

**Акционерное общество
«Полупроводниковые приборы»**
пр. Энгельса, 27, корпус 5, литер А
Санкт-Петербург, 194156
Почтовый адрес: 194156, С-Петербург, а/я 29
Тел. (812) 294-25-32
Факс (812) 703-15-26
E-mail: sales@atcsd.ru
<http://www.atcsd.ru>
ОКПО 11143889/ОГРН 1027807971927
ИНН/КПП 7816060134/780201001

в Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук

Юридический адрес: 125412, Москва,
улица Ижорская, дом 13, строение 2

Директору ОИВТ РАН: академик РАН
Петрову О. Ф.

19 июля 2019 г. № 52

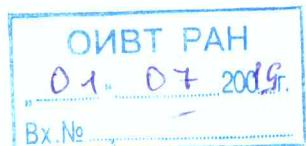
Глубокоуважаемый Олег Федорович!

В связи с реализацией национального проекта «Наука» и Федерального проекта «Развитие передовой инфраструктуры для проведения исследований и разработок в Российской Федерации», в части обновления приборной базы ведущих организаций, выполняющих научные исследования и разработки, предлагаем Вам рассмотреть возможность приобретения современных высокоэффективных полупроводниковых лазерных излучателей для нужд Вашей организации.

Акционерное Общество "Полупроводниковые приборы" (далее Фирма) было основано в декабре 1991 года. Основными направлениями деятельности Фирмы являются разработка новых полупроводниковых технологий, а также производство мощных полупроводниковых лазеров и приборов на их основе. Специально разработанная конструкция лазерного диода (патент РФ № 2110874) позволяет выпускать приборы, по своим техническим характеристикам не уступающие лучшим из серийных зарубежных моделей. Продукция Фирмы также прошла независимое тестирование в ряде российских и зарубежных фирм. Результаты подтвердили высокую надежность выпускаемых изделий и соответствие их самым высоким мировым стандартам.

Более подробную информацию о нашей продукции Вы можете получить на нашем сайте www.atcsd.ru.

Также в приложениях к настоящему письму находятся статья с краткой информацией о нашей Фирме и нашей продукции и статья о нашей последней разработке – Мощных (до 100 Вт) непрерывных лазерных линейках для накачки твердотельных лазеров.



С уважением,

Зам Генерального директора АО «Полупроводниковые приборы»

С.Н. Родин





ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ

Акционерное Общество "Полупроводниковые приборы" (далее Фирма) было основано в декабре 1991 года. Основными направлениями деятельности Фирмы являются разработка новых полупроводниковых технологий, а также производство мощных полупроводниковых лазеров и приборов на их основе.

Большинство сотрудников - высококвалифицированные специалисты в области физики твердого тела, физики полупроводников и полупроводниковых технологий, имеющие многолетний опыт научной работы в учреждениях РАН.

Отличные технические характеристики, высокая надежность и доступная цена изготавливаемых приборов позволили сразу же привлечь внимание потребителей и уверенно выйти сначала на российский рынок, а с 1993 года и на зарубежный. Ориентация на отечественного потребителя позволяет оперативно отслеживать конъюнктуру спроса и дает возможность как выполнять заказы специалистов с большим опытом работы в области лазерной техники, так и решать в ходе выполнения заказа проблемы, неизбежно возникающие у разработчиков, пришедших из смежных областей.

Специально разработанная конструкция лазерного диода (патент РФ № 2110874) позволяет выпускать приборы, по своим техническим характеристикам не уступающие лучшим из серийных зарубежных моделей. Продукция Фирмы также прошла независимое тестирование в ряде российских и зарубежных фирм. Результаты подтвердили высокую надежность выпускаемых изделий и соответствие их самым высоким мировым стандартам.

На сегодняшний день Фирма представляет собой научно-техническую фирму европейского уровня. Наличие собственной технологической базы (производительность линии более 3000 лазеров в год), высокая квалификация персонала, многолетний опыт работы в области создания лазерных диодов ближнего ИК-диапазона спектра и профессиональный менеджмент позволяют фирме эффективно разрабатывать новые типы полупроводниковых технологий, осваивать изготовление новых светоизлучающих приборов и, находясь на передовом рубеже науки и техники, вносить свой вклад в развитие российской оптоэлектроники.

В настоящее время Фирма осуществляет серийное производство следующих изделий:

- 1. Лазерные диоды, линейки и матрицы.**
- 2. Твердотельные лазеры с диодной накачкой.**
- 3. Блоки питания и управления для лазерных диодов и линеек, акусто- и электрооптического затворов и твердотельных лазеров с диодной накачкой.**



1. Лазерные диоды, линейки и матрицы.

Фирма производит 18 модификаций мощных полупроводниковых лазеров на основе наноразмерных гетероструктур, причем ряд моделей по своим характеристикам находится на уровне высших мировых достижений. Основные применения:

- Медицина (терапия, хирургия, онкология, офтальмология, косметология и т.д.)
- Накачка твердотельных лазеров
- Обработка материалов
- Полиграфия
- Системы беспроводной оптической связи
- Датчики и охранные системы
- Автоматика и робототехника
- Спектроскопия
- Научные исследования

1.1 Лазерные диоды.

Фирма производит мощные многомодовые лазерные диоды, работающие в непрерывном режиме с длинами волн 660-670 нм (выходная мощность от 0,5 до 1,3 Вт), 795-815 нм (выходная мощность от 1 до 15 Вт) и 930-980 нм (выходная мощность от 1 до 5 Вт). Лазерные диоды могут поставляться на открытом теплоотводе (C-mount, C-mount thick), а также в герметичных корпусах типа ATC, TO-3. В корпус может быть дополнительно установлен фотодиод обратной связи для контроля мощности излучения и корректирующая микролинза.



