

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Садыкова Хизира Амировича «Фазообразование и связи состав – структура – свойства в сегнетоактивных материалах на основе ниобата натрия и феррита висмута», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Актуальность темы исследования. Объектами исследования в диссертационной работе Садыкова Х.А. были выбраны твердые растворы на основе ниобатов щелочных металлов и феррита висмута. Подобные материалы могут стать основой для замены экологически опасных свинецсодержащих композиций. Однако, в литературе, как правило, рассматриваются твердые растворы, полученные экзотическими, применимыми лишь в условиях лаборатории, методами («мокрые» методы синтеза, синтез и спекание в плазменном разряде, гидротермальная технология), что делает невозможным промышленное освоение указанной группы материалов. В настоящее время разработка бессвинцовой компонентной базы для микро- и нанoeлектроники, спинтроники и массовой, экологически безопасной технологии производства функциональной керамики является одной из важнейших задач материаловедения. Именно поэтому возобновился и усилился интерес к композициям на основе ниобатов щелочных металлов ниобатов щелочных металлов и феррита висмута. Но, неучет особенностей их физико-химического состояния и зависимостей условий фазообразования объектов привел во многих случаях к недостоверности и невозможности получения экспериментальных результатов, а также невозможности их использования на практике. Таким образом, установление закономерностей фазообразования и формирования корреляционных связей между кристаллографическими характеристиками структуры, зерненным строением и макрооткликами твердых растворов на основе ниобатов щелочных металлов и феррита висмута, является **актуальным**.

Текст диссертации изложен на 181 страницах и состоит из введения, пяти глав, заключения, 87 рисунков, 47 таблиц и списка цитируемой литературы из 324 наименований.

В первой главе диссертации содержится подробный обзор литературных данных, касающихся структуры, диэлектрических и пьезоэлектрических свойств твердых растворов на основе ниобатов щелочных металлов и феррита висмута. Дано научное обоснование выбора объектов исследования.

Вторая глава посвящена описанию методов получения и исследования образцов. Стоит отметить комплексность экспериментов и выполнение их на современном измерительном оборудовании.

В третьей главе представлен значительный массив экспериментальных данных, относящихся к керамике бинарной системы $(1-x)\text{NaNbO}_3 - x/2\text{CuNb}_2\text{O}_6$. На основании детального анализа влияния условий формирования структуры, микроструктуры и электрофизических свойств изученных керамик сделан обоснованный вывод, вошедший в первую часть **первого научного по-**

ложения, о критической роли термодинамической предыстории, с которой связано образование сложных пространственно-неоднородных сред изучаемой бинарной системы ниобатов натрия–меди,

Четвертая глава посвящена выявлению закономерностей и механизмов влияния простых оксидов (NiO , MnO_2 , CuO , SnO_2), их комбинаций ($\text{CuO}+\text{MnO}_2$) и сложных модификаторов ($\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) на формирование структуры, микроструктуры и электрофизических свойств бессвинцовых керамик на основе $(\text{Na}_{1-x}\text{Li}_x)\text{NbO}_3$. При этом Автором установлено, что рост механической добротности и пьезочувствительности на фоне снижения диэлектрических проницаемостей, потерь и электропроводности в модифицированных оксидами Cu , Ni , Mn керамиках на основе ниобатов натрия-лития обусловлен образованием анионнодефицитных и анионноизбыточных твердых растворов повышенной сегнетожесткости. Этот результат лег в основу **второго научного положения, выносимого на защиту.**

В пятой главе рассматривается возможность повышения термической устойчивости феррита висмута и его диэлектрической стабильности путем введения оксидов 3d-металлов и высокозарядных элементов. При этом с помощью современных методов исследования поликристаллических функциональных материалов было показано, что аномалии диэлектрических спектров керамик на основе BiFeO_3 вблизи 100°C являются следствием изменений его реальной структуры при модифицировании Co , Ni , Zn ; а в случае с Ti , его практически полное вхождение в базовую решетку обеспечивает снижение дефектности и повышение диэлектрической стабильности объектов. На основе этого результата было сформулировано **третье научное положение, выдвигаемое на защиту.**

Новизна работы. В ходе выполнения работы впервые:

- установлены закономерности фазообразования в бинарной системе $(1-x)\text{NaNbO}_3-x/2\text{CuNb}_2\text{O}_6$ ($0 \leq x \leq 0.1625$, $\Delta x = 0.0125$) в процессе приготовления поликристаллических образцов; выявлены особенности их рекристаллизационного спекания, формирования микроструктуры; показана зависимость свойств от квалификации Nb_2O_5 ; построена фазовая диаграмма системы, содержащая сложную морфотропную область; обнаружены эффекты низкочастотной дисперсии диэлектрической проницаемости, связанные с влиянием электропроводности;

