

Электрическое управление дисперсионными характеристиками гибридных волн в структуре магнетонный кристалл–сегнетоэлектрик–магнетонный кристалл

О. В. Матвеев,* М. А. Морозова

Саратовский государственный университет, факультет нелинейных процессов, кафедра нелинейной физики
Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Построена математическая модель для исследования дисперсионных характеристик гибридных волн в композитной мультиферроидной структуре, состоящей из двух магнетонных кристаллов, разделенных сегнетоэлектрической пластиной. Показана возможность электрического управления характеристиками запрещенных зон для волн в СВЧ–диапазоне.

PACS: 05.45.Yv, 41.20.Jb, 75.30.Ds, 75.70.Cn

УДК: 537.622, 537.86

Ключевые слова: магнетонные кристаллы, мультиферроники, гибридные электромагнитно–спиновые волны.

В последние годы большое внимание уделяется исследованию композитных мультиферроидных материалов, представляющих собой многослойную структуру из сегнетоэлектрических и ферромагнитных слоев. Электромагнитные волны (ЭМВ), распространяющиеся в сегнетоэлектрической пластине, оказываются сильно замедленными, что может привести к выполнению условия фазового синхронизма с магнитоэлектрической волной (МЭВ) в ферромагнитной пленке (ФП), при этом возникают гибридные электромагнитно–спиновые волны (ГЭМСВ) [1,2]. Использование слоев, периодических в направлении распространения ГЭМСВ, например, магнетонных кристаллов (МК) приводит к формированию запрещенных зон в области первого брэгговского резонанса и возможность управления дисперсионными характеристиками с помощью внешнего электрического и магнитного поля в структуре МК–СЭ [3,4].

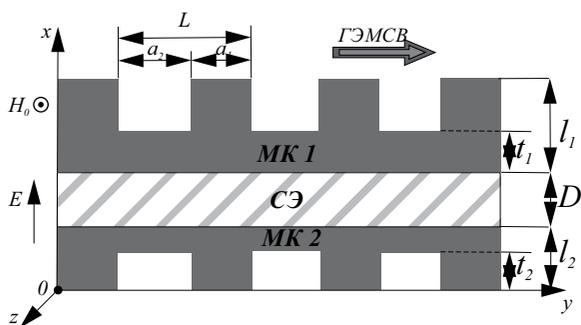


Рис. 1: Схема структуры МК–СЭ–МК.

Данная работа посвящена исследованию структуры МК–СЭ–МК в случае касательной намагниченности (вдоль оси z) магнетонных кристаллов. При таком направлении намагниченности в магнетонных кристаллах распространяются поверхностные МЭВ. Каждый магнетонный кристалл представляет собой ФП с намагниченностью насыщения M_0 , на поверхно-

сти которой нанесены неоднородности в виде системы канавок с периодом L . Структура состоит из двух МК (рис. 1), исходная толщина пленок $l_{1,2}$, глубины канавок $\Delta l_{1,2} = l_{1,2} - t_{1,2}$, ширина канавок $a_2 = L - a_1$. МК разделены слоем сегнетоэлектрика D . К слою сегнетоэлектрика приложено электрическое поле напряженности E , посредством которого возможно изменение диэлектрической проницаемости сегнетоэлектрика.

На рис. 2а приведены дисперсионные характеристики ГЭМСВ (сплошные кривые). Также на рис. 2а приведены дисперсионные характеристики следующих типов волн:

- прямая и встречная ЭМВ в СЭ в отсутствие связи между этими волнами (пунктирные линии на рис. 2а);
- прямые и встречные МЭВ в ФП1 и ФП2 (штриховые линии) в отсутствие связи между этими волнами на рис. 2а.

В точках пересечения дисперсионных кривых волн в изолированных слоях будет выполняться условие фазового синхронизма. При пересечении прямых волн в точках С, D происходит гибридизация волн (расщепление дисперсионных кривых), при пересечении прямых и встречных волн в точках А, В, Е, F, G происходит образование запрещенных зон. Причем возможно управление положением и шириной запрещенных зон внешним электрическим (при изменении диэлектрической проницаемости образца СЭ), что показано на рис. 2б.