1.2 Лазерные линейки.

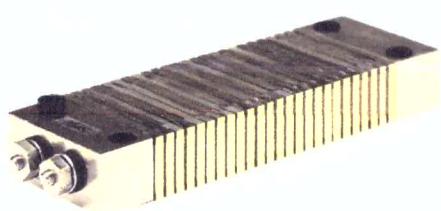
Фирма выпускает мощные лазерные линейки, работающие в квазинепрерывном режиме с длинами волн 940 нм (пиковая выходная мощность до 120 Вт) и 808 нм (пиковая выходная мощность до 250 Вт).



Лазерные линейки поставляются на открытом теплоотводе типа L-package. Размер излучающей площадки лазерной линейки занимает более 90 % ширины теплоотвода, что позволяет использовать несколько лазерных линеек одновременно для накачки твердотельных лазеров.

1.3 Лазерные матрицы.

Наиболее перспективным с точки зрения рынка является производство мощных лазерных матриц на основе отдельных лазерных линеек для накачки твердотельных лазеров. Фирма производит мощные лазерные матрицы работающие в квазинепрерывном режиме с длиной волны 808 нм (пиковая выходная оптическая мощность 2,5; 5 кВт и 10 кВт).



Лазерные матрицы поставляются в негерметичном исполнении. Размер излучающей площадки лазерных линеек занимает более 90 % ширины теплоотвода, что позволяет эффективно использовать его для накачки твердотельных лазеров.

Конструкция теплоотвода – разборная. Это позволяет собирать матрицы с различным количеством лазерных линеек, а также обеспечивает высокую ремонтопригодность.

Более подробную информацию о технических характеристиках выпускаемых фирмой лазерных диодов, линеек и матриц Вы можете получить из рекламных листков – Лазерные диоды и линейки; Лазерные матрицы, а также на нашем сайте – страница Лазерные диоды и линейки http://www.atcsd.ru/catalog/laser_diodes_and_series/.

2. Твердотельные лазеры с диодной накачкой.

Фирма предлагает твердотельные лазеры с диодной накачкой и внутрирезонаторным удвоением частоты. В качестве источника накачки используются лазерные диоды и линейки собственного производства что дает существенный выигрыш в цене и надежности. Твердотельные лазеры имеют воздушное охлаждение и встроенную систему термостабилизации на основе термохолодильников Пельтье.

2.1 Непрерывного режима работы.

Непрерывные твердотельные лазеры с диодной накачкой производятся с длинами волн 473 нм (выходная оптическая мощность 150 мВт), 532 нм (выходная оптическая мощность от 0,5 до 2 Вт), 1064 нм (выходная оптическая мощность от 1 до 4 Вт). Основные применения:

- Спектроскопия
- Научные исследования
- Лазерные системы для учебных целей



Твердотельные лазеры просты в эксплуатации, не требуют специальной подготовки персонала и предназначены для использования в качестве мощного источника когерентного излучения для решения различных научно-технических задач.

2.2 Импульсного режима работы.

Выпускаемые импульсные твердотельные лазеры с диодной накачкой работают как в видимом, так и в инфракрасном (безопасном для глаз) диапазонах длин волн.

Модель АТС-532-30.

Лазер имеет длину волны излучения 532 нм и выходную энергию, которая может плавно изменяться в пределах от 5 до 30 мДж.

Основные применения:

- Спектроскопия
- Научные исследования
- Бортовая лазерная локация (летательные аппараты)
- Оптико-локационные системы для самолетов
- Квантово – оптические системы для экомониторинга атмосферы



Модели АТС-1570-2 и АТС-1570-8 работающие в безопасном для глаз диапазоне спектра.

Лазер имеет длину волны излучения 1550 нм и выходную энергию 2 или 8 мДж). Отличительными особенностями такого излучателя являются высокая устойчивость к механическим воздействиям и уверенная работа в широком диапазоне температур – от -50 до +55 °С. Основные применения:

- Бортовая лазерная локация (наземная техника)
- Оптико-локационные системы для танков
- Малогабаритные дальномеры
- Геодезия



Более подробную информацию о технических характеристиках твердотельных лазеров с диодной накачкой Вы можете получить из рекламных листков – Твердотельные лазеры с диодной накачкой, а также на нашем сайте – страница Твердотельные лазеры с диодной накачкой <http://www.atcsd.ru/catalog/tasers/>.

3. Блоки питания и управления для лазерных диодов и линеек, акусто- и электрооптического затворов и твердотельных лазеров с диодной накачкой.

3.1 Блоки питания и управления для лазерных диодов и линеек.

Блоки питания предназначены для питания и управления лазерными диодами и лазерными линейками.

Основные применения:

- Научные исследования.
- Накачка твердотельных лазеров.
- Создание лазерных систем для научных или учебных целей.



