

Отзыв официального оппонента

на диссертационную работу **Аликина Юрия Михайловича** «Исследование кинетики доменной структуры сегнетоэлектриков при переключении поляризации в неоднородном электрическом поле», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Работа Аликина Юрия Михайловича **актуальна** как для фундаментальной физики твердого тела, так и для применений исследованных материалов. Для фундаментальной физики актуальность работы обусловлена тем, что сегнетоэлектрические доменные структуры являются уникальными модельными объектами для исследований кинетики фазовых превращений в неравновесных условиях. Понимание механизмов, приводящих к образованию и кинетике заряженных доменных стенок является важной проблемой физики сегнетоэлектриков, для решения которой может быть использовано локальное переключение поляризации на неполярном срезе. В прикладном плане наиболее часто используемым материалом для изготовления преобразователей длины волны является именно ниобат лития, легированный магнием и имеющий прецизионно заданную доменную структуру. Кристаллы многоосного сегнетоэлектрика магнониобата-титаната свинца обладают рекордными пьезоэлектрическими характеристиками, которые удастся значительно увеличить за счет изменения доменной структуры. В связи с этим обнаруженный соискателем закономерности расширяют возможности применений исследованных материалов.

Структура и содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений и списка цитируемой литературы,

состоящего из 133 библиографических ссылок. Общий объем диссертации составляет 105 страниц, содержит 62 рисунка и 1 таблицу. Общие выводы и перспективы дальнейшей разработки темы представлены в заключении.

Первая глава является обзорной. В ней приведены основные определения и понятия физики сегнетоэлектриков. Рассмотрены свойства и доменные структуры исследуемых материалов.

Вторая глава является методической и содержит основные характеристики исследуемых образцов, описание экспериментальных установок и методик.

Третья глава посвящена исследованию роста доменов с заряженными доменными стенками при локальном переключении поляризации на неполярных срезах MgO/CLN

В неполярном срезе конгруэнтного ниобата лития продемонстрированы закономерности формирования изолированных доменов при однократном и многократном переключении поляризации одиночными импульсами. Выявлены зависимости формы доменов от параметров импульса. Изучен процесс слияния встречно растущих клиновидных доменов при переключении поляризации импульсами различной полярности, приводящий к формированию полосового домена с нейтральными стенками. Исследовано формирование массива изолированных клиновидных доменов, растущего при приложении напряжения между проводящим зондом и заземленным полосовым электродом.

Четвертая глава посвящена исследованию обратного переключения клиновидных доменов с заряженными доменными стенками.

В неполярном срезе конгруэнтного ниобата лития было проведено исследование эффекта самопроизвольного частичного обратного переключения, вызванного переключением зондом сканирующего зондового микроскопа, а также эффект обратного переключения, вызванного воздействием зонда при визуализации доменной структуры методом силовой микроскопии пьезоэлектрического отклика.

Пятая глава посвящена исследованию закономерностей формирования самоорганизованных доменных структур при локальном переключении в монокристаллах многоосного сегнетоэлектрика магнониобата-титаната свинца в ромбоэдрической фазе.

В магнониобате-титанате свинца находящимся в ромбоэдрической фазе продемонстрирована эволюция доменной структуры, полученная с помощью локального переключения поляризации. Рассмотрено формирование сложной доменной структуры, состоящей из сегнетоэлектрических и сегноэластических доменов. Изучено влияние влажности на стабильность таких структур.

Степень обоснованности, достоверности, научная новизна, практическая и теоретическая значимость положений и выводов, сформулированных в диссертации.

Сформулированные в диссертации положения и выводы обоснованы и достоверны. Результаты экспериментальных исследований были получены на современном оборудовании, воспроизводимы и находятся в согласии с расчетами. Результаты диссертации апробированы на 16 профильных российских и международных конференциях и опубликованы в 7 статьях в ведущих, в том числе, отраслевых, научных журналах, индексируемых базами данных Web of Science и Scopus. Полученные автором результаты являются новыми и имеют важное значение для физики конденсированного состояния и ее приложений. Выводы полны, логичны и адекватны.

