

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Таргонского А.В. **«Развитие времяразрешающих рентгеноакустических методов и изучение на их основе рентгенодифракционных характеристик кристаллических материалов»**, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.18 – «Кристаллография, физика кристаллов»

Диссертационная работа Таргонского Антона Вадимовича посвящена разработке принципиально нового подхода к рентгеновской дифрактометрии – созданию метода рентгеноакустической дифрактометрии, разработке элементов рентгеноакустической оптики (резонаторов, монохроматоров, анализаторов). В работе приведены результаты исследований механической устойчивости и других, важных для рентгеновских исследований характеристик к вибрационным нагрузкам кристаллов (кремний, кварц, фторид лития и парателлурит).

Актуальность темы диссертации обусловлена тем, что в последние 10-15 лет рентген-дифракционные методики стали активно использоваться для изучения динамических процессов в материалах протекающих в течении достаточно короткие интервалы времени (например динамика фазовых превращений). Однако существующая сегодня традиционная дифрактометрия осуществляется за счет механического перемещения рентгенооптических элементов, что существенно ограничивает быстродействие всего экспериментального оборудования и сужает возможности использования этого оборудования для изучения быстрых процессов. Поэтому создание дифрактометров с параметрическим управлением пространственно-временными и спектральными характеристиками рентгеновского пучка, безусловно, является актуальным.

Представленная диссертационная работа построена по обычной схеме и состоит из введения, пяти глав, заключения и списка использованных источников. Во Введении приведены формальные разделы - актуальность работы, главные цели и направления исследований, научная новизна избранной темы, а также её практическая значимость и возможные приложения полученных результатов.

В первой главе приведен большой обзор литературы, включающий в себя рассмотрение существующих методов и физических основ формирования и управления рентгеновским пучком, оценку преимуществ и недостатков традиционной рентгенодифракционной оптики и возможностей использования рентгеноакустических взаимодействий в кристаллах для устранения обозначенных недостатков. Кроме того,

подробно рассмотрены механизмы взаимодействия рентгеновских лучей с акустическим полем и приведена классификация наблюдаемых явлений, а отмечены также роль дефектов кристаллической структуры и особенности их изменения в условиях ультразвукового воздействия.

Во второй главе приведено описание нового метода управления рентгеновским пучком с помощью кристалла-резонатора, в котором возбуждается стоячая низкочастотная ультразвуковая волна, причем параметры элемента подбираются таким образом, что длина волны ультразвука многократно превышает апертуру рентгеновского пучка. Это позволило локализовать области, где ультразвуковая деформация распределена равномерно по ширине пучка и при этом изменяется во времени. В случае если на такой резонатор падает монохроматичный расходящийся рентгеновский пучок под углом Брэгга для соответствующей системы атомных плоскостей, то ультразвуковая модуляция параметра решетки приведет к изменению угла дифрагированного пучка, следовательно, к модуляции пространственного положения. Диссертантом предложено использовать такой кристалл-резонатор в двух схемах. В первой схеме резонатор располагается за образцом и позволяет перемещать в пространстве дифрагированный рентгеновский пучок, а во второй непосредственно после источника излучения, что позволяет управлять рентгеновским пучком, который направляется на исследуемый объект. Показано, что обе схемы работают с разрешением по времени соответствующим периоду ультразвуковых колебаний. При участии автора разработана приставка, позволяющая регистрировать интенсивность дифракции в зависимости от фазы ультразвукового колебания. Установлено, что предложенные и реализованные диссертантом схемы позволяют существенно улучшить временное разрешение рентгенодифракционных методов и использовать их для исследования процессов изменения дефектной структуры.

В третьей главе подробно изложены принципы и подходы создания резонаторов, обеспечивающих реализацию предложенных диссертантом возможностей управления. Автор предлагает использовать два типа элементов: традиционный для акустооптики составной резонатор и разработанный диссертантом монолитный, отличающийся от первого тем, что он выполнен на основе одного кристалла-пьезоэлектрика. Новая конструкция резонатора обладает существенно большей прочностью и позволяет расширить диапазон перестройки параметра решетки. В процессе работы были обнаружены ранее неизученные особенности распределения ультразвуковых деформаций по кристаллу и с помощью методов математического моделирования найдено объяснение.

В четвертой главе приведено описание разработанной при непосредственном участии Таргонского А.В. экспериментальной установки, которая представляет собой

высокоточный рентгеноакустический дифрактометр. Данная установка позволяет проводить эксперименты по регистрации кривых дифракционного отражения с использованием двух предложенных схем. В диссертации приведены результаты сравнительных испытаний, которые показали хорошее качественное и количественное соответствие между результатами, полученными с использованием предлагаемой и традиционной методик. При этом продемонстрирована высокая скорость проведения измерений.