Фирма предлагает следующие основные типы блоков питания и термостабилизации:

Блок питания лазерных диодов в непрерывном и импульсном режимах:		Блок питания лазерных линеек в импульсном режиме:	
LDD-10	рабочий ток 0.1-8.0 А, напряжение 3В	LLD-150-5Q	рабочий ток 15 – 150А, напряжение 25В, длительность импульса 5 мс
LDD-10N	рабочий ток 0.1-10.0 А, напряжение 3В	LLD-250-0.5Q	рабочий ток 25 – 250А, напряжение 25В, длительность импульса 0,5 мс
LDD-10M	рабочий ток 0.1-8.0 А, напряжение 9В		
LDD-21	рабочий ток 1-20А, напряжение 3В		



В совокупности с другими компонентами, блоки питания позволяют создавать полностью готовые к работе лазерные системы, отлично подходящие как для использования в исследовательских, так и в учебных целях. В настоящее время такие системы применяют в целом ряде лабораторий за рубежом (University at Buffalo, США, Czech Technical in Prague, Чехия), а также в высших учебных заведениях нашей страны (Санкт-Петербургский Государственный Политехнический Университет, Санкт-Петербургский Государственный

Электротехнический Университет). Лазерные системы включают в себя блок питания, охлаждающую головку и лазерный диод. Более подробную информацию о схеме построения лазерных систем Вы можете получить из рекламного листка – Лазерные системы, а также на нашем сайте – страница Лазерные системы для научных и учебных целей <http://www.atcsd.ru/catalog/science/>

Более подробную информацию о технических характеристиках блоков питания Вы можете получить из рекламных листков – Блоки питания и термостабилизации, а также на нашем сайте – страница Блоки питания и термостабилизации <http://www.atcsd.ru/catalog/bp/>.

3.2 Блоки питания и управления для акусто- и электрооптического затворов.

В качестве дополнительных аксессуаров для производства твердотельных лазеров с диодной накачкой и модуляцией добротности Фирма предлагает блоки питания и управления для акустооптического затвора (частота 40 МГц) и электрооптического затвора (управление при помощи сигнала с ТТЛ уровнем). Основные применения:

- Исследования
- Создание твердотельных лазеров с модуляцией добротности
- Создание лазерных систем для научных или учебных целей



Более подробную информацию о технических характеристиках производимых нашим предприятием блоков питания Вы можете получить из рекламных листков – Блоки акустооптического затвора и электрооптического затвора, а также на нашем сайте – страница Новые продукты http://www.atcsd.ru/news/?SECTION_ID=15.

3.3 Лазерный

Фирма освоила выпуск диапазона спектра на основе накачкой, предназначенного точностью +/- 5 м. Основные

- Геодезия
- Бортовая лазерная
- Специальные

Более подробную производимого нашим предприятием лазерного дальномера Вы можете получить из рекламного листка – Лазерный дальномер безопасного для глаз диапазона, а также на нашем сайте – страница Новые продукты http://www.atcsd.ru/news/?SECTION_ID=15.



дальномер.

лазерного дальномера безопасного для глаз твердотельного лазерного излучателя с диодной для измерения на максимальной дистанции 15 км с применения:

локация
применения

информацию о технических характеристиках

производимого нашим предприятием лазерного дальномера Вы можете получить из рекламного листка – Лазерный

дальномер безопасного для глаз диапазона, а также на нашем сайте – страница Новые продукты

http://www.atcsd.ru/news/?SECTION_ID=15.

Мощные (до 100 Вт) непрерывные лазерные линейки для накачки твердотельных лазеров.

А. Л. Тер-Мартиросян¹, М. А. Свердлов¹, С. Н. Родин¹, Н. А. Пихтин²

¹ АО «Полупроводниковые приборы», Санкт-Петербург, Россия

² ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия

Ключевые слова: лазер полупроводниковый, линейка полупроводниковых лазеров, накачка твердотельных лазеров.

Введение

Разработаны мощные высокоэффективные непрерывные лазерные линейки (ЛЛ), излучающие в спектральном диапазоне 808 нм и предназначенные для накачки твердотельных лазеров.

Разработка ЛЛ для систем непрерывной оптической накачки твердотельных лазеров направлена на увеличение эффективности, снижение энергопотребления, уменьшение габаритов и увеличение срока службы конечных изделий.

Твердотельные лазеры с диодной накачкой, используемые во всем мире для обработки материалов, разделения изотопов, лечения заболеваний, аналитического приборостроения, мониторинга атмосферы, управляемого термоядерного синтеза и военных применений, стремительно вытесняют устаревшие твердотельные лазеры с ламповой накачкой и газовые лазеры. Твердотельные лазеры с диодной накачкой отличаются существенно более высокими КПД, надежностью, лучшими массогабаритными показателями, отсутствием высокого напряжения питания. Во всем мире большинство высокотехнологичных производственных линий используют твердотельные лазеры с диодной накачкой для обработки материалов (резка, сверление отверстий, закалка, подгонка резисторов, гравировка и маркировка). Промышленные лазерные установки для обработки материалов становятся неотъемлемой частью любого высокотехнологичного производства.

Технологические лазеры позволяют существенно увеличить производительность труда, качественно снизить энергопотребление, являются экологически чистым оборудованием. Кроме того, лазерный луч позволяет получить качественно новые результаты (прецизионная обработка, закалка материалов) по сравнению с традиционным оборудованием. Твердотельные лазеры с ламповой накачкой, которыми оснащались производственные линии в течение последних 10÷15 лет, наряду с

упомянутыми выше преимуществами имеют существенные недостатки: высокое энергопотребление (низкий КПД), большие габариты и вес, малый срок службы.

В статье приведены параметры разработанных ЛЛ и результаты их ресурсных испытаний.

Характеристики ЛЛ

В сообщении приводятся результаты разработки энергоэффективных инжекционных ЛЛ нового поколения для систем непрерывной оптической накачки твердотельных лазеров с длиной волны генерации 808 нм, максимальным КПД 55 % и выходной оптической мощностью до 100 Вт.

