

## ОТЗЫВ

на автореферат кандидатской диссертации Ушакова А.Д. «Исследование эволюции доменной структуры при переключении поляризации кристаллов семейства многоосного релаксорного сегнетоэлектрика магнониобата-титаната свинца», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. – «Физика конденсированного состояния»

Диссертационная работа Ушакова А.Д. посвящена экспериментальному изучению эволюции доменной структуры кристаллов семейства многоосного релаксорного сегнетоэлектрика магнониобата-титаната свинца (PMN-PT). Кристаллы этого семейства обладают очень высокими пьезоэлектрическими коэффициентами. Они успешно используются для изготовления пьезоэлектрических двигателей и приводов, ультразвуковых преобразователей и медицинских диагностических приборов, а также для преобразования частоты оптического излучения. В связи с этим, тема диссертационной работы, связанная с исследованием эволюции доменной структуры при переключении поляризации в этих сегнетоэлектриках безусловно является актуальной.

В работе использовалась современная методология экспериментальных исследований на базе оптической поляризационной микроскопии, силовой микроскопии пьезоэлектрического отклика, высокоскоростной цифровой видеокамеры MiniUX100, сканирующего зондового микроскопа и др. В работе получен ряд новых экспериментальных результатов. Установлено, что переключение поляризации вдоль полярных осей в образцах монокристалла PMN-PT тетрагональной или ромбоэдрических фаз реализуется за счет образования и роста  $\alpha$ -доменов, формирования доменных структур с заряженными стенками на пересечениях доменов различного типа; выявлена роль границ неполярных включений в формировании неоднородных деполяризующих полей, которые вызывают появление двойных и тройных петель диэлектрического гистерезиса; показано, что постепенное уменьшение доли замороженной доменной структуры при многократном

переключении является причиной значительного роста пьезоэлектрического коэффициента в PIN-PMN-PT ромбоэдрической фазы.

Результаты диссертационной работы широко апробированы на многочисленных международных и российских конференциях и симпозиумах и опубликованы в девяти статьях в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Считаю, что по объему, научному уровню и значимости полученных результатов, диссертационная работа Ушакова Андрея Дмитриевича полностью соответствует требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней в УрФУ и паспорту специальности 1.3.8, по которой представлена к защите, а ее автор, Ушаков Андрей Дмитриевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. – «Физика конденсированного состояния».

Доктор физико-математических наук, проф. Шибков Александр Анатольевич  
Профессор кафедры теоретической и экспериментальной физики  
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина»  
Адрес: 392000, г. Тамбов, ул. Интернациональная, д. 33  
Телефон: (4752) 72-34-34, доб. 2019  
Email: [shibkov@tsu.tmb.ru](mailto:shibkov@tsu.tmb.ru).

10.11.2021



*Handwritten signature of A.A. Shibkov*

Шибков А.А.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_