

ОТЗЫВ

Официального оппонента
на диссертацию Али Майс

«Особенности диэлектрических свойств сегнетоэлектрической керамики ниобата натрия», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности
1.3.8 – физика конденсированного состояния

Актуальность исследований. Проблема структурной неустойчивости решетки кристаллов на протяжении многих лет является одной из центральных в физике твердого тела. Несмотря на то, что ей посвящено множество работ как экспериментальных, так и теоретических, достаточно полное понимание механизмов структурных превращений было достигнуто лишь в очень ограниченной части случаев, для наиболее простых в кристаллографическом отношении соединений и твердых растворов. Попытки построить из первых принципов теорию, обладающую предсказательной силой по отношению к фазопереходным явлениям, неизбежно сталкиваются с трудностями, обусловленными сложностью строения кристаллической решетки и межатомными взаимодействиями, сверхструктурными упорядочениями, химическими реакциями. В связи с этим, для выявления причин, приводящих к структурным трансформациям в каждой конкретном случае, необходимо проведение комплексных экспериментальных исследований.

Для многих сегнетоэлектрических соединений, в частности, была установлена критическая зависимость температуры Кюри и даже типа дипольного упорядочения от небольших концентраций примесей. Пожалуй, наиболее известный представитель таких сред - ниобат натрия. Его особенностью является уникальная последовательность многочисленных фазовых переходов, реализующаяся в широком интервале температур. Среди них наибольшее внимание исследователей привлекает фазовый переход при

630 К, который в зависимости от ряда факторов, в том числе, технологических, может приводить к возникновению либо сегнетоэлектрического, либо антисегнетоэлектрического состояния. Проблема сравнительной устойчивости этих двух состояний в ниобате натрия на протяжении многих лет остается предметом научных дискуссий.

Таким образом, проведение исследований, направленных на изучение трансформации антисегнетоэлектрического и сегнетоэлектрического переходов в ниобате натрия, является актуальной физической задачей как с точки зрения выяснения механизмов фазовых превращений в указанном соединении, так и для построения общей теории кинетики фазовых превращений в частично разупорядоченных полярных диэлектриках.

Достоверность и обоснованность научных результатов и выводов диссертации обеспечена корректным применением комплекса взаимодополняющих методик экспериментального исследования, адекватных целям и задачам диссертации, привлечением обширного экспериментального материала и его количественным и качественным анализом.

Научная и практическая значимость работы определяется выявлением корреляционных связей между технологией получения поликристаллических образцов ниобата натрия и типом дипольного упорядочения формирующихся доменных структур. Выявленные закономерности позволяют определить новые подходы к формированию поликристаллических твердых растворов с практически важными характеристиками.

Диссертационная работа Али Майс состоит из Введения и 4 глав, заключения и списка литературы из 173 наименований, насчитывает 138 страниц текста.

Во **введении** автором дается анализ проблемы, обосновывается ее актуальность, формулируется цель работы, связанная с поиском конкретных технологических условий формирования в поликристаллическом образце ниобата натрия сегнетоэлектрического состояния.

Первая глава посвящена детальному и обстоятельному обзору истории проблемы возникновения в полярных средах сегнетоэлектрического состояния. Обсуждается природа сегнетоэлектричества, влияния на свойства характера строения доменной структуры, особенности проявления в сегнетоэлектриках практически востребованных макрооткликов. Отдельный раздел посвящен современному состоянию исследований керамик на основе ниобатов щелочных металлов.

Во **второй главе** подробно рассмотрены особенности технологии получения поликристаллических материалов на основе ниобатов щелочных металлов. Приводятся результаты синтеза и спекания объектов в различных технологических условиях. Описаны основные методы, использованные при проведении исследований: атомно-силовая микроскопия, растровая микроскопия, диэлектрическая спектроскопия, метод исследования петель диэлектрического гистерезиса по схеме Сойера-Тауера, метод изучения пьезоэлектрических свойств.

Третья глава посвящена изучению микроструктуры полученных образцов и их диэлектрических характеристик. На основе проведенных исследований сделаны практически ценные выводы о предпочтительности низкотемпературного спекания. Проведен анализ релаксационных процессов в объектах, спеченных при различных температурах. Установлены корреляции между температурой спекания керамики и значениями наиболее вероятных времен релаксации диэлектрической проницаемости, обусловленным возникновением объемных зарядов при миграционной поляризации поликристаллических материалов со сложным иерархическим строением диэлектрической подсистемы.

