

## ОТЗЫВ

Научного руководителя на диссертанта

Павлюк Марину Дмитриевну

Павлюк Марина Дмитриевна, 1979 года рождения, в 2003 году, являясь студенткой 5 курса Московского государственного института стали и сплавов (технологический университет) «МИСиС», пришла в Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова Российской академии наук в группу полупроводниковых материалов, где успешно выполняла дипломную работу. В 2004 году была принята на должность инженера. После окончания института «МИСиС» продолжила работать в Институте кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН. 12.11.2004 г. утверждена в качестве соискателя ученой степени кандидата наук. В настоящее время Павлюк М.Д. работает в должности младшего научного сотрудника в лаборатории роста тонких пленок и неорганических наноструктур.

Основной областью исследований Павлюк М.Д. являются исследования в области получения, особоочистых веществ, роста кристаллов группы  $A^2B^6$  (в частности CdTe и CdZnTe) и исследования фазовых переходов в них, их обработки с последующим применением, получаемых кристаллов в полупроводниковой технике. За время работы в ИК РАН Павлюк М.Д. освоила следующие экспериментальные методы: рост кристаллов модифицированным методом Обреимова-Шубникова, масс – спектральный анализ с индуктивно – связанной плазмой (MS); атомно – эмиссионный анализ с индуктивно – связанной плазмой (AES); энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия (ЭДС); математическое моделирование в программе ANSYS Fluent 14.5; катодолюминесценции, электронной и оптической (видимый и ИК-диапазоны) микроскопии, рентгеновской дифракции и рефлектометрии, рентгеновского рассеяния, измерения спектрометрических характеристик  $\gamma$  - излучением от источника  $^{241}\text{Am}$  и  $^{137}\text{Cs}$ , вольт-амперных характеристик (ВАХ), а также различные методики обработки поверхностей кристаллов. Также ею были освоены пакеты программ, необходимые для обработки данных, полученных вышеуказанными методами.

Диссертационную работу Павлюк М.Д. можно разделить на пять разделов. Первый раздел посвящен очистке Cd, Zn и Te методом многостадийной вакуумной дистилляции. На основе проведенных

исследований определены условия очистки исходных материалов с чистотой 99,96% до 99,99999%, с минимальными потерями исходного материала (менее 1 %). Создание отечественных, импортозамещающих высокочистых материалов является одной из актуальных задач для преодоления отставания в области высокотехнологичных инновационных продуктов. Во второй раздел входят результаты расчетов ростового эксперимента для оптимизации процесса выращивания кристаллов CdTe и CdZnTe, с целью увеличения выхода кристаллического материала, с повышенным совершенством микроструктуры и химической однородностью. В третьем разделе предложены оптимальные условия роста (четырёх ступенчатого охлаждения, при осевом градиенте температуры 2-3 К/см и радиальном градиенте 0,2-0,4 К/см) монокристаллов CdTe и Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>Te, при оптимальной концентрации Zn  $x = 10\%$ , без малоугловых границ, микродвойников и микрофазных включений, с плотностью дислокаций  $1,25 \times 10^4 \div 3 \times 10^4 \text{ см}^{-2}$ . Это позволило получить совершенные монокристаллы диаметром до 120 мм, с высоким удельным электрическим сопротивлением ( $8,8 \cdot 10^{10} \text{ Ом}\cdot\text{см}$ ). В четвертом разделе установлены оптимальные условия механохимической полировки (время травления и концентрация травителя) поверхности кристаллов CdTe и CdZnTe, для получения параметра шероховатости менее 1 нм, что позволило снизить величины темновых токов и увеличить эффективное удельное электросопротивление до  $10^{10} - 10^{11} \text{ Ом}\cdot\text{см}$ . Достижение среднеквадратичной высоты шероховатости менее 1 нм при линейных размерах обрабатываемых пластин на уровне нескольких сантиметров соответствует результатам мирового уровня. В пятом разделе приведены результаты измерения спектрометрических характеристик, которые показали, что чувствительные элементы являются спектрометрическими, а их спектральные характеристики соответствуют требованиям, предъявляемым к чувствительным элементам рентгеновской спектроскопии. Были изготовлены чувствительные элементы из монокристаллов CdTe и Cd<sub>0,9</sub>Zn<sub>0,1</sub>Te, из которых сконструирован многоэлементный рентгеновский детектор. Впервые в России было получено цифровое рентгеновское изображение при использовании этого детектора.

Результаты ее научной работы по теме диссертации опубликованы в 5 статьях (3 из которых в отечественных и 2 в иностранных журналах), 2 патента, а также в 13 тезисах докладов, представленных на национальных и международных конференциях. Работы Павлюк М.Д. были доложены на молодежном в 2009 и общем в 2019 гг. конкурсах научных работ ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» и были отмечены премиями.

Научная работа, выполняемая Павлюк М.Д., проводилась при финансовой поддержке грантов Российского фонда фундаментальных исследований, в которых она участвовала как в качестве исполнителя, так и руководителя проекта. Под ее руководством успешно выполнен молодежный грант РФФИ № №14-02-31726 мол\_а.

За время работы Павлюк М.Д. зарекомендовала себя инициативным и квалифицированным самостоятельным исследователем, способным как проводить экспериментальные работы на высоком уровне, с учетом особенностей используемых методов, так и формулировать научные задачи и план исследований. Считаю Павлюк М.Д. сложившимся научным сотрудником.

Отзыв дан для представления в Диссертационный совет Д 002.114.01 в связи с защитой Павлюк М.Д. диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук на тему «ДЕТЕКТОРНЫЕ КРИСТАЛЛЫ НА ОСНОВЕ CdTe И Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>Te ДЛЯ ПРЯМОГО СЧЕТА РЕНТГЕНОВСКИХ И ГАММА – КВАНТОВ» по специальности 01.04.07 – «физика конденсированного состояния».

12.02.2020 г.

Научный руководитель:

Руководитель ИК им. А.В. Шубникова  
ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН,  
доктор физико-математических наук

В.М. Каневский

