

Отзыв официального оппонента

на диссертационную работу **Грешнякова Евгения Дмитриевича** «Исходная доменная структура и ее эволюция при переключении поляризации в монокристаллах ниобата лития и танталата лития с отклонением от стехиометрического состава», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Актуальность темы

В материаловедении генеральным направлением неизменно остается создание материалов с требуемыми (для различных целевых функций) свойствами. В настоящее время широкое распространение получило применение сегнетоэлектрических материалов. При этом на свойства сегнетоэлектриков существенно влияет доменная структура (ДС). Следовательно, управление формированием ДС играет ключевую роль. Своеобразными эталонами сегнетоэлектрических кристаллов являются ниобат лития (LiNbO_3 , LN) и танталат лития (LiTaO_3 , LT). Следует иметь в виду, что достижение идеальных стехиометрических составов LN и LT – нетривиальная задача. Типичны заметные отклонения от стехиометрии. На изучении процессов эволюции ДС в таких объектах и сосредоточено внимание в рецензируемой работе.

Структура и основное содержание работы

Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений и списка цитированной литературы (138 позиций). Общий объем диссертационной работы составляет 110 страниц, включая 63 рисунка и 4 таблицы.

Первая глава является обзорной. В ней приведены основные определения и понятия физики сегнетоэлектриков. **Вторая глава** является методической и содержит основные характеристики исследуемых образцов, описание экспериментальных установок и методик. **Третья глава** посвящена исследованию заряженных доменных стенок, образующихся при фазовом

переходе в одноосном сегнетоэлектрике с градиентами состава. **Четвертая глава** посвящена исследованию исходной доменной структуры, образующейся при фазовом переходе и изменяющейся при последующем охлаждении в одноосном сегнетоэлектрике с градиентами состава. **Пятая глава** посвящена распаду исходной доменной структуры в однородном электрическом поле. **Шестая глава** посвящена изучению переключения поляризации в зависимости от состава на неполярном срезе LN. **Седьмая глава** посвящена измерению электромеханических характеристик бидоменных актюаторов. Материалы пяти глав 3-7 полностью оригинальны.

В Заключении четко изложены выводы исследования,

Анализ защищаемых положений. В работе представлены шесть защищаемых положений.

Первое защищаемое положение связывает шероховатость заряженной доменной стенки, образующейся в LN в результате фазового перехода, с величиной пространственного распределения градиента состава. Второе защищаемое положение связывает формирование выступов на заряженной доменной стенке в LT с воздействием пироэлектрического поля, возникающего при охлаждении после фазового перехода

Третье защищаемое положение интерпретирует зависимость формы сечения цилиндрических доменов в LT от глубины с пространственно неоднородным распределением состава. Четвертое защищаемое положение рассматривает образование и рост к полярной поверхности выступов на заряженной доменной стенке в LT во внешнем постоянном электрическом поле с процессом переключения за счет формирования ступеней на стенке. Пятое защищаемое положение трактует зависимости от параметров переключения и состава размеров клиновидных доменов, образующихся при локальном переключении на неполярном срезе в LN. Шестое защищаемое положение

относится к описанию зависимости электромеханического коэффициента передачи бидоменного актюатора от толщины заряженной доменной стенки и разработке технологии создания бидоменного актюатора с плоской доменной стенкой.

Новизна полученных результатов

По существу, все выносимые на защиту положения являются новыми в научном отношении.

Для рецензента, активно разрабатывающего динамическую теорию мартенситных превращений, особо интересен материал, относящийся к формированию ДС, включающий зарождение и рост, как отдельных доменов, так и их ансамблей. Показательным экспериментальным фактом является изменение сечений доменов в условиях пространственной неоднородности состава. Здесь явно просматривается аналогия с изменением формы мартенситных кристаллов (и двойников превращения) при росте в неоднородной среде. Кроме того, оппонент отмечает большой объем выполненных экспериментальных исследований, использование современных аналитических методов обработки данных и высокое качество литературного обзора.

Обоснованность и достоверность результатов работы не вызывает сомнений. Она обеспечивается использованием, как при аттестации, так и при исследовании образцов оптической и сканирующей электронной микроскопии, сканирующей зондовой микроскопии пьезоэлектрического отклика, конфокальной микроскопии комбинационного рассеяния (КМКР) света, микроскопии генерации второй гармоники (МГВГ) Черенкова. Экспериментальные установки имели прецизионную точность измерений. Выводы базируются на надежной статистике экспериментов. Кроме того, отмечу ясно очерченную и критически осмысленную постановку цели исследования, воспроизводимость результатов, внутреннюю

непротиворечивостью работы и согласие с известными литературными данными.

Основные результаты диссертационной работы достаточно полно представлены в научной печати в виде 24 научных публикаций, включая 7 статей в журналах, индексируемых в международных базах данных WoS, Scopus и входящих в перечень ВАК. Оппонент подтверждает точность приведенных в диссертации ссылок на работы автора.

Работа прошла достаточную впробацию, ее результаты доложены на 12 представительных российских и международных научных конференциях (опубликованы тезисы представленных автором с соавторами докладов).

Автореферат адекватно отражает содержание диссертации.

Теоретическая ценность работы. Установлены корреляции между рядом морфологических особенностей (шероховатость доменных стенок, образование выступов на стенках) и пространственной неоднородностью состава образцов. Несомненный научный интерес представляет обнаруженный процесс формирования и распада лабиринтовой ДС.

Практическая ценность работы. Результаты работы обладают явно выраженной практической значимостью, достаточно сказать, что разработанная методика создания бидоменного актюатора методом термодиффузионного сращивания монодоменных пластин позволила получить линейную безгистерезисную субнанометровую (!) точность перемещения.

Замечания по работе

Диссертация, на мой взгляд, свободна от каких-либо существенных недоработок, тем не менее, отметим ряд непринципиальных моментов:

1. На страницах 30-31 три разных рисунка имеют один и тот же номер 1.12, что привело к сбою нумерации рисунков
2. Глава 3 вместе с визуализацией доменов в объеме с помощью КМКР следовало дополнительно использовать метод и МГВГ, что бы

- показать различия между ростом доменов с полярной поверхности и заряженной доменной стенки.
3. Не указано, как определялся тип заряженной доменной стенки в кристаллах танталата лития и ниобата лития
 4. Глава 6 не имеет разделов, нет цветовой шкалы на рисунке 6.2
 5. Не на всех изображениях доменной структуры указаны ориентации осей

Ясно, что приведенные замечания ни в коей мере не снижают высокую оценку научного содержания 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 кандидатским диссертациям, а ее автор Грешняков Е.Д. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Кащенко Михаил Петрович

М

доктор физико-математических наук, профессор,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный лесотехнический университет», Заведующий кафедрой Общей физики.

Адрес: 620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, дом 37

Телефон: +7 (343) 261-45-51

Адрес электронной почты: kashchenkomp@m.usfeu.ru

02.09.2022

Подпись Кащенко М.П. завер
Ведущий Грешняков Е.Д.
документовед Грешняков Е.Д.
«02» 09 2022