Разделы:

Введение:

Лит обзор:

- Спиновые волны(Определение, применение, приемущества при переносе информации – обзоры по магнонике, материалы в которых распростроняются спиновые волны: Железо Иттриевый Гранат, Ферромагнитные металлы и сплавы: Железо,Никель, Кобальт и сплавы на их основе: Пермолой, Кобальт-Железо-Бор)

1.1 Спиновые волны

В основе данной дипломной работы лежит такое физическое явление магнитоупорядоченных сред как спиновые волны.

1.1.1 Определение спиновых волн

Давно известно, что электрон обладает собственным моментом количества движения, которое не связано с перемещением электрона в пространстве, который назвали спином. Это квантовая величина, и её проекция на ось квантования может иметь только два значения: ħ/2 и -ħ/2, где , h – постоянная Планка. Обычно спины электронов в одном атоме полностью или почти полностью компенсируют друг друга, но есть вещества, в атомах которых имеются много неспаренных электронов, их называют магнетиками – вещества, имеющие незаполненные электронами внутренние оболочки. Атомы магнетиков имеют собственное магнитное поле, но их магнитные моменты направлены хаотично и компенсируют друг друга. Среди магнетиков различают такие вещества, в которых близко расположенные магнитные ионы взаимодействуют между собой так, что в результате стремятся ориентировать магнитные моменты параллельно друг другу, их называют ферромагнетиками. В обычных условиях соседние магнитные моменты в ферромагнетиках практически параллельны, но разделяются на домены, в которых различие существенно. Если ферромагнетик поместить в постоянное магнитное поле, то произойдет переориентация магнитных моментов ионов вещества в такое состояние, что все в итоге станут параллельны внешнему магнитному полю . В условии постоянного воздействия внешнего магнитного поля, к магнитному моменту отдельно взятого иона вещества применяется сила, удерживающая его в положении равновесия, и если немного отклонить от этого положения коротким воздействием магнитного поля с направленностью, не совпадающей с направлением , то он, как крутящийся волчок, ось вращения которого отклонена от вектора притяжения Земли, начнёт совершать прецессионное движение, как показано на рис. 1.1.

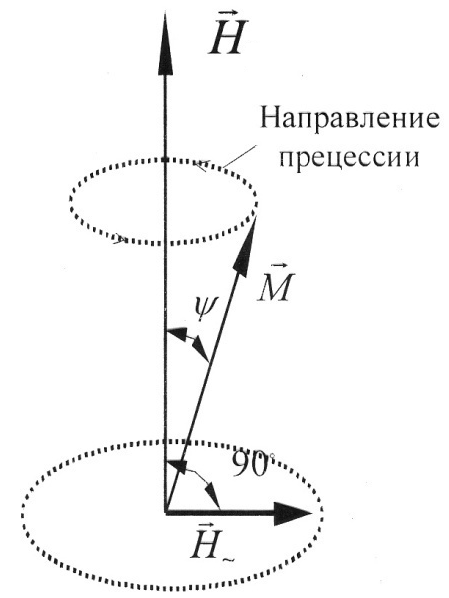


Рис. 1.1. Прецессия вектора намагниченности

Угол такой прецессии ψ постоянен, и не меняется со временем. Но в реальных условиях на , кроме внешнего магнитного поля воздействуют тепловое движение, постепенно уменьшающее угол прецессии до полного покоя, и магнитные моменты соседних ионов, которые, под действием прецессирующего так же начинают совершать прецессионное движение, передавая его энергию своим соседям и так далее, образуя так называемую спиновую волну, или СВ, о которой Ф. Блох впервые ввел определение в 1929 году, и характеризуются они волновыми векторами k и частотами ω. На рис. 1.2 схематично изображена спиновая волна с длиной волны ƛ.

