

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора физико-математических наук Бурханова Анвера Идрисовича на диссертацию Лесниковой Валерии Олеговны «Спонтанная эволюция доменной структуры сегнетоэлектрических кристаллов группы триглицинсульфата», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «физика конденсированного состояния»

Практически значимые физические свойства сегнетоэлектриков, как связанные, так и не связанные с переключением поляризации, всецело определяются статическими и динамическими свойствами доменной структуры, зависящими, в том числе, и от условий ее формирования. Несмотря на значительные достижения последних лет в исследованиях доменных структур различных сегнетоэлектриков, связанные с развитием новых экспериментальных методик, в первую очередь, сканирующей зондовой микроскопии, актуальные вопросы обеспечения условий формирования в реальном сегнетоэлектрике заданных доменных конфигураций с требуемыми свойствами остаются нерешенными. Во многом это сдерживается многообразием и сегнетоэлектриков и типом доменных структур в данном материале. Так, даже в хорошо изученном модельном сегнетоэлектрическом монокристалле триглицинсульфате (ТГС) возможны пять видов 180° -ой доменной структуры, из которых при достаточно быстром охлаждении в полярную фазу (что чаще всего и реализуется на практике) образуется полосчатая доменная структура. Естественно, что начальное состояние такой доменной структуры является неравновесным и при постоянной температуре она релаксирует к состоянию термодинамического равновесия.

Диссертационная работа В.О. Лесниковой посвящена исследованию закономерностей процессов релаксации неравновесных доменных конфигураций одноосных модельных сегнетоэлектрических кристаллов группы триглицинсульфата (ТГС) методом анализа пространственно-временных корреляционных функций в рамках формализма двумерной модели Изинга.

Актуальность данного исследования связана с развивающимся в последние годы нового подхода к записи и хранению информации, который базируется на использовании легко переключаемых электрическим полем, но стабильных к иным воздействиям заданных сегнетоэлектрических доменных конфигураций, однако недостаточность сведений о процессе возникновения, формирования и эволюции доменной структуры сегнетоэлектрических

кристаллов ограничивает их практическое применение. Следует отметить, что отличие данной диссертационной работы заключается в исследовании поведения доменной структуры модельных одноосных сегнетоэлектрических кристаллов в условиях при температуре вблизи точки фазового перехода с использованием метода анализа пространственно-корреляционных функций. Практическая ценность диссертационного исследования определяется развитием способов стабилизации или формирования необходимых заданных доменных структур, а значит, управления свойствами сегнетоэлектрических материалов, что поможет в решении практических задач разной направленности

Диссертация общим объемом 134 страницы состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 143 источников.

Во введении приведено обоснование актуальности исследования, сформулирована цель и задачи для её достижения, практическая значимость и научная новизна. Приведены сведения об опубликованных статьях и аprobации работы. Результаты доложены на 6 международных, всероссийских конференциях.

Первая глава посвящена анализу научной литературы и обоснована актуальность работы.

Во второй главе обоснован выбор объектов исследования и изложены методики исследования. В главе достаточно подробно описан метод получения пространственно-временных корреляционных функций, с помощью которого был проведен количественный анализ временных изменений доменной структуры исследованных кристаллов и доказана его правомерность применительно к рассматриваемому температурному интервалу вблизи точки фазового перехода.

Третья глава посвящена определению температурного и временного поведения доменной составляющей диэлектрического отклика кристаллов ТГС и влияния на неё структурных дефектов в целях выявления подходящих образцов для исследования. Особый интерес вызывает результаты исследования диэлектрических свойств кристалла ТГС, выращенного методом понижения температуры с переводом через точку Кюри, которые позволили обнаружить область кристалла с наивысшей степенью качества.

В четвертой главе представлены основные результаты диссертационной работы, в частности, корреляционный анализ визуализированной доменной структуры кристаллов и сравнение данного метода с методом непосредственного расчета параметров доменной

конфигурации из изображений, которые были получены современным методом атомно-силовой микроскопии. Поведение параметров доменной структуры, полученных двумя разными способами, подчиняется степенному закону, которое, по словам автора, является универсальным для систем различной природы (бинарные сплавы, модели Изинга) со скалярным параметром порядка. Многие теоретические работы посвящены изучению поведения подобных объектов для установления общих закономерностей процесса упорядочения двухфазных систем после быстрого фазового перехода. Важным результатом работы является интерпретация автором экспериментальных результатов с помощью известных теоретических работ и последующее выявление основных закономерностей и различий между механизмами эволюции доменной структуры для разных температур наблюдения в исследуемом интервале температур и для кристаллов с дефектами разной природы.

