

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

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 25 августа 2020 г., протокол № 13

О присуждении **Павлюк Марине Дмитриевне**, гражданке Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Детекторные кристаллы на основе CdTe и  $Cd_{1-x}Zn_xTe$  для прямого счета рентгеновских и гамма - квантов» по специальности 01.04.07 – «физика конденсированного состояния» принята к защите 27.03.2020 г., протокол № 8, 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 Павлюк Марина Дмитриевна, 1979 г.р., в 2004 г. окончила кафедру «Материаловедение полупроводников и приборов» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по специальности «материаловедение и технология новых материалов». В настоящее время работает в лаборатории роста тонких пленок и неорганических наноструктур 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 роста тонких пленок и неорганических наноструктур структурного подразделения ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН – ИК РАН, Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – **Каневский Владимир Михайлович**, доктор

физико-математических наук, руководитель структурного подразделения ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН – ИК РАН.

Официальные оппоненты:

**Маренкин Сергей Федорович**, доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории полупроводниковых и диэлектрических материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук;

**Платунов Михаил Сергеевич**, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории физики магнитных явлений Института физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук».

— дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация **Акционерное общество «Государственный научно-исследовательский и проектный институт редкометаллической промышленности «Гиредмет» (г. Москва)** в своём положительном отзыве, подписанном заведующим лаборатории полупроводниковых соединений Al<sub>1</sub>B<sub>1</sub>V, кандидатом технических наук Денисовым Игорем Андреевичем, начальником отдела учёного секретаря – учёным секретарем, доктором физико-математических наук Шмаковым Андреем Александровичем, и утвержденном заместителем директора по науке и инновациям, кандидатом технических наук Бамбориным Михаилом Юрьевичем, указала, что диссертационная работа Павлюк Марины Дмитриевны «Детекторные кристаллы на основе CdTe и Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>Te для прямого счета рентгеновских и гамма - квантов» посвящена вопросам получения больших монокристаллов CdTe и CdZnTe (диаметр более 100 мм), и созданию на их основе рабочих элементов для использования в детекторах. В свете реализации государственной программы «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» и Федеральной научно-технической программы развития синхротронных и нейтронных исследований и исследовательской инфраструктуры на 2019 - 2027 годы, остро стоит проблема получения высококачественных монокристаллов CdTe и CdZnTe для создания на их основе рентгеновских детекторов прямого счета, работающих в широком энергетическом диапазоне при температурах близких к комнатной. В настоящее время в РФ не существует промышленного производства таких

детекторов. В связи с вышесказанным, актуальность диссертационной работы не вызывает никакого сомнения. В диссертационной работе Павлюк М.Д. предложена и применена оригинальная методика получения чистых компонентов Cd, Zn и Te; использование математического моделирования процесса роста, позволило ей оценить необходимые градиенты температур, приводящие к формированию плоского фронта кристаллизации, что позволило оптимизировать процесс выращивания кристаллов CdTe и CdZnTe для достижения оптимальных характеристик кристаллов. В сочетании выше сказанного автору удалось получить высококачественные беспреципитатные монокристаллы, структурное совершенство которых подтверждено с применением современных экспериментальных приборов. Практическая значимость работы не вызывает сомнения. Результаты работы могут быть использованы как полноценный технологический маршрут создания рентгеновских детекторов прямого счета – от исходных материалов к готовому продукту.

Диссертационная работа представляет собой завершённую научно-квалификационную работу и полностью соответствует всем критериям и требованиям раздела II Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, а её автор, Павлюк Марина Дмитриевна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «физика конденсированного состояния».

По теме диссертационной работы опубликовано 5 статей в рецензируемых научных журналах. Результаты представлены на 13 различных международных конференциях. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **М. Д. Павлюк**, В. М. Каневский, Ю. М. Иванов. Получение Cd, Zn и Te высокой чистоты методом многостадийной вакуумной дистилляции.// Неорганическая химия. – 2013. - Т. 58, 8. - С. 1082-1085.
2. **М.Д. Павлюк**, Е.А. Суханова, М.П. Зыкова, И.С. Волчков, В.М. Каневский, И.А. Субботин, К.М. Подурец, Б.Ф. Павлюк, Ю.М. Иванов. Математическое моделирование процесса выращивания монокристалла CdTe методом Обреимова-Шубникова.// Физика твердого тела. – 2020. – Т. 62, 1. – С. 5-10.
3. **M.D. Pavlyuk**, I.A. Subbotin, V.M. Kanevsky, V.V. Artemov. Stepwise cooling

technique as a method of growing high-perfection Cl-compensated CdTe.// Journal of Crystal Growth. 2017. – V. 457. – P. 112-116.

4. **Pavlyuk M.D.**, Kanevsky V.M., Dvoryankin V.F., Kudryashov A.A., Petrov A.G. and Ivanov Yu.M. Detectors for Digital X-Ray Imagers Manufactured of Melt-Grown CdTe and CdZnTe Single Crystals. // Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A. – 2010. - V. 624. - P. 482 - 485.

Патенты:

1. Ю.М.Иванов, А.Н.Поляков, **М.Д.Зенкова (Павлюк)**, В.М.Каневский. Установка для выращивания кристаллов.// Патент на полезную модель RU 51030 U1 2006.01
2. Ю.М.Иванов, А.Н.Поляков, **М.Д.Зенкова (Павлюк)**, В.В.Артемов, В.М.Каневский. Способ получения кристаллов CdTe. RU 2341594 C2, 2008.

