

## ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертационную работу Козлова Романа Юрьевича на тему:

«Разработка основ комплексной опытно-промышленной технологии получения полированных пластин антимонида индия диаметром до 100мм для фотоприемных устройств средневолнового ИК диапазона», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.3 – «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники»

### *Общая характеристика соискателя*

Козлов Роман Юрьевич в 2014 г. окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет (НИТУ «МИСИС»))» по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов». С 2014 по 2015 гг. служил в вооруженных силах РФ. В 2023 г. окончил очную аспирантуру НИТУ «МИСИС» по направлению подготовки 11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи». В Государственном научно-исследовательском институте редкометаллической промышленности (АО «Гиредмет») работает с января 2016 г. по настоящее время. За девять лет работы Роман Юрьевич прошел путь от инженера-технолога до начальника лаборатории низкотемпературных полупроводниковых соединений  $A^3B^5$ . При выполнении исследований и разработок Козлов Р.Ю. проявил себя как высококвалифицированный специалист, который обладает обширным научным и практическим опытом в области полупроводникового материаловедения. Стоит отметить Романа Юрьевича, как грамотного организатора, создавшего отечественную инновационную комплексную опытно-промышленную производственную линию, которая включает в себя современное технологическое, контрольно-измерительное оборудование и требуемую инфраструктуру.

В 2018 г. Госкорпорацией «Росатом» была определена проблема отсутствия в Российской Федерации комплексной технологии производства выращивания монокристаллов и изготовления из них полированных пластин антимонида индия диаметрами 50,8мм, 76,2мм и 100мм. Решение данной проблемы Госкорпорация «Росатом» возложила на АО «Гиредмет». Для этой цели в АО «Гиредмет» была создана лаборатория низкотемпературных полупроводниковых соединений  $A^3B^5$ , которую возглавил Роман Юрьевич Козлов. С 2018 по 2025 гг. под руководством Козлова Р.Ю. был поэтапно реализован ряд отраслевых и государственных научно-исследовательских и научно-производственных проектов, результатом которых является разработка и освоение комплексной опытно-промышленной технологии выращивания монокристаллов и изготовления на их основе полированных пластин антимонида индия.

Основные научные положения разработанных операционных процессов, представленных в диссертационной работе Козлова Р.Ю., составляют основу внедренного в АО «Гиредмет» комплексного технологического маршрута от выращивания монокристаллов до изготовления полированных пластин антимонида индия.

Козлов Р.Ю. участвовал в разработке основных научно-технических положений для создания большегрузной установки выращивания монокристаллов методом Чохральского, в оптимизации конструкции теплового узла для новой разработанной установки. Принимал

непосредственное участие в определении тепловых и динамических условий выращивания монокристаллов увеличенного диаметра более 100мм на вновь созданном оборудовании. Роман Юрьевич освоил метод измерения электрофизических параметров монокристаллов и оптический метод исследования их структурного совершенства. Им были выращены монокристаллы антимонида индия диаметром 100мм и исследованы их свойства.

Козловым Романом Юрьевичем был предложен комплексный технологический маршрут разделения на пластины выращенных монокристаллов и последующей механической и химико-механической обработки до получения полированных пластин. В рамках данного маршрута им были освоены операции многопроволочной резки, обработки боковой поверхности пластины, двухстороннего шлифования и двухстороннего полирования. Для осуществления межоперационного контроля качества пластин Козлов Р.Ю. освоил методы измерения основных микрогеометрических параметров (TTV, BOW, WARP) и микрошероховатости поверхности (Ra). Перечисленные операции легли в основу разработки комплексной отечественной технологии.

*Актуальность темы диссертации, теоретическая и практическая значимость результатов исследования*

Полированные пластины антимонида индия являются основой для производства линейных и матричных инфракрасных фотоприемных устройств, работающих в спектральном диапазоне длин волн от 3 до 5 мкм. В настоящее время, спрос на полированные пластины монокристаллического антимонида индия превышает отечественные возможности по их производству. В связи с вышесказанным актуальность диссертационной работы Козлова Р.Ю. не вызывает сомнений.

