

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.114.01 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КРИСТАЛЛОГРАФИЯ И  
ФОТОНИКА» РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» ПО ДИССЕРТАЦИИ  
ЭЛИОВИЧА ЯНА АЛЕКСАНДРОВИЧА НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ  
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 21 июля 2020 г., протокол № 11

О присуждении **Элиовичу Яну Александровичу**, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Времяразрешающая рентгенодифракционная диагностика перспективных кристаллических материалов» по специальности 01.04.18 – «кристаллография, физика кристаллов» принята к защите 11.02.2020 г., протокол № 5, диссертационным советом Д 002.114.01 на базе Федерального государственного учреждения «Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук» (ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН), Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России), 119333, г. Москва, Ленинский проспект, дом 59. Диссертационный совет Д 002.114.01 создан приказом Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель **Элиович Ян Александрович**, 1990 г.р., в 2013 г. окончил кафедру физики наносистем физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» по специальности физика. В настоящее время работает в лаборатории рентгеновских методов анализа и синхротронного излучения структурного подразделения ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН – «Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН» (ИК РАН), Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в должности младшего научного сотрудника.

Диссертационная работа выполнена в лаборатории рентгеновских методов анализа и синхротронного излучения структурного подразделения ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН – ИК РАН, Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – **Ковальчук Михаил Валентинович**, доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАН, президент

Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт».

Официальные оппоненты:

**Менушенков Алексей Павлович**, доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики твёрдого тела и наносистем Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»;

**Бублик Владимир Тимофеевич**, доктор физико-математических наук, профессор кафедры материаловедения полупроводников и диэлектриков Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС».

— дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация **Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта» (БФУ им. И. Канта)**, г. Калининград, в своём **положительном отзыве**, подписанном доктором физико-математических наук, профессором, директором Института физико-математических наук и информационных технологий Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта А. В. Юровым и кандидатом физико-математических наук, ученым секретарем ученого совета Института физико-математических наук и информационных технологий А. А. Шпилевым, и утвержденном д.филос.н, профессором, врио ректора БФУ им. И. Канта А. А. Федоровым, указала, что диссертационная работа Элиовича Я.А. «Времяразрешающая рентгенодифракционная диагностика перспективных кристаллических материалов» посвящена разработке аппаратно-методической базы для проведения экспериментов с помощью рентгеновского и синхротронного излучения с временным разрешением, а также исследованию с помощью этой базы перспективных кристаллических материалов с временным разрешением.

Отмечено, что диссертация Элиовича Я.А., посвященная разработке методики и физике работы элементов адаптивной рентгеновской оптики, позволяющих осуществлять перестройку параметров исследовательского рентгеновского пучка непосредственно во время экспериментов с быстродействием вплоть до  $10^{-1}$ – $10^{-6}$ с является весьма актуальной.

В диссертационной работе приведена детальная информация о способах реализации предложенной методики, включая литературный обзор работ, которые ранее проводились в этом направлении. Приведены важные технические детали и интересная информация о модернизации оборудования. Продемонстрированы детальные результаты тестирования ключевых элементов предлагаемой методики – адаптивных изгибных элементов рентгеновской оптики.

Удачно выбрана и модельная апробация предлагаемой в рамках диссертационной работы Элиовича Я.А. методики. Приведены результаты изучения различных перспективных с точки зрения микроэлектронной промышленности кристаллов в условиях внешних воздействий, как статических, так и динамических. Исследования в условиях статических нагрузок проводились для кристалла кремния (Si), подвергнутого одноосной статической механической нагрузке. В работе приведены результаты измерений кривых дифракционного отражения (КДО) исследуемого кристалла с помощью традиционного гониометрического сканирования, а также полученные с использованием предложенной в рамках данной работы методики, причем показано, что последняя обеспечивает многократное преимущество по скорости проведения измерений.

Отмечена реализация трехкристальной схемы рентгеновской дифрактометрии с применением методики, предложенной в рамках настоящей работы, возможности которой открывают путь к исследованию сложных процессов распределения деформаций в кристаллах в условиях статических и динамических воздействий. Полученные в работе результаты, благодаря особенностям методики, обладают принципиально иным уровнем точности, на несколько порядков превосходя существующие на текущий момент методики.

Диссертация Элиовича Я.А. представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, соответствующую всем критериям и требованиям раздела II Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Элиович Ян Александрович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.18 – кристаллография, физика кристаллов.

