

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Заместитель директора ЮНЦ РАН  
по научной работе,

Д.т.н.

Ю.И. Юрасов

2023 г.

**ОТЗЫВ**

ведущей организации о диссертационной работе Гусевой Ольги Сергеевны «Диэлектрические и сегнетоэлектрические свойства керамики твердых растворов на основе ниобата бария – кальция», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния

В последние десятилетия были предприняты значительные усилия по исследованию бесвинцовых керамических материалов. Большое внимание привлекают соединения со структурой тетрагональной вольфрамовой бронзы (ТТВ) из-за возможности гибкого изменения их состава и, как следствие, структуры, что дает большие перспективы для контроля и улучшения пьезоэлектрических и пироэлектрических свойств. Суть выполненной диссертационной работы состоит в получении для керамики ниобата бария – кальция новой информации о влиянии модифицирующих добавок  $\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{KTaO}_3$  или  $\text{LiTaO}_3$  в количестве 5 массовых % на дисперсию комплексной диэлектрической проницаемости и проводимости, а также на процессы переключения поляризации керамики твердого раствора CBN30. Определение взаимосвязи этих процессов с отжигом образцов твердых растворов на основе CBN30 при температуре параэлектрической фазы позволяет определить не только роль модификаторов в формировании сегнетоэлектрических свойств керамики на основе CBN30, но и условия стабилизации диэлектрических параметров, необходимых для практического применения.

В связи с вышесказанным тема диссертационной работы Гусевой Ольги Сергеевны «Диэлектрические и сегнетоэлектрические свойства керамики твердых растворов на основе ниобата бария – кальция» представляется **актуальной** как в научном, так и в прикладном плане.

Отметим, что полученные в работе результаты представляются **достоверными**, а выводы и основные положения, выносимые на защиту **научно обоснованными**. Это обеспечивается корректной постановкой исследовательских задач; применением в работе апробированных экспериментальных методик, привлечением для объяснения и анализа экспериментальных результатов современных теорий физики сегнетоэлектриков, воспроизводимостью полученных результатов и их соответствием известным литературным данным.

Основные научные результаты диссертации достаточно полно отражены в 4 статьях в журналах, индексируемых в RSCI и Международных базах данных. Результаты прошли апробацию на всероссийских и международных конференциях.

На основании большого объема проведенных экспериментальных исследований их анализа автором получен ряд **новых** результатов, среди которых наиболее интересным, на наш взгляд, является тот факт, что модифицирование керамики на основе  $\text{Ca}_{0,3}\text{Ba}_{0,7}\text{Nb}_2\text{O}_6$  (CBN30) в количестве 5 массовых %  $\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{KTaO}_3$  или  $\text{LiTaO}_3$  не искажает структуру ТТВ, все вводимые примеси локализуются на соответствующих местах кристаллической структуры, увеличивая при этом величину переключаемой поляризации.

Диссертация О.С. Гусевой имеет важное **практическое значение**. Автором проведено систематическое экспериментальное исследование влияния состава керамик на диэлектрические свойства системы ниобат бария – кальция в широком интервале концентраций. Практическая ценность работы заключается в том, что разработана лабораторная технология получения модифицированных образцов на основе твердых растворов

CBN30, которая может быть востребована при разработке эффективных акустоэлектрических преобразователей на основе бессвинцовых пьезоэлектрических элементов.

Полученные в ходе выполнения работы результаты могут быть востребованы на предприятиях и в научных центрах, занимающихся разработкой изделий электронной техники.

Диссертация по **структуре и содержанию** отвечает требованиям, предъявляемым ВАК к научно-квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы. Работа содержит 138 страниц основного текста, 80 рисунков, 6 таблиц, список литературы из 148 наименований.

**Во введении** дана общая характеристика работы, обоснована актуальность темы, определена цель исследований, поставлены задачи работы. Показана научная новизна и практическая значимость полученных результатов. Сформулированы основные научные положения, выносимые на защиту. Приведены сведения об апробации работы, публикациях по теме диссертации, личном вкладе автора, структуре и объеме работы.

**Первая глава** посвящена обзору литературы. Рассмотрены общие сведения о структуре ТТВ. Подробно рассмотрены теоретические подходы к анализу дисперсии диэлектрического отклика.

**Во второй главе** рассмотрено получение керамических материалов. Отмечены особенности твердофазного синтеза ниобатов щелочных и щелочноземельных металлов с использованием соответствующих карбонатов. Представлены исследования структуры и тестовые измерения температурных зависимостей диэлектрической проницаемости, на основании которых выбрана температура спекания образцов. Обосновывается выбор состава  $\text{Ca}_{0,3}\text{Ba}_{0,7}\text{Nb}_2\text{O}_6$  для исследования влияния модификаторов на диэлектрические и сегнетоэлектрические свойства керамики ниобата бария – кальция.

Основные результаты работы изложены в третьей главе, которая посвящена исследованию дисперсии комплексной диэлектрической проницаемости и процессов переключения поляризации в образцах чистой керамики CBN30 и керамики CBN30, модифицированной  $\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{KTaO}_3$  или  $\text{LiTaO}_3$  (5 массовых %) в температурном интервале от комнатной, до 300 °С. В этой же главе кратко описаны используемые в работе современные экспериментальные методики по исследованию диэлектрических свойств (метод диэлектрической спектроскопии), метод рентгеноструктурного анализа и метод макроскопического исследования петель диэлектрического гистерезиса — метод Сойера – Тауэра.

