

ОТЗЫВ

на диссертационную работу Андриюшина Константина Петровича «Эволюция фазовых диаграмм состояния и макрооткликов сегнетоактивных твердых растворов n -компонентных ($n=2\dots 6$) систем на основе цирконата - титаната свинца и бессвинцовых композиций», представленную на соискание им учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния

Диссертационная работа Андриюшина К.П. посвящена построению и исследованию фазовых диаграмм состояния и макрооткликов твердых растворов n -компонентных ($n = 2\dots 6$) систем на основе цирконата-титаната свинца и бессвинцовых соединений, при их легировании и/или введении новых сегнетоактивных компонентов.

Развитие таких отраслей производства как приборы ультразвуковой медицинской диагностики, ультразвуковой дефектоскопии и гидроакустики, пьезотрансформаторов и пьезодвигателей, пироприемников, акустоэлектрических преобразователей, частотно-селективных устройств и др., приводит к росту требований к характеристикам материалов, применяемых в качестве рабочих тел данных устройств. В тоже время, возможности создания новых функциональных материалов исчерпаны из-за практически полного использования существующих химических основ и способов их получения. С другой стороны, разнообразие опций твердых растворов на основе сегнетоактивных материалов с оптимальным для различных применений сочетанием характеристик возрастает с ростом числа их компонентов, при этом улучшаются важнейшие электрофизические показатели и расширяются возможные области их практического использования. Все вышесказанное свидетельствует об **актуальности** темы диссертационной работы Андриюшина К.П.

Работа представляет собой законченное систематичное исследование, включающее в себя получение и исследования ряда новых многокомпонентных моно- и поликристаллических твердых растворов сегнетоактивных материалов; построение и анализ их фазовых диаграмм состояния.

Достоверность и надежность полученных результатов подтверждается характеристиками использованной аппаратуры, применяемыми методами изготовления образцов и измерений, а также отсутствием противоречий полученных результатов с литературными данными. Вследствие этого, результаты работы можно считать достоверными, а сделанные на основе данных результатов выводы - обоснованными.

Целью диссертационной работы Андриюшина К.П. являлось установление закономерностей эволюции фазовых диаграмм состояния и макрооткликов ГР n -компонентных ($n = 2...6$) систем на основе ЦТС и бессвинцовых композиций, при их легировании и/или введении новых сегнетоактивных компонентов.

Полученные Андриюшиным К.П. в диссертационной работе результаты являются **новыми**. Впервые с использованием комплементарного подхода проведена систематизация известных и получены новые составы многокомпонентных сегнетоактивных твердых растворов, сочетающих систему цирконата-титаната свинца и бессвинцовые структуры. Выявлены и детально изучены закономерности трансформации внутренней структуры объектов и их макрооткликов при взаимодействии различных типов пространственных неоднородностей, как имеющих в предшествующих фазах, так и возникающих в процессе усложнения элементного состава твердого раствора.

Полученные результаты обладают высокой **практической значимостью**, заключающейся в установлении в многокомпонентных твердых растворах на основе структур, содержащих как свинец так и бессвинцовые материалы, корреляционных связей: элементный состав - кристаллическая, доменная, зёрненная, дефектная структура – диэлектрические, пьезоэлектрические, упругие, механические свойства – области применения в реальном секторе

экономики; в создании новых высокоэффективных материалов и разработке способов их конструирования

Диссертация Андриюшина К.П. состоит из введения, пяти разделов и заключения. Работа изложена на 335 страницах машинописного текста, включающего 243 рисунка, 77 таблиц, библиографию из 420 наименований и 3 приложения.

Во **введении** обоснована актуальность выполненных исследований, сформулированы цель и задачи работы, обоснован выбор объектов исследования, изложены положения, выносимые на защиту, отмечены их научная новизна, достоверность и практическая значимость, приведены сведения о публикациях автора и о его личном вкладе.

В **первом разделе** диссертации приведен обзор литературы, посвященный рассмотрению современных проблем физики сегнетоактивных функциональных материалов, на основе многокомпонентных систем. Автором рассмотрены как монокристаллические, так и поликристаллические (керамические) материалы на основе титаната свинца и разнообразных бессвинцовых составов.

Второй раздел диссертации посвящен подробному рассмотрению объектов и методов их исследования. Представлены технологии их изготовления и методики диагностики.

Основные результаты, полученные автором диссертации, представлены в **3 и 4 частях** диссертации. Работа включает внушительное количество экспериментальных результатов, подробное аргументированное построение и анализ эволюции фазовых диаграмм состояния и макрооткликов исследуемых многокомпонентных систем.

