

Утверждаю
Проректор по научной работе и
инновациям ВФУ им. И. Канта
М.В. Демин



01.06.2021

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Дарвиша Мустафы Адела Абделаиза Элсайеда «Структурные, магнитные и электродинамические характеристики функциональных магнитных материалов на основе замещенных гексаферритов М-типа», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – Физика полупроводников

Актуальность исследований, проведенных в диссертационной работе

Комплексные исследования функциональных материалов для объяснения природы наблюдаемых в них явлений с учетом перспектив их практического использования, являются необходимыми условиями для решения материаловедческих задач в области разработки новых типов магнитных полупроводников. На основании данных литературного обзора и анализа международных наукометрических баз (Scopus, Web of Science) можно сделать вывод, что сложные оксиды железа, синтезируемые в виде ферритовой керамики, представляют собой один из наиболее широко используемых видов магнитных материалов. Среди них особо выделяются гексагональные ферриты М-типа, являющиеся одним из наиболее распространенных и активно исследуемых типов гексаферритов. Магнитное упорядочение в них обусловлено косвенным обменным взаимодействием между катионами железа через анионы кислорода. Сильная зависимость структурных параметров, магнитных, электрических, электродинамических свойств гексагональных ферритов М-типа от их химического состава (особенно при замещении ионов железа диамагнитными ионами с отличающимися конфигурациями электронных оболочек) обуславливает пристальное внимание многих научных

групп к исследованию возможности управления функциональными характеристиками материала в широких пределах.

Перспективность выбранного направления исследований подтверждается значительным ростом количества публикаций по ферритовой тематике в престижных международных журналах. Следует отдельно отметить, что наибольшее количество статей выходят в высокорейтинговых журналах из числа «ТОП-25%» и «ТОП-50%» мирового рейтинга по таким направлениям, как Materials Science; Composites and Ceramics; Electronic, Optical and Magnetic Materials; Material Chemistry. Это связано в первую очередь с тем, что контролируемое изменение свойств гексаферритов М-типа открывает широкие перспективы для практических применений во многих областях науки и техники. Гексаферриты более 50 лет активно используются в качестве постоянных магнитов, сред для записи и хранения магнитной информации с перпендикулярным принципом действия, а также в устройствах СВЧ-радиоэлектроники. В последнее время гексаферриты и композиционные материалы на их основе рассматриваются как перспективные материалы для антенных приложений и в качестве радиопоглощающих сред.

В связи с вышеизложенным тема диссертационной работы, посвященная комплексным исследованиям влияния замещения ионов железа на свойства гексаферрита бария и разработке композиционных материалов на его основе, является весьма актуальной.

Основные проблемы, рассмотренные в диссертационной работе

В работе рассмотрены три основные научные проблемы, представляющие интерес как с научной, так и с практической точек зрения.

Во-первых, в работе представлены результаты исследования влияния химического состава (частичное гетеровалентное замещение ионов Fe^{3+} ионами Sn^{4+} и Zr^{4+}) на особенности фазообразования, структурных параметров, магнитных и электродинамических свойств в системах твердых

растворов $\text{BaFe}_{12-x}\text{Sn}_x\text{O}_{19}$ и $\text{BaFe}_{12-x}\text{Zr}_x\text{O}_{19}$ при $0,1 \leq x \leq 1,2$. Соискателем установлены концентрационные диапазоны однофазного состояния, идентифицированы примесные фазы и представлено объяснение природы фазовой неоднородности в условиях гетеровалентного замещения. Одним из основных методов изменения магнитных и электродинамических характеристик в ферритах является замещение ионов железа. Большинство опубликованных статей описывают или изовалентное замещение, или гетеровалентное бинарное замещение (с тем, чтобы не нарушать зарядовое состояние Fe^{3+}). В представленной работе приводятся важные результаты, которые не только подтверждают актуальность данной научной проблемы, но и рассматривают возможности управления свойствами материала при чисто гетеровалентных типах замещений.

Во-вторых, установлена взаимосвязь между концентрацией порошкообразного наполнителя (Al-замещенный гексаферрит бария $\text{BaFe}_{11,7}\text{Al}_{0,3}\text{O}_{19}$) в полимерной матрице (ПВДФ), магнитными и электродинамическими параметрами композиционных материалов типа «ГФ/ПВДФ». На основании полученных результатов исследования электродинамических характеристик в СВЧ-диапазоне была проведена оценка антенных характеристик (коэффициент усиления, эффективность излучения и диаграмма направленности) полученных композиционных материалов.

