagnetyka będziemy wytwarzać za pomocą kondensatora, przykładając napięcie na jego okładki. Okładki kondensatora będą odseparowane od metalu ferromagnetycznego warstwami izolatora. Przez warstwę ferromagnetyczną nie będzie więc płynął makroskopowy prąd elektryczny z zewnętrznego obwodu. Całość realizowana będzie w skali nanometrowej. Rozwijając i wykorzystując modele teoretyczne, zbadane zostaną przepływy ładunków i spinów w warstwie metalu indukowane zmiennym, zewnętrznym polem elektrycznym.

Drugim celem projektu jest zbadanie, jaki wpływ wytworzone w ten sposób prądy mają na falę spinową. Do realizacji tego celu wykorzystane zostaną modele teoretyczne opisujące dynamikę fal spinowych oraz wpływ prądów spinowych na tę dynamikę. Także odwrotnie, będziemy badać, jak dynamika fal spinowych wpływa na te prądy. W obliczeniach wykorzystywane będą parametry rzeczywistych materiałów i wymiary warstw, które możliwe są do wytworzenia oraz inne parametry, które można otrzymać w eksperymencie (np. wartość napięcia). Wszystko po to, aby jak najlepiej zaplanować układ do eksperymentalnej realizacji.

W głównej części eksperymentalnej wytworzone zostaną kondensatory z warstwą ferromagnetyczną w środku. Do okładek kondensatora będzie przykładane zmienne napięcie elektryczne. Za pomocą zewnętrznego, zmiennego pola magnetycznego bądź też dodatkowego prądu spinowego, spiny w warstwie zostaną pobudzone do rezonansowego drgania (rezonans ferromagnetyczny). Eksperyment ma na celu zbadanie, jaki wpływ napięcie elektryczne będzie miało na to rezonansowe drganie, w szczególności, czy i jak zmieni straty energii tego drgania. Eksperyment mający na celu zbadanie tego samego zjawiska, lecz bez rezonansowego pobudzania spinów do drgań, będzie przeprowadzony metodą niesprężystego rozpraszania światła (spektroskopia Brillouina). Projekt będzie prowadzony w ośrodku specjalizującym się w badaniach statycznych i dynamicznych właściwości cienkich warstw magnetycznych i przy współpracy z jednym z najlepszych ośrodków eksperymentalnych na świecie.