В **четвертой главе** анализируется взаимосвязь фазового состава, структуры, микроструктуры, диэлектрических и зарядовых свойств керамических материалов в зависимости от температуры и кратности синтеза, использованных при изготовлении объектов исследования. В ходе детального анализа полученных данных автор обосновывает условия

возникновения сегнетоэлектрического и антисегнетоэлектрического состояний в ниобате натрия в рамках применения описанной технологии, а также устанавливает связи между релаксационными процессами и структурой формирующихся фаз.

В заключении перечислены основные результаты проведенных исследований.

Автореферат диссертационной работы в полной мере отражает ее содержание.

По диссертационной работе есть ряд вопросов и замечаний:

1. В ряде известных публикаций приведены результаты дифракционных исследований ниобата натрия, полученного различными методами, в виде монокристаллов и керамики, из которых следует, что полученный продукт не содержит примесных фаз, при этом анализ электрофизических характеристик позволяет утверждать, что все образцы обладают антисегнетоэлектрическими свойствами. Считаете ли Вы что эти результаты противоречат полученным Вами? Как можно их объяснить?

2. Представленные в работе петли диэлектрического гистерезиса ненасыщенны и обладают на участках максимального приложения поля отрицательной производной dP/dE , что, как правило, является следствием высокой электропроводности. В таких системах накопление зарядов не всегда связано с возникновением сегнетоэлектрической фазы. Кроме того, в работе отсутствуют петли, отвечающие антисегнетоэлектрическому состоянию, не приведено сравнение полученных петель с петлями для сегнетоэлектрика-эталона, снятыми в аналогичных условиях. Чем еще можно подтвердить сегнетоэлектрическую природу объектов исследования?

3. В работе отсутствуют сведения о попытках поляризации сегнетоэлектрической фазы, возможных пьезоэлектрических свойствах объектов. Осуществлялись ли такие попытки? Каковы их результаты?

4. Представленная в работе рентгенограмма « NaNbO_3 » содержит пики примесной фазы, интерпретированной как $\text{NaNb}_{10}\text{O}_{18}$. Указанная фаза, исходя

из зонной теории, должна обладать металлической проводимостью. При её 10%-ном содержании ниобат натрия должен обладать высокой электропроводностью и характерным для смесей на основе таких соединений черным цветом. Кроме того, замечу, что соответствующий набор рефлексов на рентгенограмме может отвечать целому ряду других Nb-содержащих сложных оксидов.

5. Обзор литературы содержит большое количество общеизвестных фактов, при этом современной литературе, посвященной непосредственно изучению свойств ниобата натрия, внимания уделено явно недостаточно.

6. В диссертационной работе присутствуют неточности и опечатки. Так, например, ниобат натрия не является солью, как утверждает автор, это сложный оксид. Фраза про «наиболее распространенный способ получения из редких, щелочных и двухвалентных элементов» вырвана из контекста [137] и использована некорректно. Не совсем понятно использование термина «флуктуации диэлектрической проницаемости». Присутствуют и другие неточности.

Но приведенные замечания не затрагивают основных результатов и не снижают значимость проведенного исследования.

Диссертационная работа Али Майс «Особенности диэлектрических свойств сегнетоэлектрической керамики ниобата натрия» является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором на высоком научном уровне. Положения, выносимые на защиту, представляют собой оригинальный научный результат, который является решением актуальной научной проблемы.

Тема и содержание диссертационной работы соответствуют специальности 1.3.8 - физика конденсированного состояния. Основные положения доложены и обсуждены на международных и всероссийских конференциях. Результаты проведенных исследований опубликованы в 5 работах, индексируемых в международных базах данных.

Диссертационная работа «Особенности диэлектрических свойств сегнетоэлектрической керамики ниобата натрия» Али Майс соответствует критериям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г. а ее автор – Али Майс – заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 Физика конденсированного состояния.

Даю согласие на обработку своих персональных данных.

Официальный оппонент –
доктор физико-математических наук
(1.3.8 – физика конденсированного состояния)

Научно-исследовательский
институт физики ФГАОУ ВО
«Южный федеральный университет»
директор НИИ физики


 Вербенко Илья Александрович

«20» 11 2023 г.

НИИ физики ФГАОУВО «Южный федеральный университет» 344090, г.
Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 194, тел.: +78632433676, факс: +78632434044,
ilich001@ya.ru, <https://ip.sfedu.ru>