ЛЛ обеспечивают при температуре 25 С следующие основные параметры, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Основные параметры ЛЛ

Наименование параметра	Значение
Режим работы	непрерывный
Выходная оптическая мощность излучения, Вт, не менее	100
Рабочий ток, А, не более	125
Рабочее напряжение, В, не более	2,5
Ширина излучающей площадки, мм, не более	12
Длина волны излучения, нм	808 ± 10
Ширина линии излучения по уровню 0.5, нм, не более	5
КПД, %, не менее	55

ЛЛ представляют собой источник лазерного излучения с узкой спектральной линией (3-4 нм). Основные отличия ЛЛ - высокая эффективность преобразования электрического тока в свет (более 50%) и малые геометрические размеры. Чипы изготавливаются на основе гетероструктур, полученных методом газофазной эпитаксии из металлогорганических соединений. Этот метод роста гетероструктур позволяет с высокой точностью контролировать химический состав и толщины выращиваемых полупроводниковых слоев, обеспечивая высокую воспроизводимость параметров, что дает возможность существенно снизить рабочий ток, повысить КПД и достичь высоких значений оптической мощности излучения. На основе прогрессивных построенных

технологий специалистами АО «Полупроводниковые приборы» разработан высокопродуктивный технологический цикл производства ЛЛ.

При выборе гетероструктуры для создания ЛЛ был проведен анализ гетероструктур, используемых для создания одиночных лазерных диодов, излучающих на длине волны 808 нм. На сегодняшний день существует два подхода для создания эпитаксиальных наноструктурированных гетероструктур (ЭНГС) раздельного ограничения:

- двойные ЭНГС раздельного ограничения на основе алюминий-не-содержащих слоев волновода и активной области [1-6];
- двойные ЭНГС раздельного ограничения на основе алюминий-содержащих слоев волновода и активной области [1, 7-10].

Максимально достигнутая выходная оптическая мощность в одиночных лазерных диодах на основе двойных ЭНГС раздельного ограничения на основе алюминий-не-содержащей системы твердых растворов, составляет 9,9 Вт (ширина излучающей апертуры 100 мкм, длина резонатора 3000 мкм) [6]. Максимально достигнутая выходная оптическая мощность в одиночных лазерных диодах на основе двойных ЭНГС раздельного ограничения на основе алюминий-содержащей системы твердых растворов, составляет 13 Вт (ширина излучающей апертуры 100 мкм, длина резонатора 4000 мкм) [9]. Следует отметить, что такая выходная оптическая мощность была получена на лазерном диоде при использовании двойной ЭНГС раздельного ограничения со сверхшироким симметричным волноводом (суммарная толщина волноводного слоя 3 мкм). В лазерном диоде на основе двойной ЭНГС раздельного ограничения с волноводом толщиной 1 мкм максимально достигнутая мощность составляет 8,9 Вт [10].

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что одиночные лазерные диоды, изготовленные на основе алюминий-не-содержащих и алюминий-содержащих твердых растворов в волноводных слоях и активной области, имеют примерно одинаковые мощностные характеристики. С точки зрения технологичности наиболее удобной системой твердых растворов является AlGaAs. Достоинством системы твердых растворов AlGaAs является максимальная воспроизводимость результатов, а также минимальное рассогласование по периоду решетки с подложкой GaAs во всем диапазоне составов (максимальное значение рассогласования получается для AlAs и составляет $1,18 * 10^{-3}$), что важно для обеспечения высоких оптических характеристик лазерного диода. К недостаткам системы AlGaAs следует отнести высокую способность алюминия к окислению. Поэтому не рекомендуется использовать при создании

двойных ЭНГС раздельного ограничения слои $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ с составом по алюминию (x) больше 0,6, т.к. чем больше содержание алюминия в слое, тем процесс окисления интенсивнее. Сильное окисление алюминиевых слоев может привести к ухудшению выходных характеристик лазерных диодов, а именно: уменьшению надежности, увеличению сопротивления и оптических потерь.

На основании вышесказанного была разработана для создания ЛЛ двойная ЭНГС раздельного ограничения на основе системы твердых растворов AlGaAs.

При разработке конструкции двойной ЭНГС раздельного ограничения для ЛЛ основными целями было: обеспечение работы ЛЛ на нулевой поперечной моде электромагнитной волны; обеспечение минимальных внутренних оптических потерь в волноводе ЛЛ; подавление выброса носителей заряда из активной области в волноводные слои; обеспечение минимального электрического сопротивления ЭНГС; обеспечение технологичности конструкции ЭНГС.

Для ЭНГС были выбраны следующие составы слоев: эмиттерный слой $\text{Al}_{0,55}\text{Ga}_{0,45}\text{As}$; волноводный слой $\text{Al}_{0,37}\text{Ga}_{0,63}\text{As}$; активная область – КЯ $\text{Al}_{0,1}\text{Ga}_{0,9}\text{As}$ толщиной 12 нм.

Для обеспечения работы ЛЛ на нулевой поперечной моде электромагнитной волны и минимальных внутренних оптических потерь был проведен расчет профилей распределения электромагнитной волны в волноводе по модели, предложенной в [11]. Для обеспечения этих требований нами использовался расширенный волновод (1,5 мкм). Особенностью работы с широким волноводом является необходимость расчета, по меньшей мере, еще двух мод высшего порядка. Подавления этих мод можно добиться за счет максимизации оптических потерь и минимизации модального усиления для них. Для подавления мод высшего порядка используют асимметричный волновод со сдвигом активной области к Р-эмиттеру.

