

Исследование мультиферроидных композитов в СВЧ диапазоне

М.А. Мишнёв¹, А.В. Еськов¹, А.С. Анохин², И.Л. Мыльников¹

¹Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

²Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО

Аннотация: изготовлены мультиферроидные композиты феррита кобальта-титаната бария методом твердофазного синтеза. Проведены измерения передаточных характеристик микрополоскового резонатора, с прилегающим керамическим образцом, в магнитном поле. Полученные характеристики показали отклик исследуемых материалов на магнитное поле в СВЧ диапазоне.

Ключевые слова: керамика, мультиферроики, композитные материалы, магнитоэлектрический эффект

1. Введение

Композиционные материалы, содержащие пьезоэлектрическую (сегнетоэлектрическую) и пьезомагнитную (ферритную) фазы, обладают магнитоэлектрическим эффектом (МЭ) [1]. Магнитоэлектрический эффект представляет собой изменение намагниченности, вызванное электрическим полем, а также изменение электрической поляризации, вызванное магнитным полем. Благодаря своим нелинейным свойствам, данные структуры привлекательны для различных технологических приложений, таких как датчики, фильтры и носители памяти [2–4]. Кроме этого, в последние годы наблюдается интерес к мультиферроикам в качестве материалов для применения в СВЧ электронике. Стоит отметить, что большинство известных «природных» мультиферроиков по своим свойствам непригодно для использования в СВЧ диапазоне. В связи с этим разработка новых мультиферроидных композитов является актуальным направлением.

2. Подготовка образцов

В настоящей работе рассмотрены объемные композиты феррита кобальта - титаната бария $((1-x)\text{CoFe}_2\text{O}_4/x\text{BaTiO}_3, \text{CFO/ВТО})$. Керамические образцы были изготовлены методом высокотемпературного твердофазного синтеза. Сводные параметры образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры образцов

Наименование	Структура	Температура синтеза, °С	h , мм	s , мм ²
CFO	CoFe_2O_4	1200 °С	0.53	101
CFO70/ВТО30	$0.7\text{CoFe}_2\text{O}_4/0.3\text{BaTiO}_3$	1200 °С	0.51	103
CFO50/ВТО50	$0.5\text{CoFe}_2\text{O}_4/0.5\text{BaTiO}_3$	1200 °С	0.52	102

Для измерений характеристик в СВЧ диапазоне использовался микрополосковый полосовой фильтр с частотой согласования 2.4 ГГц. Керамический композит в форме диска помещался на фильтр, перпендикулярно которому прикладывалось магнитное поле при помощи электромагнита. Для измерения S-параметров фильтра использовался векторный анализатор цепей «Обзор–804/1». Влияние магнитного поля

на амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) материалов, а также сдвиг резонансной частоты от напряженности поля представлены на рисунке 1.

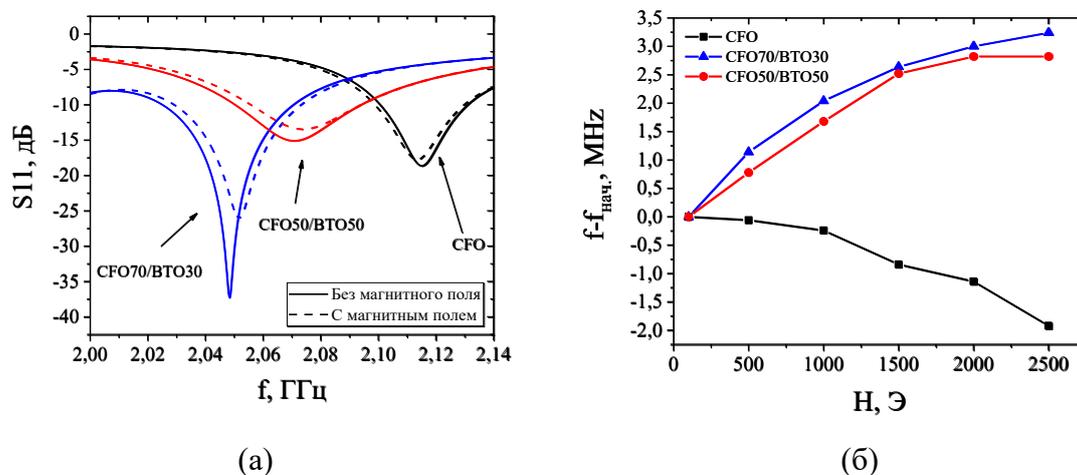


Рисунок 1. (а) АЧХ исследуемых материалов с и без магнитного поля. (б) Нормированный сдвиг резонансной частоты от напряженности магнитного поля.

3. Заключение

Для исследуемых объемных образцов проведены измерения коэффициента отражения от частоты $S_{11}(f)$ при различных напряженностях магнитного поля. Сравнение полученных АЧХ показало, что при увеличении напряженности магнитного поля у CFO наблюдается сдвиг резонансного пика вниз по частоте, а у композитов CFO/BTO вверх по частоте. Данное отличие может говорить нам о наличии перекрестных эффектов в композитных материалах в СВЧ диапазоне.

Список литературы

1. Van Suchtelen J. Product properties: a new application of composite materials //Phillips Research Reports. – 1972. – Т. 27. – С. 28-37.
2. Wang Y. et al. An extremely low equivalent magnetic noise magnetoelectric sensor //Advanced material. – 2011. – Т. 23. – №. 35. – С. 4111.
3. Jahns R. et al. Microelectromechanical magnetic field sensor based on ΔE effect //Applied Physics Letters. – 2014. – Т. 105. – №. 5.
4. Dong S. et al. Multimodal system for harvesting magnetic and mechanical energy //Applied Physics Letters. – 2008. – Т. 93. – №. 10.