Если в **третьем разделе** приведены результаты рассмотрения эффектов легирования PbTiO_3 оксидами щелчно-земельных элементов по формуле $(\text{Pb}_{1-\alpha_1-\alpha_2}\text{Sr}_{\alpha_1}\text{Ba}_{\alpha_2})\text{TiO}_3$ и результаты исследования бинарных и тройных систем твердых растворов на их основе, то в **четвертом разделе** обсуждаются

результаты комплексного исследования систем твердых растворов с $n = 4 \dots 6$ и эволюция физических свойств сегнетоактивных сред, базирующихся на бинарных системах с принципиально различающимися макрооткликами, особое внимание уделено изменению свойств по мере усложнения состава систем путем введения новых компонент.

«Сухой» остаток от подробного знакомства с диссертацией – ОЧЕНЬ большой объем эксперимента: от изготовления разнообразных составов, а очевидно, что с увеличением числа компонент число возможных модификаций растет в геометрической прогрессии, до исследования различных физических свойств, начиная от структурного «паспорта» многокомпонентной системы и кончая макроскопическими проявлениями диэлектрических, тепловых, сегнетоэлектрических и ряда других свойств.

В пятом разделе рассматриваются функциональные материалы на основе рассмотренных ранее n -компонентных систем. По сути, это описание практического применения тех материалов, исследованию которых посвящена диссертация. Новых знаний по основной теме диссертационного исследования, посвященного рассмотрению эволюции фазовых диаграмм состояния и макрооткликов сегнетоактивных твердых растворов, она не добавила. В связи с этим она выглядит «излишком», не имеющим логической связи с остальными результатами.

В **Заключении** автором приведены основные результаты и сформулированы выводы по диссертационной работе.

В целом диссертация выполнена на высоком уровне, результаты и личный вклад автора не вызывают сомнений. Использованные методы соответствуют поставленным задачам.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Вместе с тем, диссертация не лишена *недостатков*.

1. Не смотря на то, что диссертация в целом написана хорошим техническим языком, в тексте встречаются «некорректности» как

оформительского плана, усложняющие восприятие материала, так и с точки зрения физической терминологии. Например, в тексте и в подписях к рисункам встречаются буквенные обозначения физических величин, которые нигде по тексту не расшифровываются – «догадайся сам?». Ссылки на авторские работы даются вперемешку – то из авторского списка, то из общего. В п.4.2 (стр.134 и далее) используется термин «атомные» проценты. Такого термина ни в физике, ни в химии нет, есть термин «молярные» проценты. В данном случае имеем дело с использованием терминологии некорректного перевода в программном обеспечении поставщиков исследовательского оборудования. На странице 238 читаем: «при электрическом отжиге образцов, ... при $E = 18 \text{ кВ/см}^2$ » – что в данном случае подразумевает автор, остается загадкой. Из контекста (стр. 234) следует, что практически все изображения зёрненной структуры получены на боковых сколах, но явно это нигде в тексте не отражено, – на какой части образцов рассматриваемых в работе структур были проведены исследования структуры зерен?

2. В п.3.1 для объяснения причины дисперсионных эффектов привлечен механизм возникновения и миграции вакансий, возникающих в титанате синца при прохождении температуры фазового перехода. Это предположение, или есть подтверждение, например, по результатам рентгеноструктурного анализа?

3. При описании исследований петель диэлектрического гистерезиса в 4 разделе, во-первых, обсуждается прикладываемое к образцам электрическое напряжение (В), тогда как для сравнительного анализа имеет значение величина напряженности электрического поля (В/см). Во-вторых, на стр. 171 обсуждается влияние числа циклов переключения на свойства материалов. Как определялось число циклов, если согласно «заявленной» в п.2.3 методике исследования петель диэлектрического гистерезиса, в эксперименте использовалась частота 50 Гц?

Перечисленные выше замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

Диссертационная работа Андриюшина Константина Петровича на тему «Эволюция фазовых диаграмм состояния и макрооткликов сегнетоактивных твердых растворов n -компонентных ($n=2\dots 6$) систем на основе цирконата - титаната свинца и бессвинцовых композиций», представленная на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, является научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне и соответствует критериям действующего Положения о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук.

Диссертация соответствует паспорту специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния, а её автор – Андриюшин Константин Петрович – заслуживает присуждения ему искомой ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

04.09.2023

Я согласна на обработку моих персональных данных

Официальный оппонент:

 Малышкина Ольга Витальевна

доктор физико-математических наук (специальность 01.04.07 Физика конденсированного состояния), профессор, профессор кафедры компьютерной безопасности и математических методов управления ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет».

Адрес места работы: 170002, г. Тверь, пер. Садовый, д. 35

E-mail: olga.malyshkina@mail.ru

Телефон: +7 9109381411

Подпись _____ 
заверяю.
Проректор по НИД _____  А.В. Зиновьева