На рисунке 1 приведены результаты расчета распределения мод различных порядков электромагнитной волны. В таблице 1 представлены параметры рассчитанной ЭНГС.

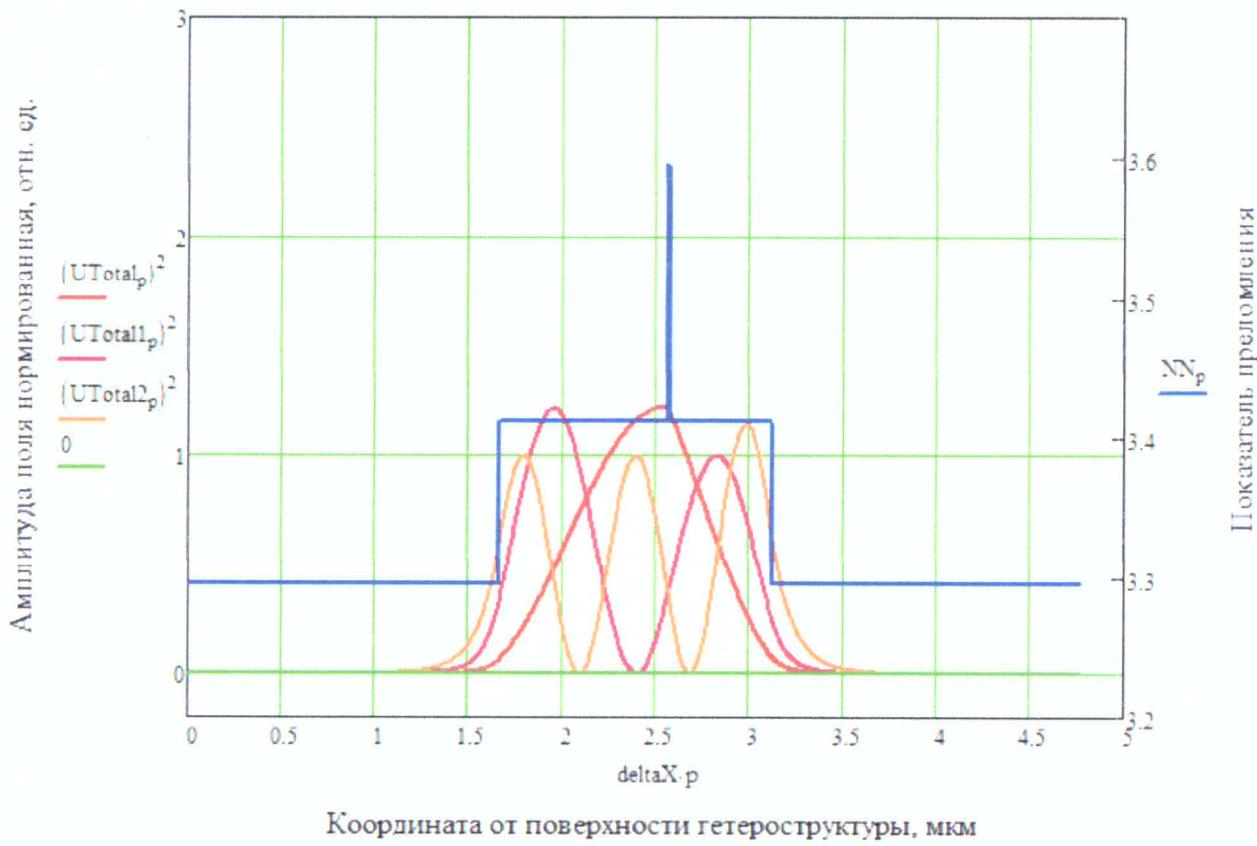


Рисунок 1 – Расчетное распределение поля электромагнитной волны в волноводе алюминий содержащей двойной эпитаксиальной наноструктурированной гетероструктуры раздельного ограничения для мод разных порядков.

Таблица 1 – Рассчитанные параметры ЭНГС.

№	Название	Состав	Легирование
1	N-эмиттер	Al _{0,55} Ga _{0,45} As	N-тип
2	N-волновод	Al _{0,37} Ga _{0,63} As	нелегирован
3	КЯ	Al _{0,1} Ga _{0,9} As	нелегирован
4	P-волновод	Al _{0,37} Ga _{0,63} As	нелегирован
5	P-эмиттер	Al _{0,55} Ga _{0,45} As	P-тип

Для отработки технологии изготовления ЛЛ была выбрана оптимальная технологическая схема сборки, позволяющая на финишной стадии в качестве готовой продукции получать ЛЛ с выходной оптической мощностью до 100 Вт, работающие в непрерывном режиме.

Построение технологической схемы по проведению сборочных операций при изготовлении ЛЛ основано на определенной базовой концепции:

высокая воспроизводимость характеристик технологических процессов;

возможность проведения нескольких технологических процессов в одной реакционной камере без ее вскрытия;

возможность легкой перестройки режимов при изменении параметров технологических процессов;

постоянный технологический контроль за проведением качества производимых технологических операций;

простота переоснастки и обслуживания используемого оборудования;

возможность осуществления корректировки и совершенствования технологической схемы;

минимальное воздействие окружающей среды при проведении технологического процесса.

