

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Марченкова Н.В. «Рентгенодифракционные исследования пьезоэлектрических кристаллов при воздействии внешних электрических полей», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.18 – «Кристаллография, физика кристаллов»

Диссертационная работа Марченкова Никиты Владимировича посвящена разработке рентгенодифракционных методов двух- и трехкристальной дифрактометрии, многоволновой и квазимноговолновой дифракции, для исследования кристаллов, пьезокристаллов находящихся по действием внешнего электрического поля и экспериментальному исследованию дефектной структуры, измерению пьезоэлектрических модулей кристаллов лантан-галлиевого танталтата и парателлурита методами двухкристальной дифрактометрии и методами многоволновой и квазимноговолновой дифракции.

Широкое применение в современной технике, электронике, навигации, мобильной радиосвязи, бытовой технике, военной технике и т.д. разнообразных устройств, приборов, датчиков содержащими пьезоматериалы, делает это направление исследований крайне актуальным. Проблема состоит в том, в ряде случаев для решения конкретных технических задач требуется синтезировать кристаллы со специальными параметрами пьезомодулей. Поэтому разработка прецизионных методов измерения характеристик пьезоматериалов является важной проблемой. Сказанное выше позволяет утверждать, что тема диссертационной работы Н.В.Марченкова «Рентгенодифракционные исследования пьезоэлектрических кристаллов при воздействии внешних электрических полей» является актуальной.

Для решения поставленных задач диссертант использует целый комплекс рентгенодифракционных методов: двух- и трехкристальную

дифрактометрию, методы многоволновой и квазимноговолновой дифракции. Полученные автором пьезоэлектрические характеристики исследуемых кристаллов согласуются с имеющимися в небольшом количестве литературе. Поэтому можно утверждать, что представленные в работе результаты являются абсолютно достоверными.

Представленная диссертационная работа построена по обычной схеме. Во введении дается постановка задач исследования.

Первая глава посвящена литературному обзору, где рассмотрены вопросы взаимодействия рентгеновского излучения с веществом, приведены интересные сведения из истории развития исследований кристаллов в условиях электрических полей рентгенодифракционными методами, проанализированы методы исследования параметров кристаллической решетки, описаны современные прецизионные рентгеновские методики определения параметров решетки и возможности их применения для исследования влияния внешних воздействий на структуру кристаллов – дифрактометрия, двух- и трех-кристальная спектрометрия, методы многоволновой дифракции; методы исследования реальной структуры кристаллов. Далее обсуждаются свойства пьезоматериалов и методы определения пьезомодулей, так как именно эти величины в первую очередь характеризуют пьезоэлектрические свойства материала. Обзор написан обстоятельно, интересно и, по моему мнению, можно рекомендовать автору издать его в виде отдельной публикации.

Во второй главе приведены результаты измерения пьезомодулей кристаллов лантан-галлиевого танталата с помощью рентгеновских методов. Описаны методы приготовления образцов. Довольно подробно рассмотрены методики двух- и трехкристальной дифрактометрии, квазимноговолновой дифракции. Особое внимание уделено методике квазимноговолновой дифракции. Приведена таблица измеренных автором значений пьезомодуля d_{11} тремя рентгеновскими методами. Полученные результаты согласуются с литературными данными. В разделе 2.5 рассмотрен очень важный вопрос о

неоднородности распределения значений пьезомодуля d_{11} по поверхности образца за счет неоднородного распределения Ta и Ga в объеме кристалла.

Третья глава посвящена изложению результатов исследования обнаруженного автором диссертации эффекта образования доменов в кристаллах парателлурита под воздействием внешнего постоянного электрического поля. Приводятся результаты исследования образования неферроидных доменов в монокристаллах α -TeO₂ под воздействием постоянного электрического поля. Эффект образования таких доменов занимает по времени десятки и сотни минут т.е. это медленный эффект. Наиболее интересным в этом разделе является визуализация изменения формы узла обратной решетки под действием электрического поля.

В четвертой главе диссертант приводит результаты исследования реальной структуры кристаллов парателлурита рентгеновскими методами. Описываются методики обнаружения и исследования статических дефектов в кристаллах. Эти дефекты под действием электрических полей многом стать причиной структурных перестроек, которые приводят к образованию неферроидных доменов. Для этой цели использована схем многоволновой дифракции в двухкристальной схеме. Полученные в этой главе результаты указывают на то, что многоволновая дифракция за счет возможности определения фазы рентгеновских волн более чувствительна к обнаружению дефектов в кристалле, чем стандартная двухволновая дифракция. На мой взгляд, это интересный задел для будущего.

Личный вклад соискателя состоит в разработке и реализации рентгеновских методов исследования пьезокристаллов находящихся по действием внешнего электрического поля, разработке алгоритмов расчета значений пьезомодулей по данным рентгеновской дифрактометрии, экспериментальному исследованию дефектной структуры, измерению пьезоэлектрических модулей кристаллов лантан-галлиевого танталтата и парателлурита методами стандартной двухкристальной дифрактометрии и методами многоволновой и квазимноговолновой дифракции.