В пятой главе приводятся результаты исследований кристаллов кремния, кварца, парателлурита и фторида лития в широком диапазоне амплитуд ультразвукового воздействия. Полученные результаты чрезвычайно интересны как с прикладной точки зрения, поскольку позволяют провести оценку применимости кристаллов для эксплуатации в качестве резонаторов, так и с научной, так как обнаруженные эффекты образования и релаксации дефектов при ультразвуковом воздействии, ранее не наблюдались и не исследовались. Приведенные результаты позволяют увидеть процесс изменения дефектной структуры кристаллов, однако интерпретация потребует проведения дополнительных исследований.

В конце диссертации достаточно ясно сформулированы её основные результаты и выводы, а также приведен список цитируемых работ.

Личный вклад соискателя состоит в том, что при его активном участии создан и апробирован принципиально новый уникальный прибор – рентгеноакустический дифрактометр без механического перемещения рентгенооптических элементов, в котором управление пространственно-временными и спектральными характеристиками рентгеновского пучка осуществляется параметрическими методами. Для создания этого прибора диссертанту пришлось провести широкий круг исследований устойчивости целого ряда материалов (кристаллов кремния, кварца, фторида лития и парателлурита) к вибрационным нагрузкам, к воздействию ультразвуковых колебаний.

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

1. Диссертантом создан и испытан принципиально новый тип рентгеновского дифрактометра, в котором управление пространственно-временными и спектральными характеристиками рентгеновского пучка (временное разрешение 10^{-3} - 10^{-5} сек, угловое разрешение до 0.01угл.сек. в широком регулируемом диапазоне до 600угл.сек.) осуществляется параметрическими методами без механического перемещения рентгенооптических элементов.

2. Обнаружен неизвестный ранее эффект деградации рентгенооптических характеристик кристаллов фторида лития и парателлурида, связанный, как полагает автор, с образованием дефектов под воздействием ультразвуковых колебаний решетки.

Полученные результаты, и в особенности новый принцип рентгеновской дифрактометрии, могут найти практическое применение в организациях занимающихся структурными исследованиями с быстро протекающими во времени процессами (динамика фазовых превращений и др.), а так же организациях занимающимися разработкой и развитием рентгеновских методик.

Представленная диссертационная работа выполнена на высоком экспериментальном уровне. Вместе с тем в диссертации, как и в любой большой работе, имеются определенные погрешности.

1. Предложенное автором название диссертации мне представляется не очень удачным. Во-первых, оно очень длинное. Во-вторых, из него не следует, что автор разрабатывает принципиально новый подход в конструировании рентгеновских дифрактометров.
2. Глава I на мой взгляд неоправданно большая - 51 страница. Кажется, совершенно лишним раздел 1.2.2 «основные уравнения динамической теории». Этот материал в диссертации практически не используется. В разделе 1.2.2 подробно рассказывается о выводе кинематической формулы Лауэ, хотя в заголовке говорится, что речь пойдет о формулах динамической теории.
3. Непонятно для чего в формуле Лауэ на стр.21 форматом выделен средний член в тройном произведении.
4. В главе 5 приведены интересные и важные результаты исследований устойчивости некоторых материалов рентгенакустических резонаторов к ультразвуковым колебаниям. Установлено, например, что кварц и кремний стабильны вплоть до разрушения кристаллов. В тоже время показано, что кристаллы фторида лития и парателлурида деградируют в процессе ультразвуковых воздействий. Физическая причина такого поведения кристаллов в тексте, к сожалению не обсуждается. В то же время в выводах делается предположение, что это явление связано с образованием дефектов кристаллической структуры. Этот вопрос следовало бы обсудить в тексте 5-ой главы.

Отмеченные выше недочеты не снижают высокого уровня представленной диссертационной работы и не затрагивают основные выводы, носят в основном пожелательный характер, поэтому не являются принципиальными для её общей положительной оценки.

Материалы диссертации опубликованы в 2 статьях в рецензируемых научных изданиях из списка ВАК и апробированы на 18-и семинарах, научных школах, российских и международных конференциях. Автореферат полно отражает содержание диссертационной работы. Диссертация представляет собой завершенную научно-

исследовательскую работу на актуальную тему. Автором получены новые важные научные результаты:

1. Диссертантом проведен анализ возможностей построения принципиально нового типа дифрактометра без использования механического перемещения рентгенооптических элементов.
2. При непосредственном участии диссертанта реализован и испытан новый принцип рентгеновского дифрактометра.
3. Диссертантом обнаружен и исследован неизвестный ранее эффект деградации рентгенооптических характеристик кристаллов фторида лития и парателлурита, связанный, как полагает автор, с образованием дефектов под воздействием ультразвуковых колебаний решетки.

Выводы и рекомендации автора достаточно обоснованы. Диссертация написана хорошим ясным языком. 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.

26 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