Таким образом, в работе показано, что в мультиферроидной структуре магнетонный кристалл–сегнетоэлектрик–магнетонный кристалл при условии фазового синхронизма МЭВ и ЭМВ имеет место гибридизация данных волн, таким образом, возможно электрическое управление спектральными характеристиками волн в СВЧ–диапазоне. Последнее свойство окажется полезным для миниатюризации устройств обработки СВЧ–сигналов на основе ферромагнитных материалов.

*E-mail: olvmatveev@gmail.com

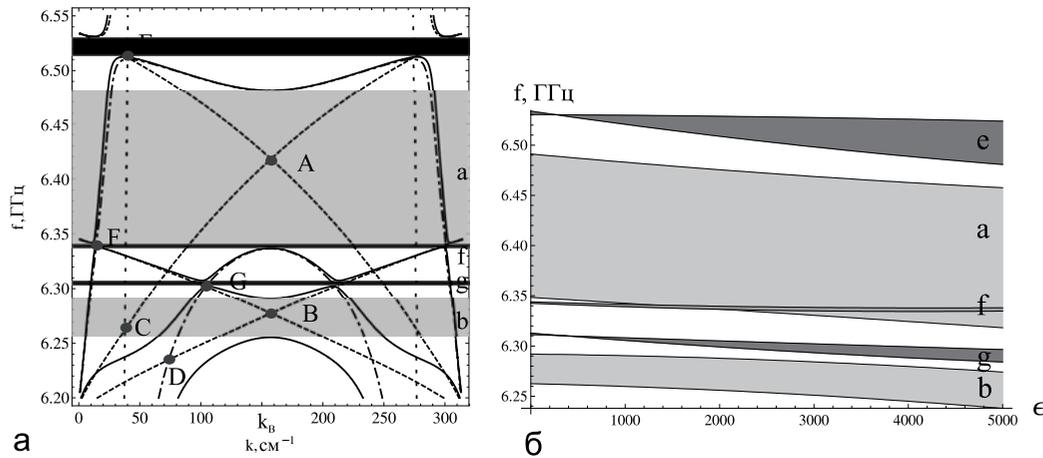


Рис. 2: (а) Дисперсионные характеристики ГЭМСВ в структуре МК–СЭ–МК (сплошные кривые), ЭМВ в слое СЭ (пунктирные кривые), поверхностных МСВ в структуре ФП–ФП (штриховые кривые) (б) Зависимость положения и ширины запрещенных зон от ϵ при $H_0 = 1500$ Э.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 13-07-12409-офи-м, № 15-07-05901-а).

[1] Анфиногенов В. Б. и др. РЭ. **34**, № 3. С. 494. (1989).
 [2] Никитин Ал. А. и др. Материалы III Всероссийской научно-технической конференции «Электроника и микроэлектроника СВЧ». С. 466. (Санкт-Петербург, 2–5 июня 2014).

[3] Морозова М. А., Шараевский Ю. П., Никитов С. А. РЭ. **59**, № 5, С. 510. (2014).
 [4] Устинов А. Б., Калиникоз Б. А. ПЖТФ. **40**, № 13. С. 58. (2014).

Electrical dispersion control of hybrid waves in structure magnonic crystal–ferroelectric–magnonic crystal

O. V. Matveev^a, M. A. Morozova

Department of Nonlinear Physics, Faculty of Nonlinear Processes, Saratov State University, Saratov 410012, Russia
 E-mail: ^aolvmatveev@gmail.com

A mathematical model for investigation of dispersion of hybrid spin-electromagnetic waves in multiferroic heterostructure of two magnonic crystals separated by ferroelectric slab is derived. Possibility of electrical control of band gap's characteristics in microwave range is demonstrated

PACS: 05.45.Yv, 41.20.Jb, 75.30.Ds, 75.70.Cn

Keywords: magnonic crystals, multiferroic heterostructures, hybrid spin-electromagnetic waves.

Received 27.07.2015.

Сведения об авторах

1. Морозова Мария Александровна — канд. физ.-мат. наук, доцент.
2. Матвеев Олег Валерьевич — аспирант; e-mail: olvmatveev@gmail.com.