В рамках диссертации получены результаты, обладающие **научной новизной**. Получены новые данные об эволюции доменной структуры при локальном переключении в неполярном срезе конгруэнтного ниобата лития на неполярном срезе и магнониобате-титанате свинца. Впервые измерена и объяснена в рамках кинетического подхода зависимость от амплитуды и количества переключающих импульсов величины отклонения заряженных доменных стенок от полярного направления при локальном переключении на

неполярном срезе одноосного сегнетоэлектрика. Продемонстрировано влияние эффекта обратного переключения, связанного с воздействием зонда при визуализацией доменной структуры с помощью сканирующего зондового микроскопа. Впервые изучены и объяснены эффекты коррелированного зародышеобразования и потери устойчивости формы, приводящие к формированию массива изолированных клиновидных доменов, в результате прорастания изолированного домена к сплошному электроду. Полученные результаты представляют значительный практический интерес для дальнейшего развития методов доменной инженерии в сегнетоэлектриках.

Вопросы и замечания к содержанию и оформлению диссертации.

1. Третье положение не полностью отражает процесс формирования массива изолированных клиновидных доменов, растущих при приложении напряжения между зондом и плоским электродом. Согласно тексту диссертации, этот процесс состоит из 4 фаз, которые в самой работе прописаны подробно и ясно. Кроме того, следовало бы исключить слово «заряженный» из последней строки положения, поскольку пока стенка параллельна полярному направлению, она является незаряженной.
2. Защищаемое положение 5 отнесено диссертантом к главе, посвящено ниобату лития. При этом текст на эту представлен в п. 4.5. и занимает 1 страницу вместе с рисунком. При этом вывод делается единственно на основе схемы, представленной на этом рисунке (рис.4.7в).
3. Рисунки 3-9 и 3 10 плохо описаны, нет масштаба на б, в. Нет объяснения влияния перекрытия поверхностного потенциала на длину доменов (при моделировании длина всех доменов одинакова даже при значительном перекрытии, рис. 3.9 б).

4. Отсутствуют определения понятий «степень внешнего экранирования» (стр. 49), коэффициента заполнения (стр. 56), степени обратного переключения (стр. 65). На каком основании степень быстрого внешнего экранирования выбиралась равной 0,85?
5. Рисунок 3.18 стр 58 – не обсуждается причина наклона всего домена к поверхности заземленного электрода.
6. В подписи к рисунку 3.14, представляющем изображения доменов при разном расстоянии между зондом при их формировании в конце сказано «Расстояние между точками приложения напряжения 11 мкм».
7. На рис 4.3 не указаны панели (а-д), присутствующие в подписи к рисунку.
8. Представляется необходимым добавить пояснения к формуле 3.3. Применима ли она к неполярным диэлектрикам, для которых поле должно быть centrosymmetric относительно нормали к поверхности. Каким образом при выводе этой формулы учитывается наличие полярной оси?
9. Какие характерные времена учитываются в формуле 3.7. Чему равно N?
10. Текст содержит значительное число опечаток, грамматических, синтаксических и стилистических ошибок.

Однако эти замечания не влияют на положительную оценку выполненной работы и не ставят под сомнение основные выводы диссертации.

Заключение по диссертации.

Диссертационная работа Аликина Юрия Михайловича «Исследование кинетики доменной структуры сегнетоэлектриков при переключении поляризации в неоднородном электрическом поле» является завершённой научно-квалификационной работой. Замеченные недостатки не умаляют общей научной значимости работы.

Содержание диссертации соответствует научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.


Работа отвечает критериям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор Аликин Юрий Михайлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Мишина Елена Дмитриевна,
доктор физико-математических наук, профессор,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "МИРЭА - Российский технологический университет",
заведующий лабораторией фемтосекундной оптики для нанотехнологий,
кафедра наноэлектроники, институт перспективных технологий и
индустриального программирования.

Адрес: 119454, Москва, пр-т Вернадского, д. 78

Телефон: +7 (499) 215-65-65

Адрес электронной почты: mishina@mirea.ru

  /Мишина Е.Д./ « 15 » сентября 2023 г.

Подпись руки

УДОСЛОВЕНО:

Начальник Управления кадров

М. Буханова

