

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

## **Динамический мультиферроидный магنونный кристалл**

*Представлены результаты экспериментального исследования динамического мультиферроидного магنونного кристалла. Продемонстрировано, что создание периодического электрического поля в слоистой феррит-сегнетоэлектрической структуре приводит к формированию полос заграждения в спектре феррит-сегнетоэлектрических спиновых волн.*

**Ключевые слова:** Нелинейные диэлектрики, мультиферроники.

В настоящее время возрос научный интерес к исследованию СВЧ свойств магنونных кристаллов (МК) [1]. Магنونные кристаллы могут быть использованы в качестве основы для создания новейших устройств для обработки сигнала непосредственно на СВЧ [2]. Главной особенностью спектра магنونных кристаллов является присутствие полос заграждения, которые появляются за счет Брэгговского резонанса. Известно, что свойствами полос заграждения МК можно управлять при помощи как магнитных, так и электрических полей [3].

В данной работе впервые сообщается об экспериментальном исследовании динамического магنونного кристалла (ДМК), управляемого напряжением. Подобный динамический кристалл позволяет постепенно формировать полосы заграждения путем увеличения приложенного напряжения. Экспериментальная структура состояла из пленки железо-иттриевого граната (ЖИГ) толщиной 13 мкм и сегнетоэлектрической пластины толщиной 1 мм, прикрепленных друг к другу. Для того, чтобы обеспечить требуемую периодичность свойств, на разных сторонах сегнетоэлектрической пластины были сформированы сплошной и периодический электрически прозрачные металлические электроды. Пластина была размещена на пленке ЖИГ периодическими электродами по направлению к ЖИГ. Используемая керамическая сегнетоэлектрическая пластина титаната бария-стронция (БСТ) состава  $Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$  находилась в параэлектрической фазе и обладала высокой диэлектрической проницаемостью (около 1200).

В исследования использовалась структура типа линия задержки. Спиновые волны возбуждались и принимались посредством короткозамкнутых входных и выходных микрополосковых антенн [1]. Экспериментальный ДМК помещался между полюсами электромагнита с однородным магнитным полем. Магнитное поле было направлено в плоскости динамического магنونного кристалла вдоль антенн. Для создания электрического поля прикладывалось напряжение к электродам. Для проведения измерений использовался векторный анализатор цепей.

Экспериментальные исследования проводились для различных значений полей подмагничивания и напряжений. Эффективная гибридизация электромагнитных и спиновых волн наблюдалось при величине напряжённости магнитного поля  $H$  свыше 2000 Э. В этом случае в слоистой периодической феррит-сегнетоэлектрической структуре

распространялись гибридные электромагно-спиновые волны. Было обнаружено, что дисперсионные свойства скрещённых волн могут контролироваться в широком диапазоне. Например, при приложении напряжения 1800 В и магнитном поле  $H = 2500$  Э наблюдалось формирование полос заграждения в волновом спектре ДМК. Потери внутри главной полосы заграждения, измеренные по отношению к уровню изначально плоской амплитудно-частотной характеристики, равнялись 8 дБ.

Работа поддержана Российским Научным Фондом (грант 14-12-01296).

#### Библиографический список

1. A. V. Chumak, V. S. Tiberkevich, A. D. Karenowska, A. A. Serga, J. F. Gregg, A. N. Slavin, & B. Hillebrands, All-linear time reversal by a dynamic artificial crystal, *Nature communications*, 2010, vol. 1, p. 141
2. A. A. Serga, A. V. Chumak, & B. Hillebrands, YIG magnonics. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 2010, vol. 43(26), p. 264002.
3. A. V. Drozdovskii, A. A. Nikitin, A. B. Ustinov, & B. A. Kalinikos, Theoretical analysis of microwave properties of ferrite-ferroelectric magnonic crystals, *Technical Physics*, 2014, vol. 59(7), pp. 1032-1035.