Монтаж чипов ЛЛ на теплоотвод осуществлялся методом бесфлюсовой пайки через буферную пластину (сабмаунт) из CuW (80/20). Монтаж изолирующей пластины на теплоотвод проводился для обеспечения электрической развязки между токопроводящими контактами ЛЛ. В качестве материала пластины использовалась металлизированная с одной стороны керамическая пластина Al_2O_3 (поликор), обладающая высокими изоляционными свойствами и имеющая достаточно хорошую теплопроводность.

Для измерения выходной оптической мощности ЛЛ использовался калибрированный болометрический измеритель фирмы Ophir.

Спектральные измерения проводились с использованием оптоволоконного спектрометра ASP-150TF.

На рис. 2 представлен внешний вид ЛЛ на водоохлаждаемом теплоотводе.

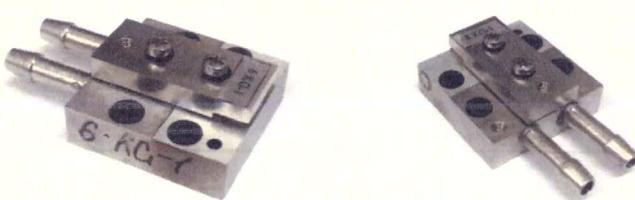


Рисунок 2 – Внешний вид ЛЛ на водоохлаждаемом теплоотводе.

На рис. 3 представлен габаритный чертеж ЛЛ на водоохлаждаемом теплоотводе.

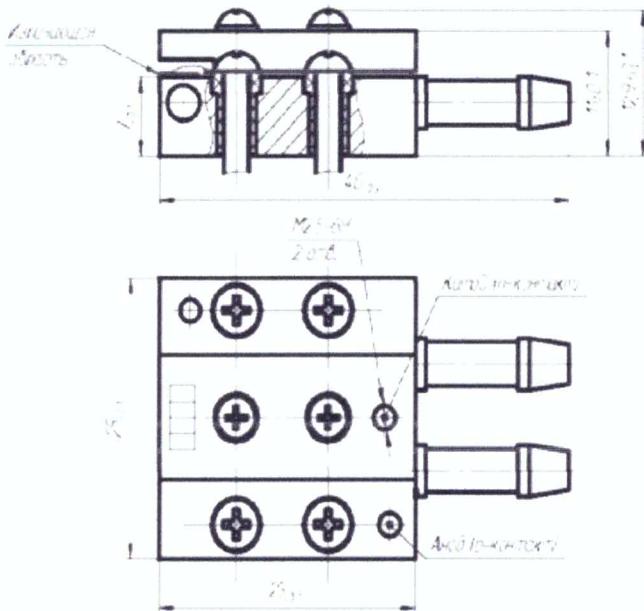


Рисунок 3 – Габаритный чертеж ЛЛ на водоохлаждаемом теплоотводе.

На рис. 4 представлена типичная зависимость выходной оптической мощности от тока накачки и КПД ЛЛ.

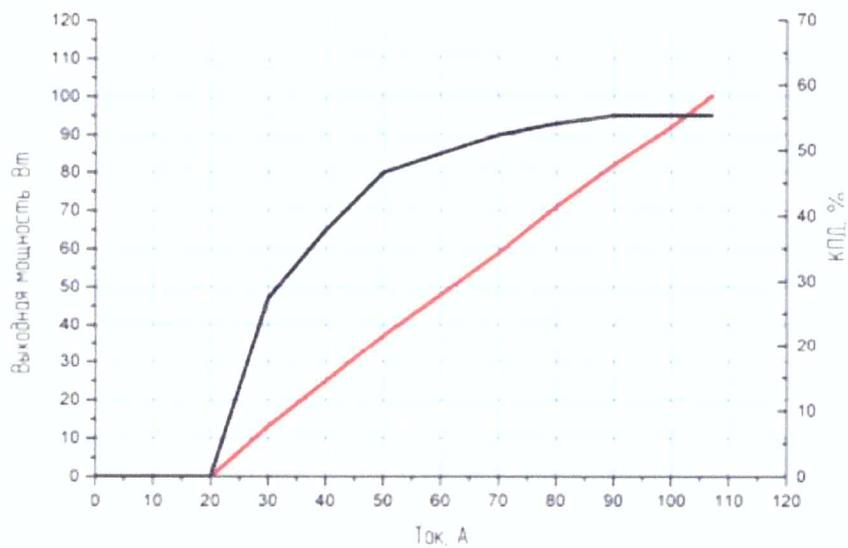


Рисунок 4 – Типичная зависимость выходной оптической мощности от тока накачки и КПД ЛЛ.

Как показывает анализ зависимости, максимальный КПД ЛЛ достигает 55%, при температуре ТО ЛЛ +25°C.

На рис. 5 представлен типичный спектр ЛЛ. Узкая спектральная полоса излучения ~3-4 нм говорит о высокой однородности и качестве монтажа чипов ЛЛ.