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

**Якунин Сергей Николаевич** – к.ф.-м.н., первый заместитель руководителя Курчатовского комплекса синхротронно-нейтронных исследований Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», отметил в качестве замечаний, что к недостаткам автореферата можно отнести небрежность в оформлении как самого текста, и рисунков к нему, а также качество некоторых рисунков. Например, после рисунка 1 идет рисунок 5, а после рисунка 4 идет рисунок 11.

**Аветисов Игорь Христофорович** – д.х.н., профессор, заведующий кафедрой химии и технологии кристаллов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева» прислал отзыв **без замечаний**.

**Адонин Сергей Александрович** – д.х.н., ведущий научный сотрудник лаборатории синтеза комплексных соединений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук прислал отзыв **без замечаний**.

**Шелков Георгий Александрович** - к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований прислал отзыв **без замечаний**.

**Колесников Николай Николаевич** – д.т.н., заместитель директора по научной работе Федерального государственного бюджетного учреждения

науки Института физики твердого тела Российской академии наук и **Борисенко Дмитрий Николаевич** – к.т.н., старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики твердого тела Российской академии наук прислали отзыв **без замечаний**.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** тем, что оппоненты являются признанными специалистами в области физики конденсированного состояния, материаловедения полупроводников группы  $A^{II}B^V$ , современных методов исследования вещества с использованием СИ и полупроводниковых детекторов, а в ведущей организации активно проводятся работы по получению полупроводниковых соединений  $A^{II}B^{IV}$ .

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований реализован и успешно применён** комплекс методов очистки и получения особо чистых материалов Cd, Zn, Te и выращивания кристаллов CdTe и CdZnTe с повышенным совершенством микроструктуры и химической однородностью. При этом выполнено математическое моделирование и проведена оптимизация процессов роста кристаллов. Соискателем **предложена** методика очистки с потерями очищаемого материала менее 1%, которая может быть использована для разработки промышленной технологии получения особо чистых Cd, Te и Zn. **Определены** оптимальные условия роста (градиенты температур: осевой — 2–3 К/см и радиальный — 0.2–0.4 К/см.) с плоским фронтом кристаллизации, способствующие уменьшению дефектов структуры. **Выявлены** различия в микроструктуре кристаллов  $Cd_{1-x}Zn_xTe$  в зависимости от концентрации Zn и условий получения. **Определены** условия механохимической полировки поверхности кристаллов CdTe и CdZnTe, обеспечивающие шероховатость не более 1 нм в сантиметровом диапазоне, что позволило снизить величины темновых токов и увеличить эффективное удельное электросопротивление до  $10^{10}$  -  $10^{11}$  Ом·см. **Проведены** спектрометрические измерения кристаллов  $Cd_{0.9}Zn_{0.1}Te$ , показавшие, что полученные спектральные характеристики соответствуют требованиям, предъявляемым к чувствительным элементам рентгеновских детекторов.

**Значение полученных соискателем результатов исследований для практики подтверждается тем, что:** разработанная методика очистки материалов с минимальными их потерями (менее 1%) может быть использована для разработки технологии промышленного производства особо

чистых Cd, Zn и Te, а также тем, что впервые в России было получено цифровое рентгеновское изображение при использовании детектора на основе выращенных монокристаллов CdZnTe. Подобные устройства широко востребованы в различных областях науки и промышленности, т.к. являются составной частью измерительного и диагностического оборудования (включая медицинское).

**Оценка достоверности результатов** диссертационной работы выявила, что экспериментальные результаты получены соискателем с применением современного оборудования и программного обеспечения, сертифицированных в соответствии с международными стандартами. Достоверность результатов также обеспечивается получением большого объема экспериментальных данных, измеренных с использованием широкого набора методов, и их квалифицированным качественным и количественным анализом. Обоснованность положений, выносимых соискателем на защиту, подтверждается хорошей согласованностью полученных экспериментальных данных с результатами проведённого математического моделирования, а также соответствием с литературными источниками.

**Личный вклад соискателя** заключается в непосредственном проведении всего объёма экспериментальных работ, включая очистку материалов, рост кристаллов, контроль их микроструктуры и электрических параметров (типа проводимости, электрического сопротивления, фоточувствительности); численное моделирование; изготовление из выращенных кристаллов чувствительных элементов для детекторов и обработки экспериментальных данных. Автор активно участвовал в анализе и обобщении полученных результатов и формировании научных выводов, а также в подготовке научных публикаций в рецензируемых журналах и докладов на национальных и международных конференциях.

Диссертация отвечает на ключевые вопросы поставленной научной проблемы и соответствует критерию внутреннего единства. Объединяющим фактором и основной идейной линией являются сочетание фундаментальных исследований, включая численное моделирование процесса выращивания монокристаллического материала, и практическое приложение в виде изготовленного многоэлементного рентгеновского детектора, с помощью которого удалось получить цифровое рентгеновское изображение при комнатной температуре.

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 25 августа 2020 года диссертационный совет принял решение присудить Павлюк Марине Дмитриевне учёную степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «физика конденсированного состояния».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по специальности 01.04.07 – «физика конденсированного состояния», участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета,  
член-корреспондент РАН

М.В. Ковальчук

Учёный секретарь диссертационного совета,  
кандидат физико-математических наук

К.В. Фролов

« 25 » августа 2020 г.

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



Л.А. Дадинова