По теме диссертационной работы опубликовано более 15 печатных работ, в том числе 5 статей в рецензируемых научных изданиях из списка ВАК, а также один патент на изобретение. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Электромеханический рентгенооптический элемент на основе безгистерезисного монокристаллического биморфа. Благов А.Е., Быков А.С., Кубасов И.В., Малинкович М.Д., Писаревский Ю.В., Таргонский А.В., **Элиович Я.А.**, Ковальчук М.В. Приборы и техника эксперимента. № 5. С. 109-114. 2016.
2. Эволюция кривых дифракционного отражения рентгеновских лучей в кристаллах парателлурита и фторида лития при воздействии интенсивным ультразвуком. Благов А.Е., Писаревский Ю.В., Таргонский А.В., **Элиович Я.А.**, Ковальчук М.В. Физика твердого тела. Т. 59. № 5. С. 947-950. 2017.
3. Методика регистрации КДО при внешнем механическом воздействии с использованием адаптивного рентгенооптического изгибного монохроматора. **Элиович Я.А.**, Аккуратов В.И., Таргонский А.В., Благов А.Е. Кристаллография. Т.63. №5. С. 708-712. 2018.
4. Многоволновое взаимодействие рентгеновских лучей в кристалле парателлурита при возбуждении ультразвуковых колебаний. **Элиович Я.А.**, Таргонский А.В., А. Н. Даринский А.Н., Просеков П.А., Писаревский Ю.В., Благов А.Е., Аккуратов В.И., Ломонов В.А., Кочарян В.Р., Мкртчян А.Р., Ковальчук М.В. Поверхность. 2019.
5. LiNbO<sub>3</sub>-based bimorph piezoactuator for fast X-Ray experiments: Resonant mode. N. Marchenkov, A. Kulikov, A. Targonsky, **Ya. Eliovich**, Yu. Pisarevsky, A. Seregin, A. Blagov, M. Kovalchuk. Sensors and Actuators A: Physical 293, 48-55. 2019.
6. **Патент.** «Дифрактометр», 18.05.2018, №2654375 **Элиович Я.А.**, Благов А.Е., Писаревский Ю.В., Просеков П.А., Таргонский А.В., Быков А.С., Кубасов И.В., Малинкович М.Д., Пархоменко Ю.Н., Ковальчук М.В.

На диссертацию и автореферат поступило 5 **положительных отзывов**.

**Мачихин Александр Сергеевич** – д.т.н., ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Научно-технологического центра уникального приборостроения Российской академии наук отметил в качестве замечания, что в тексте автореферата отсутствуют параметры исследованной геометрии акустооптического взаимодействия в парателлурите.

**Ильин Александр Сергеевич** – к.ф.-м.н., научный сотрудник кафедры общей физики и молекулярной электроники физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» отметил в качестве замечаний следующее:

1. Для демонстрации отсутствия гистерезиса зависимости угловой перестройки

изгибного кристалла от напряжения (рис. 4в) лучше было бы построить зависимости угловой перестройки при увеличении и уменьшении напряжения на одном графике, а не строить их на разных графиках;

2. Обозначения и подписи на графиках в автореферате следовало бы сделать крупнее;
3. На рис. 11 показаны изменения КДО кристалла кремния, подвергнутого одноосной механической статической нагрузке. При этом степени нагрузки обозначены как «умеренная» и «сильная». В тексте автореферата отсутствуют численные оценки прикладываемой нагрузки, которые хорошо было бы указать или хотя бы указать, насколько «сильная» больше «умеренной». Также на рисунках 11 в)-д) отмечен некоторый параметр, но не описано, что это за параметр и какие единицы его измерения.

**Овчинникова Елена Николаевна** – д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры физики твердого тела физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» прислала отзыв **без замечаний**.

**Труни Карпет Григорьевич** – д.ф.-м.н., профессор, ведущий научный сотрудник Института прикладных проблем физики Национальной академии наук Республики Армения и **Кочарян Ваган Рашидович** – к.ф.-м.н., зав. Лабораторией Института прикладных проблем физики Национальной академии наук Республики Армения прислали отзыв **без замечаний**.

**Золотов Денис Александрович** – к.ф.-м.н., старший научный сотрудник Института кристаллографии им. А.В. Шубникова Федерального государственного учреждения «Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук» прислал отзыв **без замечаний**.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** тем, что оппоненты являются ведущими специалистами в области материаловедения и наносистем, а также рентгеновского и синхротронного излучения, а в ведущей организации активно проводятся работы по изучению когерентной рентгеновской оптики для ведущих синхротронных центров.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований реализован и успешно применён комплекс современных методов двух- и трехкристальной рентгеновской дифрактометрии, включающий разработку новой методики проведения времяразрешающих рентгенодифракционных экспериментов, реализованную**