В заключении приведены основные выводы по результатам проведенных исследований.

Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Полученные автором результаты находятся в хорошем согласии с известными теоретическими данными и не противоречат имеющимся экспериментальным, что подтверждает их достоверность. Кроме того, работа выполнена с использованием современнейшего инструмента для исследования доменной структуры сегнетоэлектриков – атомно-силовой микроскоп (АСМ), преимущества которого дали возможность наблюдения изменений конфигурации доменов в режиме реального времени.

Новизна научных положений и результатов

Новизна результатов диссертационного исследования заключается в следующем:

1. Показано, что реальные кристаллы с дефектами различной природы подчиняются закономерностям, предсказанных термодинамической теорией сегнетоэлектрических фазовых переходов второго рода для монодоменных кристаллов, в результате подавляющего действия дефектов на доменную компоненту диэлектрических параметров;

2. Приведено описание процесса развития доменной структуры исследованных кристаллов во времени с помощью корреляционного анализа и доказана его правомерность.

3. Доказано, что эволюция доменной структуры кристаллов группы ТГС может быть описана в рамках кинетики упорядочения двухфазных систем разной природы;

4. Систематизированы абсолютные значения показателей степени временных зависимостях характеристической длины и среднего размера доменов, параметров доменной структуры, полученных двумя различными способами, при удалении от точки Кюри в исследованном температурном интервале, которые выявили изменения степени консервативности системы в процессе ее эволюции.

Общая характеристика диссертационной работы

При определении оценки работы в целом следует отметить, что автор достаточно корректно использует в работе известные научные методы для обоснования полученных результатов и выводов. Им изучены и критически проанализированы известные достижения других авторов по вопросам диссертации. Учитывая существенную новизну результатов, можно считать, что поставленные в работе задачи выполнены в полной мере. Вместе с этим, имеются следующие недочёты и замечания к содержанию диссертации:

1) Термин «спонтанная эволюция», фигурирующий, как в названии, так и в тексте диссертации, является не корректным. Почему бы не оставить просто- «эволюции доменной структуры.....» ?

2) Когда автор использует для анализа диэлектрический отклик, то , конечно же, измерения на одной частоте (1000Гц) явно недостаточно (автор сам отмечает в ссылках работы по информативности такого параметра, как дисперсия диэлектрической проницаемости при анализе доменного вклада).

3) Для представленных в диссертации таких переполяризационных характеристик как амплитудные зависимости эффективной диэлектрической проницаемости не указаны для какой частоты получены петли диэлектрического гистерезиса, откуда получались такие характеристики. В данном случае следовало бы привести данные по поляризации Р, а пороговые (коэрцитивные) поля оценивать по дифференциальной диэлектрической проницаемости (dP/dE) , как это обычно делается при оценке качества сегнетоэлектрических материалов.

4) В качестве замечания по оформлению следует отметить, что в тексте имеются пропущенные или лишние запятые, а расположение некоторых рисунков мешали восприятию текста. Рисунки на страницах 87-91, а также 100-102, для лучшей наглядности следовало структурировать более компактно.

Тем не менее, указанные замечания не снижают научную ценность проведенного диссертационного исследования. Диссертация Лесниковой В.О. «Спонтанная эволюция доменной структуры сегнетоэлектрических кристаллов группы триглицинсульфата» является законченной научно-исследовательской работой. Полученные автором выводы и заключения обоснованы, а результаты достоверны. Основные из них изложены в 12 научных работах, из них 6 статей опубликованы в рецензируемых журналах из перечня ВАК, 1 работа индексируется базой данных Web of Science, и 1 работа индексируется базой данных Scopus.

Автореферат диссертации в полной мере отражает её содержанию.

Диссертационная работа полностью соответствует критериям ВАК, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, а также паспорту специальности 01.04.07 – «физика конденсированного состояния». Считаю, что Лесникова Валерия Олеговна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «физика конденсированного состояния».

Официальный оппонент, д. ф.-м. н., доцент,
заведующий кафедрой «Физика»
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Институт архитектуры и
строительства Волгоградского
государственного
университета»



А.И. Бурханов

26 августа 2019 г.

Подпись и сведения Бурханова А.И. заверяю
Ученый секретарь ИАиС ВолгГТУ
К.т.н., доцент



Адрес организации: 400074, Волгоград, ул. Академическая, д. 1, к. 3-404
Тел.: +7(442)969-963
Электронный адрес: kafphys@vgsu.ru