

Сведения о выполненных работах и полученных научных результатах  
в период с 01.07.2024 г. по 30.06.2025 г.

по проекту «**Разработка и исследование свойств радиопоглощения в  
микроволновом диапазоне частот многослойных композиционных структур  
"гексаферрит / полимер"»,**  
поддержанному Российским научным фондом

Соглашение № 24-79-00048

Руководитель: канд. техн. наук Вагнер Дмитрий Викторович

За отчетный период проведены следующие работы:

1) Разработаны технологические условия синтеза гексаферритов M-типа ( $\text{SrCo}_x\text{Ti}_x\text{Fe}_{12-2x}\text{O}_{19}$ ,  $0,5 \leq x \leq 1,0$ ), Y-типа ( $\text{Ba}_2\text{Ni}_{2-x}\text{Cu}_x\text{Fe}_{12}\text{O}_{22}$ ,  $0,4 \leq x \leq 1,2$ ), W-типа ( $\text{BaCo}_{2-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_{16}\text{O}_{27}$ ,  $0,8 \leq x \leq 1,4$ ) и Z-типа ( $\text{Ba}_3\text{Co}_{1,5+x}\text{Ti}_x\text{Fe}_{24,5-2x}\text{O}_{41}$ ,  $0,0 \leq x \leq 0,8$ ). Синтез проводили по керамической технологии. Все гексаферриты имели содержание целевой фазы более 90 об. %;

2) Установлено влияние замещения ионов  $\text{Ni}^{2+}$  диамагнитными ионами  $\text{Cu}^{2+}$  в системе гексаферритов Y-типа  $\text{Ba}_2\text{Ni}_{2-x}\text{Cu}_x\text{Fe}_{12}\text{O}_{22}$ , ионов  $\text{Fe}^{3+}$  комплексом ионов ( $\text{Co}^{2+}\text{Ti}^{4+}$ ) в системе гексаферритов  $\text{SrCo}_x\text{Ti}_x\text{Fe}_{12-2x}\text{O}_{19}$ , ионов  $\text{Co}^{2+}$  ионами  $\text{Zn}^{2+}$  в системе гексаферритов W-типа  $\text{BaCo}_{2-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_{16}\text{O}_{27}$  на значения поля магнитокристаллической анизотропии, удельной намагниченности насыщения и температуры Кюри;

3) Установлено влияние замещения ионов  $\text{Fe}^{3+}$  комплексом ионов  $\text{Co}^{2+}\text{Ti}^{4+}$  в системе гексаферритов Z-типа  $\text{Ba}_3\text{Co}_{1,5+x}\text{Ti}_x\text{Fe}_{24,5-x}\text{O}_{41}$  на значение температур спин-ориентационных фазовых переходов. Определено, что при  $x = 0,7$  наблюдается максимальный диапазон температур, при котором магнитокристаллическая анизотропия имеет тип плоскости легкого намагничивания;

4) Разработаны поглощающие композиты на основе гексаферритов  $\text{Ba}_2\text{Ni}_{2-x}\text{Cu}_x\text{Fe}_{12}\text{O}_{22}$  ( $x = 0,4; 0,8; 1,0$  и  $1,2$ ) и  $\text{Ba}_3\text{Co}_{2,2}\text{Ti}_{0,7}\text{Fe}_{23,1}\text{O}_{41}$ . Исследованы частотные зависимости магнитной и диэлектрической проницаемостей в диапазоне частот от 20 МГц до 18 ГГц. Получены новые научные знания о частотных зависимостях магнитной проницаемости от химического состава гексаферритов, конкретно, от диамагнитного разбавления простых составов гексаферритов;

5) Определено влияние внешних магнитных полей во время полимеризации композитов, изготавливаемых методом магнитного текстурования на электромагнитные характеристики. Магнитное текстурование позволяет увеличить значение магнитной проницаемости в  $\sim 1,5$  раза. За счет создания в композитах многослойной структуры и проявления эффекта Максвелла-Вагнера происходит увеличение значений диэлектрической проницаемости;

6) Проведена оценка радиопоглощающих свойств разработанных композитов в диапазоне сверхвысоких частот. Определена зависимость коэффициента отражения

радиопоглощающих композитов от магнитной текстуры, химического состава наполнителя и толщины композита. Создавая в композитах магнитную структуру, изменяя состав наполнителя и толщину можно управлять полосой поглощения в широком диапазоне частот;

7) Результаты работы представлены на всероссийских конференциях и опубликованы в журналах *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* и *Известия вузов. Физика*.