

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ им. Н.С. КУРНАКОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИОНХ РАН)

119991, г. Москва, Ленинский проспект, 31. Тел. (495) 952-0787, факс (495) 954-1279, E-mail: info@igic.ras.ru

№ _____

на № 5623-400 от 03.10.2018

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИОНХ РАН

Иванов Владимир Константинович

Д. х. н., член-корреспондент РАН


«25» декабря 2018 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Салема Мохамеда Мостафа Элшиштави
**Функциональные магнитные материалы на основе сложных оксидов с
управляемыми электрофизическими характеристиками,**

представленную на соискание учёной степени кандидата физико-
математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного
состояния».

Актуальность темы исследований

Диссертационная работа Салема Мохамеда Мостафа Элшиштави посвящена исследованию новых типов магнитоэлектрических функциональных материалов с управляемыми свойствами. Синтез новых функциональных материалов,

исследования их свойств и интерпретация природы эффектов, наблюдаемых в данных объектах, крайне необходимы для развития фундаментальных основ современного физического материаловедения. Это позволит развить методы моделирования и создания новых материалов для практических применений. Материалы с управляемыми электромагнитными свойствами являются особым классом функциональных материалов, при этом особый интерес представляет возможность изменения электрических (магнитных) свойств посредством воздействия магнитных (электрических) полей. Разработка данного класса материалов на сегодняшний день является крайне актуальной задачей. Они могут широко использоваться на практике в таких областях, как магнитосенсорика, новые «умные» конструкционные материалы, материалы для СВЧ-устройств, композиционные материалы для обеспечения электромагнитной совместимости и поглощения электромагнитного излучения, материалы для устройств записи и хранения информации с двойным принципом управления (магнитным и электрическим полями).

Основные проблемы, рассмотренные в диссертационной работе

В качестве объектов исследований были использованы керамические образцы твердых растворов гексаферрита бария М-типа - $\text{BaFe}_{12-x}\text{Al}_x\text{O}_{19}$ ($x \leq 1,2$); керамические композиционные материалы на основе сегнетоэлектрической (BaTiO_3) и ферримагнитной ($\text{BaFe}_{11,9}\text{Al}_{0,1}\text{O}_{19}$) фаз - $\text{BaTiO}_{3(x)}\text{-BaFe}_{11,9}\text{Al}_{0,1}\text{O}_{19(1-x)}$ ($x = 0, 0,25, 0,5, 0,75$ и 1) и аморфные магнитострикционные микропровода - $\text{Co}_{71}\text{Fe}_5\text{B}_{11}\text{Si}_{10}\text{Cr}_3$ со стекляннным покрытием. Особое внимание уделялось корреляции изменения кристаллической структуры и физических свойств (магнитных, электрических и магнитоэлектрических). Основными научными проблемами, рассмотренными в работе, на наш взгляд являются следующие:

- Исследование влияния диамагнитного иона-заместителя Al^{3+} на изменения кристаллической структуры, магнитных и электрических свойств в образцах твердых растворов $\text{BaFe}_{12-x}\text{Al}_x\text{O}_{19}$ ($x \leq 1,2$);

- Определение природы формирования ненулевого дипольного момента и мультиферроидных свойств в образцах твердых растворов $\text{BaFe}_{12-x}\text{Al}_x\text{O}_{19}$ ($x \leq 1,2$);
- Установление влияния фактора концентрационного соотношения фаз в композиционных материалах $\text{BaTiO}_{3(x)}\text{-BaFe}_{11,9}\text{Al}_{0,1}\text{O}_{19(1-x)}$ ($x = 0, 0,25, 0,5, 0,75$ и 1) на изменение их микроструктурных, электрических и магнитных характеристик;
- Исследование влияния магнитострикции и механических напряжений на магнитную структуру и гармонический спектр в аморфных микропроводах $\text{Co}_{71}\text{Fe}_5\text{B}_{11}\text{Si}_{10}\text{Cr}_3$ со стеклянным покрытием.

Приведем наиболее важные полученные результаты:

- Детальные структурные исследования, включая нейтронографический анализ, позволили установить причину и механизм возникновения спонтанной электрической поляризации при комнатной температуре в исследованных образцах. Показана принципиальная возможность описания кристаллической структуры исследованных твердых растворов нецентросимметричной, полярной пространственной группой $R\bar{6}_3mc$ (№186). Установлена также сильная взаимосвязь магнитной и диэлектрической подсистем в замещенных гексаферритах бария М-типа $\text{BaFe}_{12-x}\text{Al}_x\text{O}_{19}$ ($0,1 \leq x \leq 1,2$). Температурные зависимости диэлектрической проницаемости, которые имеют пики вблизи ферромагнитного фазового перехода, также подтверждают возникновение спонтанной поляризации.
- Выявлена корреляция концентрационного диамагнитного замещения с особенностями изменения кристаллической и магнитной структур, что оказывает значительное влияние на ферроэлектрические свойства: спонтанная электрическая поляризация и величина магнитоэлектрической связи увеличиваются с увеличением уровня замещения катионами алюминия.
- В микропроводах с малой константой магнитострикции обнаружен эффект смены знака магнитострикции под действием внешних механических напряжений, что сопровождается резким изменением типа магнитной анизотропии и магнитного гистерезиса.

Теоретическая и практическая значимость

В работе выполнены фундаментальные научные исследования, основанные на анализе нейтронографических данных, которые позволили провести определение локальной кристаллической структуры. Были измерены длины связей Fe-O и исследована их трансформация с ростом температуры, что позволило сформулировать феноменологическую модель, описывающую формирование спонтанного дипольного момента в гексаферритах Ba с диамагнитным замещением: $\text{Fe}_{12-x}\text{Al}_x\text{O}_{19}$ ($x \leq 1,2$). В работе исследовались структурные фазовые переходы в композитных материалах (BaTiO_3) - $(\text{BaFe}_{11.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_{19})$ на основе температурных зависимостей диэлектрической проницаемости. Фундаментальный интерес также имеют результаты по изменению знака константы магнитострикции в аморфных ферромагнитных микропроводах, что обусловлено изменением ближнего порядка расположения атомов 3d-металлов под действием механических напряжений.

Проведенные исследования непосредственно связаны с практическими приложениями функциональных материалов с управляемыми электрофизическими свойствами. Например, возможна реализация селективного поглощения в частотных диапазонах, соответствующих дипольному и ферромагнитному резонансам. Перестраиваемый гармонический спектр, обусловленный нелинейными процессами намагничивания аморфных микропроводов, может быть использован для разработки беспроводных датчиков с дистанционным опросом.

Обоснованность полученных результатов и выводов подтверждается согласованием предложенных автором теоретических моделей с экспериментальными данными и результатами независимых исследований, представленных автором. В работе проведен широкий комплекс исследований, включающий структурные исследования, с привлечением самых современных методов. Полученные результаты работы обсуждались и докладывались на международных и всероссийских научных конференциях. Материалы данной диссертационной работы изложены в 11 статьях, опубликованных в журналах, входящих в базы Web of Science.

Несмотря на положительное впечатление и высокий научный уровень работы, по диссертации имеются **следующие замечания**:

1. Стиль изложения результатов не всегда является общепринятым. Используется не устоявшаяся в среде ученых терминология типа «комнатно-температурные мультиферроики», «на комнатно-температурных нейтронограммах» (стр.83). Следовало бы использовать устоявшуюся в научной среде терминологию, например, «нейтронограммы, полученные при комнатной температуре».
2. Некоторые обсуждения, например анализ нейтронографических данных, сделаны очень пространно и трудно для понимания. Представляется, что здесь недостаточно графического материала. Например, на температурных зависимостях параметров решетки можно было бы выделить область возможного структурного фазового перехода (см. рис. 3.19).
3. В Главе 3 неявно представлено доказательство того, что используемые для замещения ионы алюминия приводят к усилению диэлектрических свойств гексагональных ферритов бария. В качестве такого доказательства можно было бы привести увеличение диэлектрической проницаемости.
4. На рисунке 3.18 представлены аппроксимации экспериментальных точек. Следует уточнить: какой функцией пользовался соискатель для обработки данных.
5. В главе 4 на стр. 109 делается предварительный вывод- «При температурах ниже 690 К наиболее вероятно сосуществование двух гексагональных фаз (центросимметричная неполярная ПГ: Rb_3/mmc и нецентросимметричная полярная Rb_3mc). Это хорошо согласуется с электрическими свойствами, когда спонтанная поляризация обнаруживается ниже 690К, а параэлектрическое поведение отмечено при более высоких температурах». Между тем, температурных исследований спонтанной поляризации проведено не было. Поэтому не понятно, на чем основывается данный вывод.

Имеются также замечания к тексту и оформлению диссертации.

1. Есть ряд опечаток и неточностей по тексту диссертации.
2. В некоторых случаях используются английские обозначения размерности физических величин, например, emu/g , kV/m , $\mu\text{B/f.u.}$
3. На многих графиках и в описании методик эксперимента не представлены данные о погрешности эксперимента.
4. Надписи на некоторых рисунках мелкие, расплывчатые и неразборчивые. В будущем лучше использовать более крупные и четкие обозначения.

Указанные замечания не снижают общее высокое качество диссертационной работы, которая написана доступным научным языком, выводы логически обоснованы, а полученные данные хорошо иллюстрированы.

Автореферат диссертации полностью соответствует основному содержанию диссертационной работы.

Заключение

Диссертационная работа Салема Мохамеда Мостафы Элшиштави на тему «Функциональные магнитные материалы на основе сложных оксидов с управляемыми электрофизическими характеристиками» является законченным и самостоятельным исследованием, выполненным на актуальную тему. Представленные в работе результаты исследования достоверны, выводы и рекомендации обоснованы. Диссертационная работа соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете "МИСиС", предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор, **Салем Мохамед Мостафа Элшиштави**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния».

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден на заседании секции «Синтез и изучение новых неорганических веществ и материалов» Ученого совета

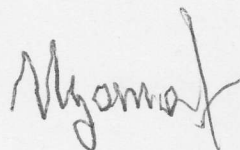
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН «29» ноября 2018 г., протокол №9.

Главный научный сотрудник лаборатории полупроводниковых
и диэлектрических материалов ИОНХ РАН,

член-корреспондент РАН, д.х.н.

Тел. +7(495) 952-3949

Email: izotov@igic.ras.ru



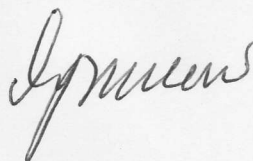
А.Д. Изотов

Ведущий научный сотрудник лаборатории
квантовой химии ИОНХ РАН,

д.ф.-м.н.

Тел. +7(495) 954-2230

Email: vgyar@igic.ras.ru



В.Г. Яржемский

119991, Москва, Ленинский проспект, 31.