В **заключении** подводятся итог полученным в работе результатам и сформулированы выводы.

Работа О.С. Гусевой не свободна от недостатков. Отметим некоторые из них.

1. Несмотря на то, что диссертационная работа в основном направлена на изучение диэлектрических и сегнетоэлектрических свойств керамик, при описании используемых методик не было уделено должного внимания вопросам нанесения электродов. Автору необходимо было конкретно отметить, как и по какой технологии происходило нанесение электрода для проведения диэлектрических измерений, чтобы исключить возможные вопросы о достоверности полученных результатов.

2. Не совсем понятно, как вводились модификаторы – согласно стехиометрии или же сверхстехиометрии?

3. Из представленных в Главе 3 результатов измерений диэлектрических характеристик не ясно в каком температурном режиме они были получены – при нагреве или охлаждении? При измерении температурно-частотных диэлектрических спектров температурный ход играет немаловажную роль.

Кроме того, есть ряд замечаний по оформлению:

1. В рукописи присутствует небрежность в отношении расстановки пробелов и знаков препинания. Например, на одной только стр. 3 в списке основных обозначений «ниобат бария–кальция;» написан без пробелов, хотя в обозначениях других химических составов пробелы имеются. Далее по тексту в аналогичных местах также имеется несогласованность.

То же касается записи единиц измерения. По тексту нет единой позиции автора пишет она их слитно с величиной или отдельно. Отметим, что по ГОСТу 8.417-2002 рекомендуется единицы измерения отделять пробелом за исключением единиц измерения углов. Для градусов Цельсия используется минимум 4 вида записи (см. стр. 4, 7, 16 и 21).

Аналогично можно отметить абсолютная несогласованность в отделении пробелами математических знаков (знаки «равно», «больше», «меньше» и др.).

2. Автор О.С. Гусева в диссертации использует одновременно как русское, так и латинское начертание единиц измерения (стр. 89–91), что, по нашему мнению, нежелательно. Исключения могут составлять рисунки с латинским начертанием, используемые из зарубежных литературных источников.

3. В таблице 3.1 (стр. 79–80) не ясно с какой целью степень порядка наиболее вероятного времени релаксации указана с одним незначащим нулем.

4. На диаграммах зависимостей действительной части диэлектрической проницаемости от частоты переменного электрического поля  $\varepsilon'(f)$  рисунков (3.1–3.5) видны резонансные пики. По всей вероятности такие резонансы могут быть вызваны несогласованностью измерительной схемы, так как на таких частотах (свыше  $2 \cdot 10^6$ ) может вносить свой вклад индуктивность проводов.

5. Что касается десятичных дробей — автор не обратила внимание, что одновременно использует для разделения дробной части как точку, так и

запятую, причем зачастую в соседних предложениях (например, стр. 15, последний абзац или стр. 38, п2.1), и даже в одном ряде величин (стр. 79).

6. В ряде рисунков (3.20–3.27) на стр. 81–85 к слову «температура» неверно употреблен глагол «показана». Следовало использовать глагол «указана».

Также имеются еще различные недочеты, такие как неодинаковые абзацные отступы или в некоторых случаях их отсутствие, написание через дефис фамилий основоположников законов и теорий вместо использования тире с пробелами, небрежно оформленный список литературы, а также другие опечатки и неточности, которые присутствуют во многих диссертационных работах и не влияют на результаты проделанной научной работы.

Отмеченные выше недостатки не меняют общую положительную оценку диссертации. Полученные в работе новые результаты являются экспериментально обоснованными и согласуются с модельными представлениями. Диссертация О.С. Гусевой является законченной научно-исследовательской квалификационной работой. Достоверность результатов и обоснованность выводов не вызывают сомнений.

Автореферат адекватно отражает содержание диссертации.

Диссертация «Диэлектрические и сегнетоэлектрические свойства керамики твердых растворов на основе ниобата бария – кальция» Гусевой Ольги Сергеевны представляет собой законченную научно-квалификационную работу на актуальную для науки и практических применений тему. Диссертация по всем параметрам соответствует пунктам 1 и 2 паспорта специальности 1.3.8. – Физика конденсированного состояния (физико-математические науки), требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям согласно пунктам 9 – 14 «Положения о присуждении ученых» степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013, а её автор, О.С. Гусева, заслуживает

присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

Отзыв заслушан и обсужден на заседании физики, химии информатики 13 ноября 2023 г., Протокол № 2.

Заведующий лаборатории  
прикладного научного  
приборостроения ЮНЦ РАН,

к.ф-м. н.

П.С. Пляка

И.о. заведующего лаборатории  
многофункциональных углеродных материалов  
для электрохимических источников тока,  
электроники, медицины и  
высокоэффективных  
адсорбентов ЮНЦ РАН,

к.х. н.

М.И. Толстунов

Подписи к.ф-м. н., П.С. Пляка и к.х. н. М.И. Толстун



Ученый секретарь ЮНЦ РАН

к.б.н.

Н.И. Булышева

Федеральное государственное  
бюджетное учреждение науки  
«Федеральный исследовательский центр  
Южный научный центр Российской академии наук» (ЮНЦ РАН)  
Тел: (863)250-98-29,  
тел./факс: (863)266-56-77  
E-mail: [ssc-ras@ssc-ras.ru](mailto:ssc-ras@ssc-ras.ru)  
344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41.