на основе **предложенного** элемента адаптивной рентгеновской оптики, использующего «изгибающую» моду колебаний. Соискателем **получены** уникальные данные об эволюции структурных изменений в перспективных кристаллических материалах (включая кремний, парателлурит, фторид лития) в условиях статических и динамических внешних воздействий. **Показано**, что предложенная в рамках диссертационной работы методика проведения экспериментов позволяет проводить эксперименты с временным разрешением, принципиально недоступным при использовании традиционных подходов. **Выявлены** особенности изменения структуры кристаллов фторида лития (LiF) в условиях динамической ультразвуковой нагрузки. **Определено**, что в таких кристаллах при длительном ультразвуковом воздействии возникает квазистационарный переход. **Проведены** исследования особенностей многоволновой области рентгеновской дифракции в кристалле парателлурита ( $\text{TeO}_2$ ) в условиях ультразвуковых деформаций. **Показана** возможность выделения определенной фазы ультразвуковых колебаний, что может быть использовано для изучения тонкой дефектной структуры исследуемых кристаллических материалов. **Получены** данные об эволюции структурных изменений в кристаллах кремния, подвергнутых статическим механическим нагрузкам с помощью трехкристальной рентгеновской дифрактометрии. **Продемонстрирована** возможность быстрой регистрации карт обратного пространства исследуемых кристаллов. **Проведен** сравнительный анализ экспериментальных результатов, полученных с помощью традиционного гониометрического сканирования и предложенной в рамках диссертационной работы методики, **показано** её значительное превосходство как по точности получаемых результатов, так и по быстродействию.

**Значение полученных соискателем результатов исследований для практики подтверждается тем, что:** предложенная в работе методика может быть использована для проведения прецизионных исследований эволюции структурных изменений в кристаллах в условиях различных внешних воздействий в режиме реального времени. Предложенная методика отличается возможностью масштабирования и применима для широкого круга экспериментальных приборов. Полученные экспериментальные результаты свидетельствуют об обнаружении уникальных эффектов в ряде кристаллов в условиях интенсивных ультразвуковых нагрузок, причем проведение соответствующих экспериментов было бы невозможным с помощью традиционных подходов. Также в работе показано, что ультразвуковые деформации могут использоваться для контролируемой перестройки области многоволнового взаимодействия рентгеновского излучения, что может быть

использовано для изучения тонкой дефектной структуры исследуемых кристаллических материалов с объемной чувствительностью.

**Оценка достоверности результатов** диссертационной работы выявила, что экспериментальные результаты получены соискателем с применением современного оборудования, сертифицированного в соответствии с международными стандартами. Достоверность результатов обеспечивается получением большого объема экспериментальных данных, измеренных с использованием широкого набора взаимодополняющих методов. Обоснованность положений, выносимых соискателем на защиту, подтверждается хорошей согласованностью полученных экспериментальных данных с литературными источниками. По материалам диссертации опубликовано **5 статей** в рецензируемых научных изданиях из списка ВАК, получен один **патент**, и представлены тезисы на российских и международных конференциях.

**Личный вклад соискателя** состоял в разработке методики проведения экспериментов с помощью адаптивных элементов рентгеновской оптики, в тестировании этих элементов и определении их функциональных характеристик, в проведении экспериментов с помощью методов двух- и трехкристальной рентгеновской дифрактометрии, обработке и интерпретации полученных результатов. Автор активно участвовал в обсуждении и обобщении полученных результатов и формировании научных выводов, а также готовил научные публикации в журналах и доклады на национальных и международных конференциях и школах.

Диссертация отвечает на ключевые вопросы поставленной научной проблемы и соответствует критерию идейной целостности. Объединяющим фактором и основной идейной линией является разработка новых подходов к проведению времяразрешающих рентгеновских экспериментов с помощью особых адаптивных элементов рентгеновской оптики, а также получение новых уникальных данных об эволюции структурных изменений в кристаллах в условиях статических и динамических внешних воздействий в режиме реального времени, что представляет интерес как с точки зрения изучения фундаментальных физических процессов в кристаллах, так и с точки зрения возможностей практического применения разработанных методик управления параметрами рентгеновского и синхротронного исследовательского пучка.

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая полностью соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней, утверждённым постановлением Правительства Российской Федерации от 24

сентября 2013 г. № 842.

На заседании 21 июля 2020 года диссертационный совет принял решение присудить Элиовичу Яну Александровичу учёную степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.18 – «кристаллография, физика кристаллов».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по специальности 01.04.18 – «кристаллография, физика кристаллов», участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, против – 1, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета,  
член-корреспондент РАН

М.В. Ковальчук

Учёный секретарь диссертационного совета,  
кандидат физико-математических наук

К.В. Фролов

« 21 » июля 2020 г.

Учёный секретарь ФНИЦ  
«Кристаллография и фотоника» РАН  
кандидат физико-математических наук



Л.А. Дадинова