Среди научных результатов, имеющих важное научное и практическое значение, следует отметить следующее:

1. Разработаны специализированные рентгенодифракционные методики для прецизионного исследования функциональных и эксплуатационных характеристик пьезоэлектрических кристаллов.
2. Проведены измерения пьезомодулей кристаллов лантан-галлиевого танталата рентгеновскими методами двух- и трехкристальной дифрактометрии, а также при помощи квазимноговолновой дифракции;
3. Автором диссертации впервые разработаны рентгенодифракционные методики позволяющие проводить локальные исследования пьезоэлектрических свойств с высоким пространственным разрешением (вплоть до 30 мкм), что необходимо, например, в многокомпонентных или дефектных кристаллах, в которых имеет место варьирование свойств по объему образца.
4. Впервые обнаружен и исследован эффект образования медленно формирующихся неферроидных доменов, возникающих в кристаллах TeO_2 под воздействием внешнего постоянного электрического поля; размер доменов составляет 2-4 мкм, а угловая разориентация 100 угл.с. при напряженности внешнего поля 4 кВ/мм.

Полученные результаты могут найти практическое применение в организациях занимающихся исследованиями в области развития рентгеновских методик измерения пьезоэлектрических характеристик материалов, в организациях разрабатывающих и использующих разнообразные пьезоэлектрические датчики, например в авиационной промышленности для измерений давлений при высоких температурах в авиационных двигателях.

Представленная диссертационная работа выполнена на высоком экспериментальном и теоретическом уровне. Вместе с тем в диссертации имеются определенные погрешности.

1. В обзоре (гл.1) и в других разделах диссертации, к сожалению, нет ссылок на известные работы Рощупкина Д.В., Иржака Д.В. по изучению структуры и пьезоэлектрических свойств лангаситов. Недавно под их руководством была защищена диссертация «Исследование структурного совершенства, пьезоэлектрических и акустических свойств кристалла $\text{Ca}_3\text{TaGa}_3\text{Si}_2\text{O}_{14}$ » Фахртдиновым Р.Р.
2. В разделе 2.1 приводится описание методов полировки поверхности кристаллов, но остается открытым вопрос о реальной структуре полученных кристаллов. Какие объемные дефекты в образцах присутствуют.
3. На стр 51 сказано «На грани (11-20) методом термического напыления были нанесены Au проводящие покрытия с подслоем Cr, необходимые для создания однородного электрического поля во всем объеме образца...». Автор, к сожалению, не объясняет, как работает этот слой Cr. Какая однородность поля при этом достигается.
4. В главе 2 приводятся результаты измерений кривых отражения рис.2.11-2.16. Однако автор не приводит сведений, с какой статистикой получены эти данные.
5. В разделе 2.5 приведены интересные данные о неоднородности распределения значения пьезомодуля d_{11} по поверхности образца за счет неоднородного распределения Ta и Ga в объеме кристалла. К сожалению в диссертации не приводятся никакие сведения о неоднородностях распределения Ta и Ga в образцах. Это что какие-то островки?
6. В разделе 3.1 при описании структуры $\alpha\text{-TeO}_2$ автор, к сожалению, не приводит пространственную группу для данной структуры.

Отмеченные недостатки не снижают высокого уровня представленной диссертационной работы и не затрагивают основные выводы работы, поэтому не являются принципиальными для её общей положительной оценки.

Материалы диссертации опубликованы в 3 статьях в рецензируемых научных изданиях из списка ВАК и апробированы на 16-и семинарах, научных школах, российских и международных конференциях. Автореферат полно отражает содержание диссертационной работы. Диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Автором получены новые важные научные результаты: разработан аппаратно-программный комплекс на базе трехкристального рентгеновского спектрометра (ТРС-К), проведены измерения пьезомодулей

кристаллов лантан-галлиевого танталата, впервые обнаружен и исследован эффект образования медленно формирующихся неферроидных доменов, возникающих в кристаллах TeO_2 под воздействием внешнего постоянного электрического поля.

Выводы и рекомендации автора достаточно обоснованы. Работа отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации и установленным постановлением правительства российской федерации от 24 сентября 2013 г. n 842 «о порядке присуждения ученых степеней», а её автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.18 – кристаллография, физика кристаллов.

27 января 2015 г.

Главный научный сотрудник ИФТТ РАН
Проф., д.ф.-м.н. Э.В.Суворов

Подпись Суворова Э.В. заверяю
Ученый секретарь Ученого Совета ИФТТ РАН
доктор.ф.-м.н. Г.Е.Абросимова



142432, г. Черноголовка, Московская обл., ул. Академика Ю.А.Осипьяна,
д. 2, ИФТТ РАН, Лаборатория структурных исследований.

Телефон: 8 (49652) 28403.

e-mail: suvorov@issp.ac.ru