

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Мойсы Максима Олеговича**
«Кристаллическая, доменная структуры и сегнетоэлектрические свойства
твёрдых растворов на основе ниобатов натрия, калия с мультиферроиком
ферритом висмута», представленной на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика
конденсированного состояния.

Представленная к защите диссертационная работа М.О. Мойсы посвящена решению одной из ключевых проблем современного функционального материаловедения – разработке новых высокоэффективных бесвинцовых сегнетоэлектрических материалов. Исследование сфокусировано на комплексном анализе двух многокомпонентных систем на основе ниобатов щелочных металлов, что является логичным и перспективным направлением в контексте поиска альтернатив токсичным свинецсодержащим соединениям.

Проведенное соискателем исследование характеризуется глубиной проработки и методологической грамотностью. От постановки цели и задач до интерпретации результатов выдержан четкий системный подход, связывающий технологию синтеза, особенности структуры и макроскопические свойства керамики. Решенный комплекс задач позволил автору сформулировать и обосновать ряд значимых научных положений.

Научная новизна работы не вызывает сомнений. Впервые для выбранных трёхкомпонентных систем проведена детальная оптимизация режимов синтеза, позволившая получить высококачественные керамические образцы. Существенным новым результатом является установление фазовой диаграммы системы $(1-x)(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})\text{NbO}_3 - x\text{BiFeO}_3$ и доказательство отсутствия в ней непрерывного ряда твёрдых растворов, что имеет принципиальное значение для понимания физики процессов в таких сложных системах. Выявление и анализ двух релаксационных процессов в составах, богатых BiFeO_3 , с определением их энергетических параметров и физической природы, вносит значительный вклад в диэлектрическую спектроскопию сегнетоэлектриков. Теоретический анализ доменной структуры в гетерофазных состояниях и расчёт условий для релаксации внутренних напряжений демонстрируют высокий уровень владения соискателем современным аппаратом физики сегнетоэлектриков.

Практическая значимость работы заключается в создании научно-технологического задела для разработки новых функциональных материалов электронной техники: оптимизированные и воспроизводимые

технологические регламенты синтеза позволяют получать сегнетокерамику со стабильными диэлектрическими характеристиками в широком частотном диапазоне, востребованную для высокочастотных конденсаторов и микроэлектроники; установленные закономерности релаксации механических напряжений через управление доменной структурой открывают путь к созданию механически устойчивых пьезоэлементов для силовой актуаторной техники; а эффективное использование альтернативных компонентов, включая колумбит кадмия, расширяет сырьевую базу и способствует развитию ресурсосберегающих технологий в области бессвинцовой функциональной керамики.

Достоверность научных результатов и выводов обеспечивается комплексной верификацией данных, полученной при использовании взаимодополняющих методов физико-химического анализа: сходимость результатов рентгеноструктурного анализа, данных электронной микроскопии и диэлектрической спектроскопии демонстрирует внутреннюю согласованность экспериментальных данных; корректное применение современных теоретических моделей (Гавриляка-Негами, Диссадо-Хилла, Прейзаха) для описания экспериментальных зависимостей подтверждает адекватность интерпретации наблюдаемых эффектов; успешное воспроизводство ключевых характеристик на сериях образцов, синтезированных в различных технологических циклах, свидетельствует о стабильности полученных результатов, а их соответствие установленным в литературе закономерностям для сегнетоэлектрических систем подтверждает обоснованность сделанных выводов.

В контексте дальнейшего совершенствования данного научного направления можно отметить, что **углубление исследований** могло бы быть направлено на изучение **циклической стабильности** сегнетоэлектрических характеристик (усталости) для наиболее перспективных составов, что критически важно для их применения в устройствах многократного действия. Кроме того, для полного раскрытия мультиферроичного потенциала систем, содержащих BiFeO_3 , представляется целесообразным проведение прямых измерений **магнитоэлектрического коэффициента**, что позволило бы количественно оценить связь между электрической и магнитной подсистемами.

Сформулированные предложения по развитию темы следует рассматривать как возможные направления для будущих изысканий, что ни в коей мере не умаляет научной значимости, достоверности и полноты представленной работы.

Основные научные положения и выводы обоснованы, достоверны и имеют практическую и научную значимость. В публикациях с достаточной

полнотой отражены основные результаты диссертационной работы. Автореферат корректно отражает содержание диссертации. Из автореферата можно заключить, что диссертация «Кристаллическая, доменная структуры и сегнетоэлектрические свойства твердых растворов на основе ниобатов натрия, калия с мультиферроиком ферритом висмута» является завершенной научно-квалификационной работой, которая выполнена на высоком научном уровне и соответствует требованиям, предусмотренным пунктами 2.1-2.4, предъявленным к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук действующего «Положения о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», утвержденного Приказом № 66-ОД от 29.03.2025», а ее автор – Мойса Максим Олегович – заслуживает присуждения ему искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

«14» 10 2025 г.

личную подпись Хасанова И.И.

И.И. Хасанова
(подпись) (расшифровка)

(подпись)

(расшифровка)



Согласен на обработку моих персональных данных
Хасанов Асламбек Идрисович
кандидат физико-математических наук
(01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника),
доцент,
ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет
им. А.А. Кадырова»,
кафедра «Физическая электроника»
заведующий кафедрой
364049, г. Грозный, бульвар Дудаева, 17а
fizelectronika@mail.ru