- выявлены корреляционные связи состав–структура–свойства; разработана и экспериментально реализована схема модифицирования твердых растворов, включающих $(\text{Na},\text{Li})\text{NbO}_3$, монооксидами Mn , Cu , Ni и сложными добавками MnO_2+CuO , $\text{Bi}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$; рентгенографически установлены последовательности возникающих фазовых состояний, качественно-количественный состав которых зависит от характеристик вводимых модификаторов; комплексом методов установлена локализация ионов-модификаторов в структуре базовых твердых растворов;

- показаны пути повышения термической устойчивости BiFeO_3 путем легирования d-элементами (Mn , Co , Ni), а также оксидами высокозарядных ионов

($\text{Nb}^{+5}, \text{Ti}^{+4}$); установлено влияние специфики вводимых ионов на характер связности и морфологию зерен керамик на основе феррита висмута; выявлены механизмы увеличения сегнетожесткости BiFeO_3 при модифицировании высокозарядными и низкозарядными ионами; определена роль дефектной подсистемы в формировании диэлектрических свойств модифицированного BiFeO_3 в окрестности 100°C .

Обоснованность и достоверность основных выводов. Все эксперименты, описанные в диссертационной работе, были выполнены на современном, метрологически аттестованном оборудовании НИИ физики ЮФУ. Достоверность и обоснованность научных положений и результатов и выводов подтверждается наличием значительного количества опубликованных автором работ в ведущих российских и зарубежных рецензируемых изданиях, а также полученным охранным документам на разработанные автором сегнетопьезоэлектрические материалы.

Замечания.

1. Не очень понятно чем объясняется такое многообразие вазовых диаграмм твердых растворов бинарной системы ниобатов натрия – лития, модифицированной различными оксидами?

2. Не представлены пьезоэлектрические и сегнетоэластические характеристики мультиферроидных материалов.

3. Нет определения понятия «инварный эффект».

Имеются и технические ошибки:

1. При воспроизведении в диссертации таблиц или рисунков, взятых из известных источников, необходимо не просто давать ссылку в квадратных скобках, а указать: (см., например, стр. 137. Табл.5.10., рис.5.5), стр.134, табл. 5.8 и др.) по данным [].

2. На рис. 4.5 представлены два разных графика зависимостей относительной реверсивной диэлектрической проницаемости от напряжённости, соответствующих одному и тому же составу.

3. Не завершен заголовок подраздела 4.6 Особенности термочастотного поведения.

4. Температура Кюри обозначается T_K либо как T_C .

5. Это же касается и обозначений температуры: в градусах Цельсия и в градусах Кельвина.

6. В подписи к рисунку 3.8 купрат меди обозначен не верно: CuNb_2O_6

Но несмотря на сделанные замечания, диссертация оставляет положительное впечатление.

Полнота изложения результатов работы в научных изданиях

Представленные в диссертационной работе результаты опубликованы достаточно полно в 6 рецензируемых научных изданиях, а также отражены в 3 других научных изданиях и 1 патенте РФ.

Соответствие диссертации паспорту специальности

Тематика диссертации полностью удовлетворяет паспорту специальности 01.04.07– «Физика конденсированного состояния», а именно, формуле: «Осно-

вой специальности является теоретическое и экспериментальное исследование природы кристаллических и аморфных, неорганических и органических веществ в твердом и жидком состояниях и изменение их физических свойств при различных внешних воздействиях», а полученные научные результаты соответствуют пунктам 1, 2 и 3 области исследования паспорта специальности 01.04.07– «Физика конденсированного состояния».


Заключение

Представленная диссертационная работа **Садыкова Хизира Амировича «Фазообразование и связи состав – структура – свойства в сегнетоактивных материалах на основе ниобата натрия и феррита висмута»** является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи установления корреляций типа состав-структура-свойства в многокомпонентных твердых растворах сегнетоэлектриков-релаксоров и титаната свинца, представляющей научную ценность и имеющих существенное значение для развития физики конденсированного состояния.

Считаю, что по форме и содержанию диссертационная работа соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 года), предъявляемым к кандидатской диссертации, а её автор, Садыков Хизир Амирович, несомненно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент

Доктор физико-математических наук,
профессор, заведующий кафедрой
"Нанотехнология в электронике"
Южно-Российского государственного
политехнического университета
им. М.И. Платова
346428, г. Новочеркасск,
ул. Просвещения, 132,
тел.: +7 (8635) 25-54-59
e-mail: Lunin_LS@mail.ru


02.12.2014г.

Лунин Л.С.

Подпись профессора Лунина Л.С. заверяю.

Ученый секретарь ЮРГПУ (НПИ)




Холодкова Н.Н.