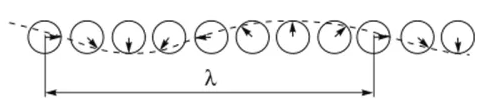


Рис. 1.2. Спиновая волна

Спектр частот у спиновых, или магнитостатических волн(МСВ) таков, что у него есть границы сверху и снизу. И важная особенность МСВ в том, что эти границы зависят от силы поля , то есть, при желании, можно регулировать область генерации магнитостатических волн, меняя поле . Это даёт большой простор для практического применения спиновых волн, например, такая особенность очень полезна для фильтров СВЧ частот.

Спиновым волнам свойственен корпускулярно-волновой дуализм, в разных случаях их можно рассматривать как волны и как частицы. Для описания спиновой волны как частицы используют специальную квазичастицу – магнон. Магноном в магнитоупорядоченном веществе можно считать отклонённые спины, растянутые по всему кристаллу. Используя формулу (1.1) можно вычислить энергию магнона.

(1.1)

А момент количества движения с помощью формулы (1.2)

(1.2)

Ещё одной важной характеристикой спиновой волны является её дисперсия, то есть зависимость от . Дисперсия вычисляется по формуле (1.3), и, как можно заметить, она сильно зависит от угла между намагниченностью материала и вектором распространения волны.

(1.3)

Характеристики и поведение спиновой волны зависит от силы внешнего магнитного поля, материала, в котором волна распространяется и от типа волны. Существует три типа спиновых волн: поверхностные магнитостатические волны(ПМСВ), обратные объёмные магнитостатические волны(ООМСВ) и прямые объёмные МСВ(ПОМСВ). Тип волны зависит от взаимных направлений векторов намагниченности материала и направления распространения спиновой волны. Основным отличием ПОМСВ от остальных двух типов волн является то, что свойства волны не меняются в зависимости от её направления. В данной работе подробно рассматриваются только поверхностные и обратно объёмные магнитостатические волны, а третий тип указан лишь для полноты картины.

1.1.2 Поверхностные магнитостатические волны

Характер спиновых волн сильно различается в зависимости от взаимного направления распространения волны и приложенного к образцу магнитного поля. Если рассматриваемый образец представляет из себя плёнку из ферромагнитного вещества, и внешнее магнитное поле приложено касательно этой плёнки, то есть поле лежит в её плоскости, и в нём каким-либо образом происходит генерация спиновой волны, распространяющаяся по направлению , перпендикулярному магнитному полю , она будет иметь иные свойства, чем волна, вектор распространения которой параллелен . Такая волна имеет название поверхностная магнитостатическая волна, или, как её часто называют, ПМСВ. Если посмотреть на распределение амплитуд в поперечном сечении плёнки, то заметим, что оно имеет не синусоидальную форму, и это является её главным отличием от остальных типов волн. Как показано на рисунке 1.3, распределение амплитуд поверхностной МСВ таково, что волна локализирована в основном у одной из поверхностей тонкой плёнки, по этой причине их называют поверхностными.

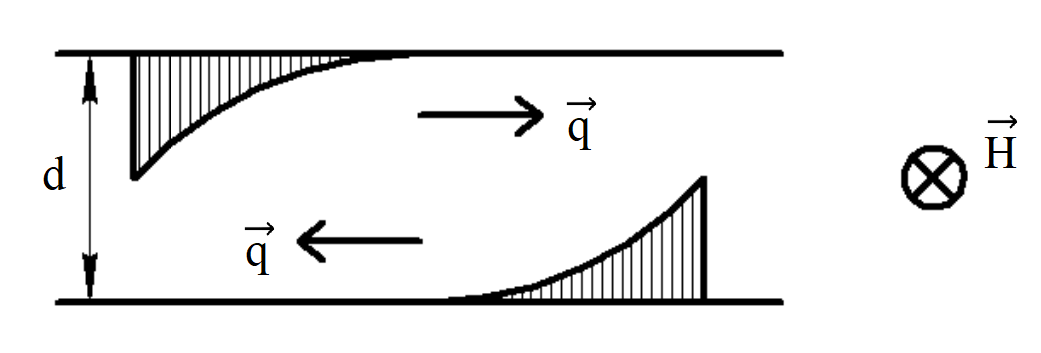


Рис 1.3. Распределение амплитуд ПМСВ в образце шириной d, направлением волны и направлением намагниченности плёнки