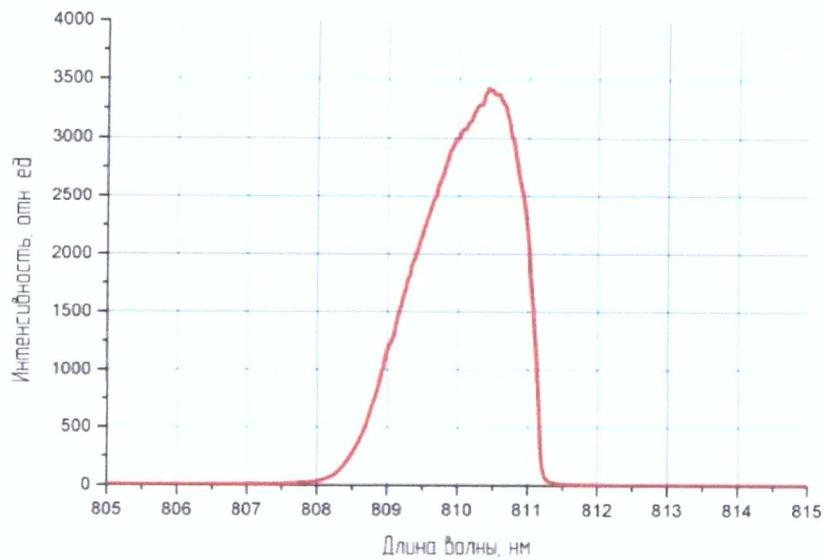


Рисунок 5 – Типичный спектр ЛЛ.

Распределение оптической мощности по полосковым излучателям (Рис. 6) показывает высокую однородность по всей ширине излучающей площадки, что подтверждает качество гетероструктуры и высокую технологичность всех постростовых процессов изготовления ЛЛ.

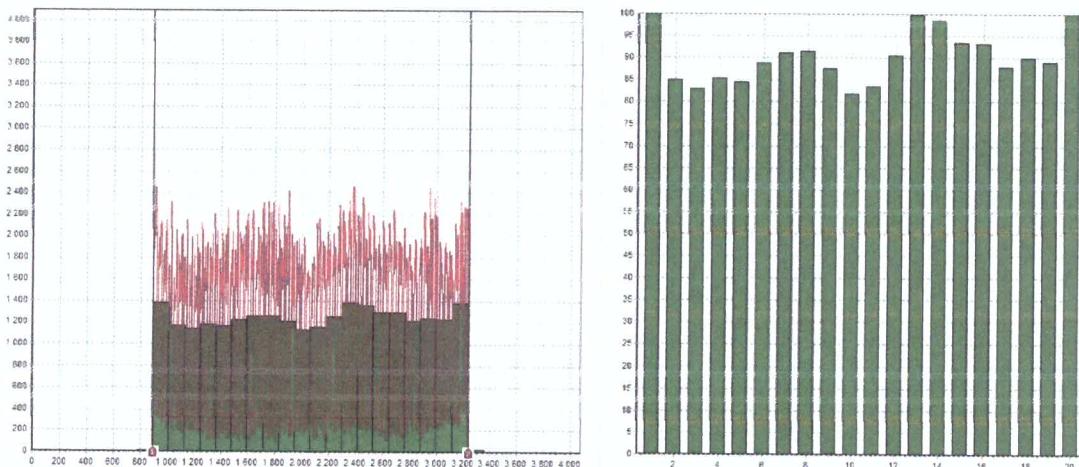


Рисунок 6 – Распределение оптической мощности по полосковым излучателям ЛЛ.

Разработанные ЛЛ подвергались ресурсным испытаниям в режиме поддержания постоянной величины тока накачки, равного 115-117А (с номинальной выходной мощностью 100 Вт). При температуре ТО ЛЛ +25⁰С в течение 1000 часов падение выходной оптической мощности составило не более 1,5%. Таким образом, по линейной экстраполяции временной зависимости можно оценить ожидаемый ресурс работы ЛЛ при Т = +25⁰С как 10000 часов.

На рис. 7 представлена зависимость изменения выходной мощности ЛЛ от времени наработки.

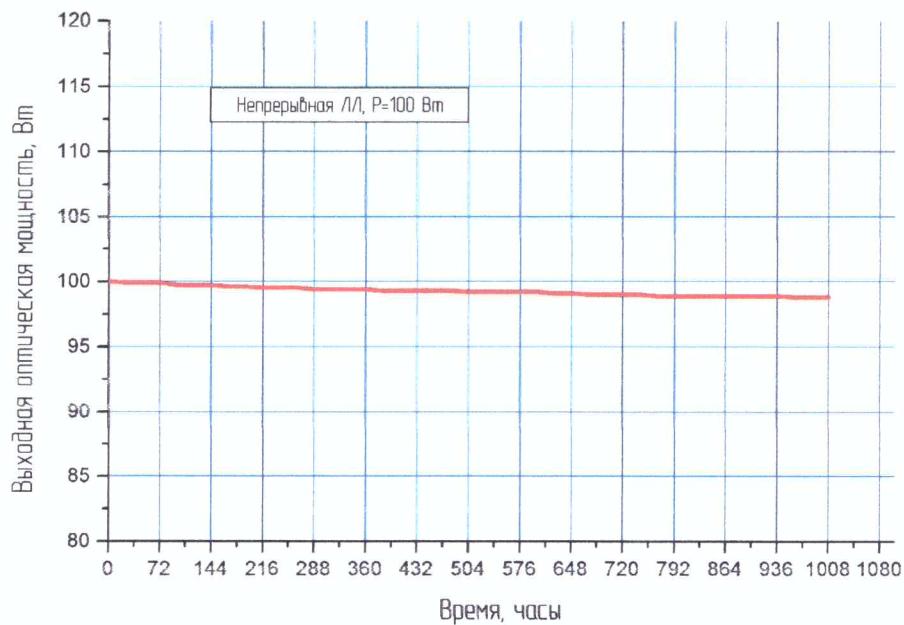


Рисунок 7 – Зависимость изменения выходной мощности ЛЛ от времени наработки.