Главным научным и практическим достижением диссертационного исследования Козлова Р.Ю. является то, что впервые в России была разработана оригинальная комплексная опытно-промышленная технология от выращивания монокристаллов до получения полированных пластин антимонида индия диаметрами 50,8мм, 76,2мм и 100мм, что позволило ликвидировать отставание отечественного производства от потребностей рынка.

В работе Романа Юрьевича ключевые аспекты теоретической и практической значимости включают: разработку основных научно-технических положений для создания большегрузной установки выращивания монокристаллов антимонида индия диаметром более 100 мм; разработку графитового теплового узла для данной установки с применением математического моделирования; разработку технологии выращивания монокристаллов антимонида индия диаметром более 100 мм; научно-обоснованный выбор технологического и контрольно-измерительного оборудования; научно-обоснованный выбор оптимальных значений параметров отдельных технологических операций; разработку технологической документации с литерой О<sub>1</sub> на комплексную технологию от выращивания монокристаллов до получения полированных пластин антимонида индия диаметрами 50,8 мм, 76,2 мм, 100 мм.

Результаты исследований многократно обсуждались с положительной оценкой на международных и всероссийских научных, научно-практических и отраслевых конференциях, основные результаты диссертации отражены в 16 печатных работах, в том числе 15 работ опубликованы в журналах, входящих в перечень ВАК России (9 работ входит в Scopus). Разработан состав полировальной композиции для химико-механического полирования пластин

монокристаллического антимонида индия, данный состав защищен патентом – Патент на изобретение RU 2834696 C1, 12.02.2025. Заявка № 2024106566 от 13.03.2024.

Полученные соискателем теоретические и практические результаты позволяют сделать вывод о высокой квалификации автора, способного глубоко осмысливать, анализировать предмет исследования и успешно применять математические методы решения задач, грамотно обрабатывать и интерпретировать полученные результаты, используя современные методы анализа и технологическое оборудование.

#### *Личный вклад соискателя в полученные результаты*

Диссертационная работа Козлова Р.Ю. отличается высокой степенью самостоятельности. Являясь специалистом в выращивании и обработке пластин InSb, автор сформулировал цель и задачи работы, провел исследование современного состояния развития технологий выращивания и обработки полупроводниковых материалов группы A<sup>3</sup>B<sup>5</sup>. Соискатель непосредственно участвовал в выращивании и исследовании монокристаллов антимонида индия увеличенного диаметра более 100мм, а также в технологических операциях механической и химико-механической обработки до получения конечного продукта – полированных пластин. В работах, выполненных в соавторстве, соискатель принимал активное участие в постановке задач, выборе и обосновании методов их решения и интерпретации полученных результатов, проявил себя как умелый руководитель научного коллектива.

#### *Общее заключение*

Диссертационное исследование Козлова Романа Юрьевича по своей актуальности, научной новизне, обоснованности и достоверности выводов является завершенной научно-квалификационной работой и представляет решение стратегически важных задач. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.2.3 – «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники» по п.п. 1, 2, 4.

Считаю, что диссертационная работа «Разработка основ комплексной опытно-промышленной технологии получения полированных пластин антимонида индия диаметром до 100мм для фотоприемных устройств средневолнового ИК диапазона» соответствует критериям, установленным пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842, а ее автор, Козлов Роман Юрьевич, заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.3 – «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники».

Научный руководитель кафедры МПид НИТУ МИСИС,  
д.ф.-м.н., профессор

Тел.: +7 499 236-05-12, [parkhomenko.in@misis.ru](mailto:parkhomenko.in@misis.ru)

Ю.Н. Пархоменко



Подпись  
заверяю

Зам. начальника  
отдела кадров

*А.Е. Кузнецова*

Кузнецова А.Е.

« 04 » 12 2025