Дисперсионные характеристики для этого типа волны отображены на рис. 1.4

Поверхностные Магнитостатические Волны(Дисперсионные характеристики, распределение амплитуд)

1.2 Применение

Область науки, которая относится к переносу и обработке информации спиновыми волнами известна как магноника. Это название относится к магнону – спин-волновому кванту, связанному с переворотом одного спина. Использование магнонных подходов в области спинтроники, до сих пор имевших дело с электронно-переносимыми спиновыми токами, породило зарождающееся поле магнонной спинтроники. В магнонной спинтронике, кроме элементов на основе магнонов, работающих с аналоговыми и цифровыми данными, используют также преобразователи между подсистемой магнонов и электронно-переносимыми спиновыми и зарядными токами. Эти преобразователи соединяют магнонические схемы со спинтронными и электронными средами

Сочетание богатого выбора линейных спин-волновых свойств и сильно выраженные нелинейные эффекты делают спин-волновые системы интересной средой для изучения общей волновой динамики и в перспективе спиновая электроника имеет широкий спектр технологических применений.

В настоящее время спиновые волны рассматриваются как потенциальные носители информации для вычислительных устройств, так как они имеют нанометровую длину волны, они могут находиться в диапазоне низких терагерцовых частот, обеспечивать передачу спиновой информации на макроскопические расстояния без выделения тепловой энергии и давать доступ к волновым вычислительным концепциям.

Информация в спинтронных системах кодируется спинами электронов, а не зарядами, как в обычной электронике. Спинами можно манипулировать без движения заряженных частиц, преодолевая важное фундаментальное ограничение традиционной электроники: потребление энергии, которое линейно масштабируется с увеличением числа отдельных обрабатывающих элементов. Это технологическое возможность придает новый импульс изучению фундаментальных свойств спиновых волн.

Поверхностные Магнитостатические Волны(Дисперсионные характеристики, распределение амплитуд)

Обратные Объемные Волны(то же самое)

Методы возбуждения спиновых волн(Индукционные преобразователи – антенны: коаксиальные, микрополосковые линии…;, оптический метод, метод наноосцилляторов)

Перспективы направления:

Приборы, основанные на интерференции спиновых волн имеют возможность за очень короткое время обрабатывать информацию, обработка которой программно с помощью ЭВМ многократно дольше. Например, распознавание визуальных или звуковых образов. Используя это свойство, ученые из Института Радиотехники и Электроники Саратовского отделения РАН с коллегами из Университета Калифорнии разработали и протестировали экспериментальное магнонное голографическое устройство, которое может распознавать звуковые и визуальные образы. Принцип этого прибора основан на интерференции спиновых волн, входные данные кодируются фазами спиновых волн, а выходным данным соответствует амплитуда индуктивного напряжения, создаваемого интерферирующими спиновыми волнами на антенне, детектирующей спиновые волны. Распознавание шаблонов реализуется через поиск закономерностей и нахождении повторяющихся данных. Прибор имеет 8 контактов, каждый из которых может использоваться как для ввода данных, так и для вывода информации. Каждый набор вводных данных образует уникальную интерференционную картину на выходе, и обработка информации занимает столько времени, сколько требуется волне для прохождения через прибор, то есть примерно 100 ∙ 10-9 секунд. Ключевой особенностью этого устройства является то, что все 8 портов могут функционировать параллельно.

Конструкторская часть(Программирование):

Технологическая часть(Описание образцов):

Измерительная часть(Процесс измерений):

Полученные результаты и их обсуждение

Выводы на их основе

Экология:

Безопасность: