

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертационную работу Лисневской Инны Викторовны
на тему: «Мультиферроичные гомо- и гетерофазные оксидные системы:
способы получения, межфазные взаимодействия,
электрофизические и магнитоэлектрические свойства»,
представленную на соискание ученой степени доктора химических наук
по специальности 02.00.01 – Неорганическая химия

В диссертационной работе Лисневской Инны Викторовны исследуются гомо- и гетерофазные мультиферроичные системы с точки зрения методов их получения, изучения межфазных взаимодействий в магнитоэлектрических композитах «магнетик – пьезоэлектрик», проводится комплексное исследование электрофизических и магнитоэлектрических свойств мультиферроиков во взаимосвязи с их строением. Широкий многоплановый интерес к данным объектам в настоящее время подтверждается возрастающим числом ежегодных публикаций по данной тематике, в связи с чем данное диссертационное исследование со всей очевидностью следует признать **актуальным**.

Практическая значимость проведенных диссертантом исследований обусловлена перспективами использования гомо- и гетерофазных мультиферроиков, связанными с возможностями взаимного управления их магнитными и электрическими свойствами. Ряд обнаруженных в данных системах эффектов, вследствие магнитоэлектрического взаимодействия, делают мультиферроики реальными кандидатами на практическое применение в современной микроэлектронике, спинтронике, информационных и энергосберегающих технологиях.

Целью представленной работы является поиск и разработка гомо- и гетерофазных мультиферроичных оксидных систем с высокой эффективностью магнитоэлектрического преобразования.

Перспективность применения разработанных композиционных материалов в качестве чувствительных элементов датчиков магнитных полей подтверждена в экспериментальных устройствах, разработанных в научно-образовательном центре «Магнитоэлектрические материалы и устройства» МИРЭА (г. Москва) и ООО «Пьезооксид» (г. Ростов-на-Дону).

Диссертация имеет обычную структуру и состоит из введения, литературного обзора, экспериментальной части и заключения. В литературном обзоре обсуждается терминология и классификация мультиферроичных систем и магнитоэлектрических эффектов, дан критический анализ современного состояния исследований однофазных мультиферроиков с акцентом на высокотемпературные висмутсодержащие материалы, а также магнитоэлектрических композиционных материалов, включая низкотемпературные способы синтеза их прекурсорных фаз. Литературный обзор составлен на основе свежих литературных источников,

большая часть из которых опубликована не позднее 5-10 лет, грамотно составлен и вводит в курс дела.

Наибольший объем диссертации (примерно 2/3) занимает экспериментальная часть. Кроме главы, описывающей объекты и методы исследования, она содержит главы о низкотемпературных методах синтеза функциональных материалов, о смесевых, стержневых и слоистых композитах на основе ферритов-шпинелей, железиттриевого граната, лантансодержащих манганитов, о высокотемпературных висмутсодержащих однофазных мультиферроиках. Каждая глава содержит весь необходимый для оценки и понимания результатов исследования иллюстративный и числовой материал, в конце каждой главы приводятся исчерпывающие выводы.

Говоря о **научной новизне** рассматриваемой диссертации, следует отметить, что в ходе ее выполнения автором получен и систематизирован большой объем новых экспериментальных данных по способам получения, фазовому составу, электрофизическим и магнитоэлектрическим свойствам гомо- и гетерофазных мультиферроичных композиций, разработан комплексный химико-технологический подход, обеспечивающий получение гомо- и гетерофазных мультиферроиков с высокой эффективностью МЭ преобразования. Выявлены корреляции коэффициента МЭ преобразования с пьезопараметрами композитов и пьезоэлектрических составляющих. Впервые детально изучены химические межфазные взаимодействия и разработаны эффективные способы их подавления в двухфазных МЭ керамиках на основе ферритов шпинелей, железиттриевого граната и лантансодержащих манганитов. Получены высокоэффективные МЭ смесевые композиты «пьезоэлектрик – феррит шпинель» и «пьезоэлектрик – феррит гранат» со стабильными свойствами, в том числе на основе бессвинцовых пьезоматериалов, уровень МЭ преобразования которых был впервые достигнут в рамках настоящего исследования и в настоящее время в данном классе композитов он является практически предельным. Разработаны оригинальные методы изготовления слоистых и стержневых композитов с рекордной эффективностью МЭ преобразования. Разработаны новые низкотемпературные золь-гель методы синтеза порошковых магнитных, мультиферроичных и пьезоэлектрических материалов. Дано теоретическое обоснование возможностей синтеза твердых растворов $\text{BiFe}_{0.5}\text{V}_{0.5}\text{O}_3$ со структурой перовскита. Впервые синтезирован ряд однофазных мультиферроиков со структурами Ауривиллиуса, обладающих магнитодиэлектрическим эффектом.

Достоверность и обоснованность полученных результатов, научных положений и выводов подтверждается грамотным профессиональным выбором современных методов исследования, корректной постановкой экспериментов и обработкой экспериментальных данных, воспроизводимостью результатов, их корреляцией с данными, представленными в научно-технической литературе, а также апробацией

основных результатов диссертации в печатных трудах и докладах конференций. По материалам диссертации опубликовано 38 работ, из которых 20 статей опубликованы в российских и зарубежных журналах, входящих в перечень ВАК и цитируемых в Scopus и Web of Science (в том числе Журнал неорганической химии, Неорганические материалы, Ceramics International, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, International Journal of Applied Ceramic Technology, Journal of Composite Materials, Ferroelectrics), а также зарегистрировано 2 объекта ноу-хау. Результаты работы были представлены на международных и всероссийских конференциях, семинарах и симпозиумах и опубликованы в тезисах 15 докладов.

Оценка содержания диссертации, замечания.

Работа написана грамотно, логично, текст вычитан, практически не содержит грамматических ошибок и опечаток. Автореферат адекватно отражает содержание диссертации.

Однако имеются некоторые замечания.

1. В работе отсутствуют данные по воспроизводимости результатов опытов. Когда речь идет о прикладных аспектах результатов исследований, этот вопрос имеет важное значение, особенно тогда, когда процессы окисления рассматриваются на открытом воздухе. Ведь синтезированные материалы – соединения нестехиометрических оксидов, содержат катионы металлов, которые легко окисляются до устойчивых степеней окисления. В случае со свинцом контролировать процесс очень трудно из-за сильной летучести оксида свинца при указанных температурах.

2. Не совсем понятно, в качестве чего в опытах используется нитрат аммония, нет конкретики. Если он используется в качестве окислителя, то почему предпочтение дается именно этому соединению, ведь при температуре плавления (170 °С) разлагается с образованием оксида азота (I), а при температуре 700 °С разлагается со взрывом.

3. Не совсем понятны подписи к рис. VI.1.11, на котором изображены графики 3 и 4 без пояснений, какие процессы они описывают. Также даны некорректные названия всем рисункам, на которых изображены фотографии микроструктуры керамики (рис. VII.3.1, VII.3.6-8 и др.): «Микрофотографии ...» следовало бы назвать «Фотографии микроструктуры...». Отсутствуют экспериментальные данные для коэффициента электромеханической связи K_{33} на рис. VIII.2.5(г) (стр. 212), а приведена лишь расчетная кривая. Также отсутствуют данные для композитов 1-1 на рис. VIII.2.6(а).

Эти и другие вопросы и замечания уточняющего характера не снижают общего положительного впечатления от работы, касающихся исследований стержневых композитов.

Заключение

Таким образом, следует констатировать, что диссертационная работа Лисневской И. В. «Мультиферроичные гомо- и гетерофазные оксидные системы: способы получения, межфазные взаимодействия, электрофизические и магнитоэлектрические свойства» выполнена на

хорошем экспериментальном и теоретическом уровне и представляет собой целостное законченное научное исследование, содержащее новые научно обоснованные решения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, закладывающее основополагающие принципы химии и технологии гомо- и гетерофазных мультиферроичных систем. Полученные результаты имеют важное значение для современной неорганической химии твердого тела и материаловедения, а также создают перспективы для целенаправленного конструирования магнитоэлектрических композиционных материалов и однофазных мультиферроиков с заданными диэлектрическими, пьезоэлектрическими и магнитоэлектрическими свойствами. Таким образом, данная работа открывает принципиально новые возможности для создания уникального класса функциональных материалов, что вносит значительный вклад в развитие страны.

Представленная диссертационная работа соответствует требованиям П. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Официальный оппонент:

Доктор химических наук, профессор кафедры неорганической и физической химии химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова»
 Кочкаров Жамал Ахматови
 Нальчик, КБР, 360004, ул. Чернышевского, 173,
 Тел./факс(8-662) 42-52-54, факс +7(495) 3379955,
 E-mail: bsk@kbsu.ru

04.04.17

Закрываю:
 Ученый секретарь



Ж. А. Кочкаров
 И. В. Ашишова