В-третьих, в диссертации продемонстрировано значительное влияние углеродного наноразмерного производного (эксфолиированный графит – ЭГ) на магнитные и электродинамические свойства композиционных материалов типа «ГФ/ПВДФ» с фиксированной концентрацией магнитного наполнителя и варьируемой концентрацией ЭГ.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость результатов диссертационной работы заключается в:

- идентификации примесного фазообразования при гетеровалентном замещении в системе твердых растворов $\text{BaFe}_{12-x}\text{Sn}_x\text{O}_{19}$ и $\text{BaFe}_{12-x}\text{Zr}_x\text{O}_{19}$, $0,1 \leq x \leq 1,2$, а также установлении пределов однофазного состояния;

- установлении взаимосвязи между структурными параметрами (параметры элементарной ячейки, микроструктура), типом иона-заместителя и уровнем замещения для $\text{BaFe}_{12-x}\text{Sn}_x\text{O}_{19}$ и $\text{BaFe}_{12-x}\text{Zr}_x\text{O}_{19}$ при $0,1 \leq x \leq 1,2$;

- объяснении природы микроволнового поглощения в системе твердых растворов $\text{BaFe}_{12-x}\text{Sn}_x\text{O}_{19}$ и $\text{BaFe}_{12-x}\text{Zr}_x\text{O}_{19}$, $0,1 \leq x \leq 1,2$ в диапазоне частот 700 МГц – 6 ГГц;

- установлении влияния концентрации порошкообразного ферритового наполнителя $\text{BaFe}_{11,7}\text{Al}_{0,3}\text{O}_{19}$ в ПВДФ и добавок ЭГ на электродинамические характеристики исследованных композиционных материалов;

Практическая значимость обусловлена возможностью использования материалов на основе замещенных гексагональных ферритов М-типа в антенных применениях (за счет более высоких показателей коэффициента усиления, эффективности излучения и равномерности диаграммы направленности при использовании композита типа «ГФ/ПВДФ» по сравнению с FR4) и для разработки сред с эффективным поглощением СВЧ-излучения.

Достоверность полученных результатов

Достоверность выводов и положений, представленных в диссертационной работе, подтверждается тем, что они были сделаны на основе всестороннего комплексного анализа экспериментальных результатов, которые в свою очередь были получены с использованием высокотехнологичного, современного оборудования и научно-обоснованных методов анализа. Положения, выводы, практические рекомендации,

представленные в диссертации, полностью аргументированы, базируются на фундаментальных представлениях физики твердого тела и материаловедения.

Выводы обоснованы, так как сделаны на основе анализа достоверных экспериментальных данных и являются их логическим следствием, не выходящим за рамки современных представлений о структуре, магнитных свойствах и электродинамических характеристиках ферритов. Результаты диссертации опубликованы в высокорейтинговых научных журналах, что свидетельствует о том, что редакционная коллегия и международное сообщество экспертов признает полученные результаты, как научно обоснованные и достоверные.

Замечания по работе

- В главе 1 (Аналитический обзор литературы) содержится всесторонняя информация, необходимая для анализа экспериментальных результатов. Детально описаны кристаллическая структура различных типов ферритов, особенности магнитных свойств, результаты исследования композиционных материалов. В первой главе содержится 10 разделов (от 1.1 до 1.10). Однако было бы целесообразно разделить имеющийся материал на 3-4 раздела в соответствии с тематикой, а в них разделить материал на подпункты для более четкого понимания и логичного структурирования информации. Следует также отметить избыточность материала, представленного в литобзоре, — вполне можно было бы опустить некоторую общеизвестную информацию.

- В главе 2 метод синтеза замещенных гексаферритов назван как «термический». Более правильно данный метод называть «метод твердофазных реакций».

- В материалах диссертации отсутствуют сведения о чистоте исходных компонентов. Констатация того, что сырье было «высокочистым» — не вполне корректно отражает степень чистоты. Существуют четкие общепринятые обозначения степени чистоты исходных компонентов (ХЧ, ОСЧ и т.п.).

- В главе 2 при описании методики измерения магнитных (стр. 49) свойств указано «...вплоть до максимальных значений полей (2 Тл)», однако из данных рисунка 3.10 следует, что измерения проводились в диапазоне полей до 5 Тл.

- Описание роли типа и ионного радиуса замещающего компонента в свойствах синтезированных материалов имеет лишь качественное представление, что ограничивает использование установленных закономерностей в предсказании свойств новых близких по составу материалов.

- На полевых зависимостях удельной намагниченности по оси абсцисс представлена величина внешнего магнитного поля, выраженная в единицах «Тл», однако следует учитывать, что это единица магнитной индукции, обозначаемая обычно символом B , а не напряженности магнитного поля H , как указано на этой оси. Это тем более странно, поскольку соискатель в таблицах основных магнитных характеристик при описании коэрцитивной силы использует корректную размерность для напряженности магнитного поля (кО).

Приведенные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общей высокой положительной оценки диссертационной работы.

Заключение

Диссертационная работа Дарвиша Мустафы Адел Абделаиз Элсайеда «Структурные, магнитные и электродинамические характеристики функциональных магнитных материалов на основе замещенных гексаферритов М-типа» выполнена на высоком экспериментальном и теоретическом уровне, полученные результаты являются новыми, имеют научную и практическую значимость, а их достоверность не вызывает сомнений. Это позволяет утверждать, что все задачи исследования выполнены, цель работы достигнута, а положения, выносимые на защиту, экспериментально доказаны.

Диссертационная работа «Структурные, магнитные и электродинамические характеристики функциональных магнитных материалов на основе замещенных гексаферритов М-типа», представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, является логичной и законченной научной работой и соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете "МИСиС".

Совсематель, Дарвиш Мустафа Адел Абделаиз Элсайд заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – Физика полупроводников.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден на заседании «11.05.2021» 2021 г., протокол № 4/21 заседания Учёного совета Института физико-математических наук и информационных технологий.

