



MEGA SM
SPECIAL MATERIALS

ООО «Мега СМ»

124482, Москва, Зеленоград, корп.316, комн. 236

ИНН: 7735029739, КПП 773501001

+7-916-681-16-85

www.epitaxy.ru

megaclassic@mail.ru

Исх. № 250612-01 от 12 мая 2026г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Козлова Романа Юрьевича на тему:

«Разработка основ комплексной опытно-промышленной технологии получения полированных пластин антимонида индия диаметром до 100 мм для фотоприемных устройств средневолнового ИК диапазона» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

2.2.3 - Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники

Среди материалов для производства приборов фотоники, детектирующих излучение в ИК диапазоне 3-5 мкм, доминирующим на мировом рынке, остается антимонид индия. В условиях санкционного давления последнего десятилетия поставки этого материала двойного назначения из-за рубежа прекращены, поэтому научные изыскания и прикладные экспериментальные разработки по созданию устойчивого опытно-промышленного производства антимонида индия приборной качества в России направлены на укрепление технологического суверенитета страны и ее обороноспособности. Таким образом, актуальность настоящей диссертационной работы не вызывает сомнений.

Научная новизна состоит в следующем:

1. Впервые в России разработана опытно-промышленная технология выращивания монокристаллов антимонида индия диаметром 100 мм модифицированным методом Чохральского, основным достоинством которого является получение поликристаллического материала вытягиванием на затравку, что позволяет сократить такие технологические операции как синтез и зонная очистка. Использование полученного поликристалла позволяет выращивать монокристаллы антимонида индия с заданными характеристиками: плотность дислокаций не более 100 см^{-2} ; концентрация носителей заряда от $2 \cdot 10^{14}$ до $1 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$; подвижность основных носителей заряда от $5 \cdot 10^5$ до $3 \cdot 10^5 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$.

2. Выполнено математическое моделирование теплового узла и процесса выращивания монокристаллов антимонида индия диаметром 100 мм, а также проведен анализ его результатов. Спроектирован и изготовлен графитовый тепловой узел для выращивания монокристаллов антимонида индия диаметром 100 мм, который обеспечивает донно-боковой нагрев с высоким осевым градиентом температуры на фронте кристаллизации (от 25 до 35 град/см).

3. Впервые предложен, апробирован и запатентован состав многокомпонентной полировальной суспензии для антимонида индия с кристаллографической ориентацией (100) (на основе золя диоксида кремния, перекиси водорода, парамолибдата аммония, винной, молочной и сульфаминовой кислот), позволивший получить микрошероховатость полированной поверхности Ra не более 0,5 нм.

4. Впервые в России создана оригинальная комплексная опытно-промышленная технология изготовления полированных пластин антимонида индия диаметром 50,8 мм 76,2 мм и 100 мм с микрошероховатостью поверхности Ra не более 0,5 нм, а также со следующими основными геометрическими параметрами: $TTV \leq 4 \text{ мкм}$, $BOW \leq 5 \text{ мкм}$, $WARP \leq 7 \text{ мкм}$ для диаметра 50,8 мм; $TTV \leq 4 \text{ мкм}$, $BOW \leq 7 \text{ мкм}$, $WARP \leq 9 \text{ мкм}$ для диаметра 76,2 мм; $TTV \leq 6 \text{ мкм}$, $BOW \leq 7 \text{ мкм}$, $WARP \leq 11 \text{ мкм}$ для диаметра 100 мм.

Достоверность и обоснованность результатов диссертации, подтверждается использованием современного технологического, измерительного и исследовательского оборудования, современных методов исследований; достаточной выборкой экспериментальных образцов и объёмом измерений; непротиворечивостью результатам опубликованных зарубежных исследований и современным представлениям о технологиях выращивания монокристаллов и последующей механической и химико-механической обработки пластин антимонида индия.

Теоретическая и практическая значимость диссертации заключается в том, что предложенные автором расчетные методики и экспериментальные разработки легли в основу создания и производства необходимого для ИК фотоники материала.

В качестве замечаний можно отметить следующее:

В автореферате не указано, применяется ли при механическом шлифовании плавное увеличение нагрузки до достижения рабочего давления и плавное ее снижение, или рабочее давление устанавливается сразу на определенное значение?

Однако, указанное замечание не снижает значимости полученных автором результатов.

Автореферат диссертации составлен с соблюдением установленных требований и дает достаточно полное представление о выполненном диссертационном исследовании.

Основные научные и практические результаты работы изложены в 13 научных публикациях, представленных в научно-технических изданиях, рекомендованных ВАК (в том числе 8 работ в изданиях, индексируемым в Scopus). Также основные положения диссертации обсуждались в 11 докладах на всероссийских и международных научно-технических конференциях. Получен 1 патент на изобретение.

Диссертация Козлова Р.Ю. является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в «Национальном исследовательском технологическом университете «МИСИС», а ее автор, Козлов Роман Юрьевич, заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.3 – Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники.

Директор ООО «МЕГА СМ»



Леви Александр Валерьевич
+7-916-681-16-85

12.05.2026

megaclassic@mail.ru