Заключение

Таким образом, в настоящей работе были разработаны и исследованы мощные высокоэффективные непрерывные ЛЛ, предназначенные для накачки твердотельных лазеров на основе ионов Nd^+ .

Благодарности

Работы выполнялись в соответствии с Программой Союзного государства России и Беларуси «Разработка критических стандартных технологий проектирования и изготовления изделийnanoструктурной микро- и оптоэлектроники, приборов и систем на их основе и оборудования для их производства и испытаний» - СЧ ОКР «Разработка параметрических рядов мощных фотодиодов СВЧ-диапазона, а также конструктивно и технологически подобных энергоэффективных инжекционных лазеров нового поколения в части изготовления эпитаксиальных nanoструктурированных гетероструктур, разделения на чипы энергоэффективных инжекционных лазеров, нанесения защитных покрытий на зеркала чипов энергоэффективных инжекционных лазеров и сборки энергоэффективных инжекционных лазеров, системы оптической диодной накачки для высокоэнергетичного полностью твердотельного лазера и

полностью твердотельного лазера для промышленности, энергетики и специальных применений» шифр СЧ ОКР «Луч-3.2.1».

Литература

1. Мощные лазерные диоды с длиной волны излучения 808 нм на основе различных типов асимметричных гетероструктур со сверхшироким волноводом [Текст] / В.В. Безотосный, В.В. Васильева, Д.А. Винокуров, В.А. Капитонов, О.Н. Крохин, А.Ю. Лешко, А.В. Лютецкий, А.В. Мурашова, Т.А. Налет, Д.Н. Николаев, Н.А. Пихтин, Ю.М. Попов, С.О. Слипченко, А.Л. Станкевич, Н.В. Фетисова, В.В. Шамахов, И.С. Тараков // Физика и техника полупроводников. – 2008. – Том42, выпуск3. – С.357-360.
2. GaInAsP/GaInP/AlGaInP-лазеры, излучающие на длине волны 808 нм, выращенные методом МОС-гидридной эпитаксии. [Текст] / А.В. Алуев, А.Ю. Лешко, А.В. Лютецкий, Н.А. Пихтин, С.О. Слипченко, Н.В. Фетисова, А.А. Чельный, В.В. Шамахов, В.А. Симаков, И.С. Тараков // Физика и техника полупроводников. – 2009. – Том43, выпуск4. – С.556-560.
3. Reliability of aluminium-free 808 nm high-power laser diodes with uncoated mirrors. [Текст] / I. Eliashevich, J. Diaz, H. Yi, L. Wang, M. Razeghi // Applied Physics Letters. – 1995. – Vol.66, №.23. – P.3087-3089.
4. Operating characteristics of Al-free InGaAsP/GaAs single quantum well high-power laser. [Текст] / L.J. Wang, S.L. Wu, J. Diaz, I. Eliashevich, H.J. Yi, M. Razeghi // Proceedings SPIE. – 1996. – Vol.2886. – P.114-117.
5. MOCVD growth of AlGaInP/GaInP quantum well laser diode with asymmetric cladding structure for high power applications [Текст] / Peixu Li, Ling Wang, Shuqiang Li, Wei Xia, Xin Zhang, Qingmin Tang, Zhongxiang Ren, Xiangang Xu // Chinese Optics Letters. – 2009. – Vol.7, №.6. – P.489-491.
6. Long-term reliability of Al-free InGaAsP/GaAs ($\lambda = 808$ nm) lasers at high-power high-temperature operation. [Текст] / J. Diaz, H. Yi, M. Razeghi, G.T. Burnham // Applied Physics Letters. – 1997. – Vol.71, №.21. – P.3042-3044.
7. Мощные лазеры ($\lambda=808$ нм) на основе гетероструктур раздельного ограничения AlGaAs/GaAs [Текст] / А.Ю. Андреев, С.А. Зорина, А.Ю. Лешко, А.В. Лютецкий, А.А. Мармалюк, А.В. Мурашова, Т.А. Налет, А.А. Падалица, Н.А. Пихтин, Д.Р. Сабитов, В.А. Симаков, С.О. Слипченко, К.Ю. Телегин, В.В. Шамахов, И.С. Тараков // Физика и техника полупроводников. – 2009. – Том 43, выпуск 4. – С.453-457.

8. 808 nm tapered diode lasers optimised for high output power and nearly diffraction-limited beam quality in pulse mode operation. [Текст] / O.B. Jensen, A. Klehrb, F. Dittmarb, B. Sumpfb, G. Erbertb, P.E. Andersena, P.M. Petersen // Proceedings SPIE. – 2007. – Vol.6456. – P. 64560A-1-64560A-10.
9. High-power 808 nm lasers with a super-large optical cavity. [Текст] / A. Knauer, G. Erbert, R. Staske, B. Sumpf, H. Wenzel, M. Weyers // Semiconductor Science and Technology. – 2005. – Vol.20. – P.621-624.
10. High-Power 810-nm GaAsP-AlGaAs Diode Lasers With Narrow Beam Divergence. [Текст] / J. Sebastian, G. Beister, F. Bugge, F. Buhrandt, G. Erbert, H.G. Hansel, R. Hulsewede, A. Knauer, W. Pittroff, R. Staske, M. Schroder, H. Wenzel, M. Weyers, G. Trankle // IEEE Journal on Selected Topics in Quantum Electronics. – 2001. – Vol.7, №.2. – P.334-339.
11. Diode Lasers and Photonic Integrated Circuits. [Текст] / L.A. Coldren, S.W. Corzine, M.L. Mashanovitch - Wiley, 2012. – 744P.