

*Дроздовский А.В., Никитин А.А., Семенов А.А.,
Устинов А.Б., Новиков А.И., Афанасьев С.А.
Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ»*

Динамический мультиферроидный магنونный кристалл

Представлены результаты первого экспериментального исследования особенностей распространения электромагнитно-спиновых волн в слоистой феррит-сегнетоэлектрической структуре с периодически изменяемым волновым сопротивлением. Периодичность волнораспространяющих свойств достигалась за счет приложения пространственно-периодического электрического поля к сегнетоэлектрическому слою. Продемонстрировано, что возможно электрически управлять существованием запрещенных зон в такой структуре.

Ключевые слова: электромагнитно-спиновые волны, периодические структуры, управляемые структуры.

Пространственно-периодические структуры (или как их еще называют – “магنونные кристаллы” (МК) [1]), изготовленные из высококачественных монокристаллических пленок железо-иттриевого граната (ЖИГ), могут найти применение при разработке устройств спин-волновой электроники, предназначенных для обработки СВЧ-сигналов. Такие структуры обладают рядом преимуществ, таких как перестраиваемая дисперсионная характеристика и относительно небольшие потери на распространение сигнала (менее 30 дБ/мкс). В таких средах на дисперсионной характеристике на частотах брэгговского резонанса существуют разрывы, а передаточная характеристика представляет собой чередование разрешенных и запрещенных зон. В последних распространение спиновых волн невозможно.

Относительно недавно появились публикации, посвященные исследованию распространения электромагнитно-спиновых волн внутри пространственно-периодических слоистых структур (см. [2] и ссылки в ней). Подобно магنونным кристаллам, внутри спектра электромагнитно-спиновых волн таких структур существуют запрещенные зоны. По аналогии с магنونными кристаллами, такие структуры получили название мультиферроидных магنونных кристаллов.

До сих пор все исследования проводились на статических магنونных кристаллах, в которых периодичность волнораспространяющих свойств и, как следствие, наличие запрещенных зон оставались неизменными. В данной работе представлены первые экспериментальные результаты, посвященные исследованию динамического магنونного кристалла – структуры, в которой существованием запрещенной зоны можно управлять за счет приложения электрического поля.

Слоистая структура состояла из нескольких слоев (см. рис. 1): ферромагнитной пленки 1, сегнетоэлектрической пластины 2, периодического 3 и сплошного 5 тонкого металлического электродов. Электрод 3, расположенный между пластинами феррита и сегнетоэлектрика представлял собой решетку тонких (прозрачных для электромагнитной волны) металлических полосок. Период структуры составлял 750 мкм при ширине полосок металла 60 мкм. Конструкция макета обеспечивала существование 10 периодов магنونного

кристалла. В качестве феррита использовалась монокристаллическая пленка железо-иттриевого граната (ЖИГ) с толщиной 13.1 мкм и намагниченностью насыщения 1750 Гс. В качестве сегнетоэлектрика была использована пластина титаната бария-стронция с толщиной 1 мм и диэлектрической проницаемостью 1200. Управляющее напряжение прикладывалось с двух сторон сегнетоэлектрической пластины так, как это показано на рис. 1.

Для возбуждения и приема спиновых волн был использован макет линии задержки с микрополосковыми антеннами 4. Ширина антенн и расстояние между ними составляли 50 мкм и 11,5 мм, соответственно. Экспериментальный макет был помещен между полюсами электромагнита, в однородное постоянное магнитное поле напряженностью 1891 Э. Поле было направлено в плоскости пленки вдоль антенн спиновых волн. Таким образом, данная ситуация соответствовала случаю распространения поверхностных спиновых волн в пленке феррита.

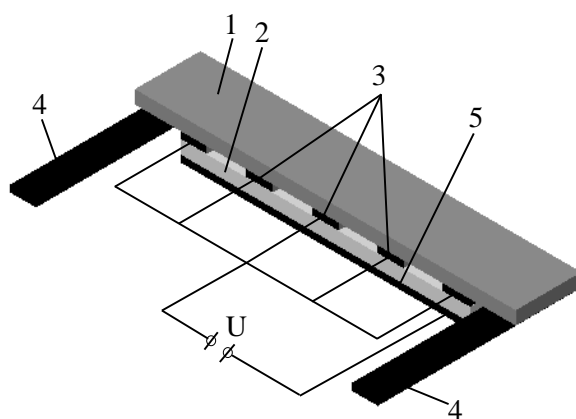


Рис. 1. Схематическое изображение динамического магнетонного кристалла

Пример типичной передаточной характеристики для описанной выше конструкции приведен на рис. 2. Полученные результаты приведены для двух значений управляющего напряжения: для нуля и 1900 В. Из рисунка видно, что в отсутствии приложенного напряжения такая структура являлась пространственно-однородной с точки зрения распространения электромагнитно-спиновой волны. В этом случае полосы заграждения в спектре волн не наблюдались. В присутствии приложенного электрического поля области сегнетоэлектрика, расположенные между периодическим и сплошным электродами, меняли свою диэлектрическую проницаемость, и структура становилась пространственно-неоднородной. В этом случае происходило увеличение вносимых структурой потерь в низкочастотной области спектра, где гибридизация электромагнитной и спиновой волн наиболее эффективная. Кроме того, в спектре отчетливо наблюдалось возникновение полосы заграждения на частоте первого брэгговского резонанса.

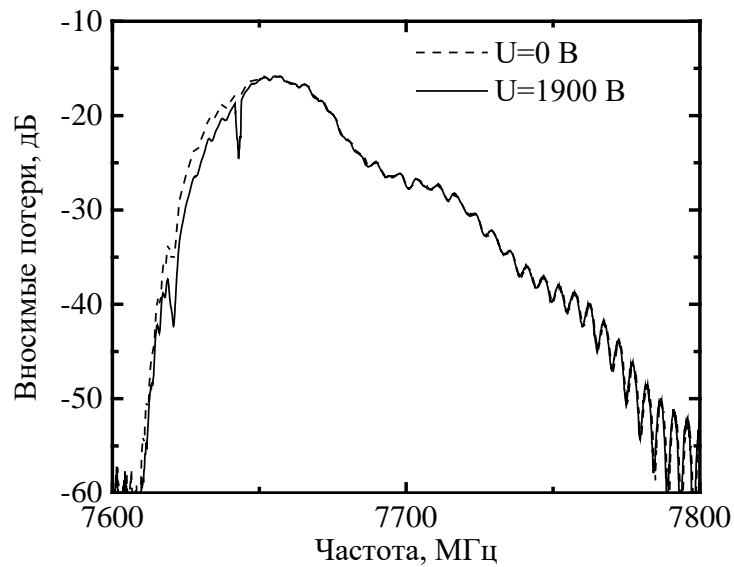


Рис. 2. Структурная схема лабораторной установки.

Таким образом, продемонстрирована возможность эффективного электрического управления запрещенными зонами мультиферроидного магнетонного кристалла, лежащими на частотах сильной дисперсии электромагнитно-спиновых волн. На основе подобных структур возможна реализация различных функций обработки СВЧ сигналов, например, таких, как обращение волнового фронта, управляемая фильтрация и др.

Библиографический список

1. Nikitov S.A., Tailhades Ph, Tsai C.S., Spin waves in periodic structures – magnonic crystals; J. Of Magnetism and magnetic materials, 2001, V. 236, P. 320-330.
2. Устинова И. А., Никитин А. А., Устинов А. Б. Динамический магнетонный кристалл на основе феррит-сегнеэлектрической слоистой структуры; Журнал технической физики, 2016, Т. 86, №. 3 С. 155-158.