

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
Д 002.034.01 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТ
АНАЛИТИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК (ИАП РАН), Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА
НАУК**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «05» декабря 2014 г. № 4

о присуждении Тер-Мартirosяну Александру Леоновичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Мощные источники лазерного излучения на основе квантоворазмерных гетероструктур» по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики принята к защите 23.06.2014 г., протокол № 3 диссертационным советом Д002.034.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт аналитического приборостроения Российской академии наук (ИАП РАН), 190103, Санкт-Петербург, Рижский пр. 26, приказ 714/нк от 02.11.2012 г.

Соискатель Тер-Мартirosян Александр Леонович 1964 года рождения, диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Исследование излучательных характеристик мощных полупроводниковых лазеров, лазерных линеек и фазированных лазерных решеток» защитил в 1997 году, в диссертационном совете, созданном на базе Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета им. В.И. Ульянова (Ленина), работает генеральным директором в Закрытом акционерном обществе «Полупроводниковые приборы».

Диссертация выполнена в Закрытом акционерном обществе «Полупроводниковые приборы».

Научный консультант – доктор технических наук, профессор Курочкин Владимир Ефимович, директор Федерального государственного бюджетного

учреждения науки Институт аналитического приборостроения Российской академии наук (ИАП РАН).

Официальные оппоненты:

1. Егоров Антон Юрьевич, член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, профессор кафедры «физики и технологии наногетероструктур» Федерального государственного бюджетного учреждения высшего профессионального образования и науки Санкт-Петербургский Академический университет - научно-образовательный центр нанотехнологий РАН
2. Прокопенко Виктор Трофимович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «твердотельной оптоэлектроники» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики
3. Кабанов Владимир Викторович, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией «оптоэлектроники и голографии» Государственного научного учреждения института физики им. Б.И. Степанова Национальной академии наук Беларуси, г. Минск дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Открытое акционерное общество «Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова», г. Санкт-Петербург, в своем положительном заключении, подписанном Горбуновым Георгием Георгиевичем, доктором технических наук, научным руководителем отделения, Серебряковым Виктором Анатольевичем, доктором физико-математических наук, профессором, начальником лаборатории, Устюговым Владимиром Ивановичем, кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником, Забелиной Ириной Антоновной, кандидатом технических наук, ведущим научным сотрудником, ученым секретарем, утвержденном Куруновым Романом Федоровичем, доктором физико-

математических наук, генеральным директором, указала на следующие замечания: 1. «В четвертой главе диссертации приведены результаты моделирования работы теплоотводов для мощных лазерных диодов. К сожалению, не приводятся результатов исследования свойств теплоотводов для лазерных диодных линеек, в то время, как они представляют большой практический интерес». 2. «Недостаточно подробно проведено сравнение достигнутых результатов с мировым и отечественным уровнем производителей мощных лазерных диодных источников, не затронут вопрос о перспективах импортозамещения». 3. «Неудачен термин «высокоэффективные» в отношении медицинских аппаратов, т.к. он не разделяет техническую эффективность приборов от эффективности их клинического использования». 4. «Не раскрыт в достаточной степени вопрос о механизме термотерапии опухолей с применением разработанной аппаратуры и перспективах клинического использования в онкологии». 5. «Не прокомментирована форма импульса излучения твердотельного лазера для дальнего действия, представленная на рис. 6.6, имеющая особенности, которые могут быть связаны как с физическими процессами в лазерах данного типа, так и с техническими характеристиками фотоприемного тракта».

Соискатель имеет 43 (Сорок три) опубликованные работы, в том числе по теме диссертации 20 (Двадцать) работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях 15 (Пятнадцать). К наиболее значительным работам, отражающим основное содержание диссертации относятся:

1. Кацавец, Н.И. Мощные высокоэффективные квазинепрерывные лазерные линейки для накачки твердотельных лазеров на основе Yb-содержащих активных сред [Текст] / Н.И. Кацавец, В.А. Бученков, Д.М. Демидов, Р.В. Леус, М.О. Искандаров, А.А. Никитичев, **А.Л. Тер-Мартirosян** // Письма в ЖТФ. – 2004. - Т. 30. В. 24. - С. 43-48.

2. Bulashevich, K.A. Effect of free-carrier absorption on performance of 808 nm AlGaAs-based high-power laser diodes [Text] / K.A. Bulashevich, V.F. Mymrin,

S.Yu. Karpov, D.M. Demidov, **A.L. Ter-Martirosyan** // *Semicond. Sci. Technol.* - 2007. - V. 22. - P. 502–510.

3. Воробьев, Л.Е. Лазерные диоды для фотодинамической терапии [Текст] / Л.Е. Воробьев, А.Н. Софронов, Д.А. Фирсов, Д.М. Демидов, Р.В. Леус, М.А. Свердлов, **А.Л. Тер-Мартirosян** // *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки.* - 2011. - №2(122). - С. 80-84.

4. Аникеева, М.С. Цифровая система визуализации для фотодинамической терапии [Текст] / М.С. Аникеева, А.Н. Софронов, С.С. Дремов, **А.Л. Тер-Мартirosян** // "Научно-технические Ведомости СПбГПУ" серия "Информатика. Телекоммуникации. Управление". - 2012. - №6 (162). Раздел "Приборы, информационно-измерительные системы". - С.159-164.

5. Демидов, Д.М. Мощные лазерные диоды с длиной волны излучения 808 нм. I. Термические механизмы ограничения выходной мощности [Текст] / Д.М. Демидов, **А.Л. Тер-Мартirosян**, К.А. Булашевич, О.В. Хохлев, С.Ю. Карпов // *Научное приборостроение.* – 2012. - Т. 22. № 3. - С. 78-86.

6. Демидов, Д.М. Мощные лазерные диоды с длиной волны излучения 808 нм. II. Нетермические механизмы ограничения мощности излучения [Текст] / Д.М. Демидов, **А.Л. Тер-Мартirosян**, К.А. Булашевич, О.В. Хохлев, С.Ю. Карпов // *Научное приборостроение.* – 2012. - Т. 22. № 4. - С. 19-25.

7. Демидов, Д.М. Мощные лазерные диоды с длиной волны излучения 808 нм. III. Пути повышения мощности излучения [Текст] / Д.М. Демидов, **А.Л. Тер-Мартirosян**, К.А. Булашевич, О.В. Хохлев, С.Ю. Карпов // *Научное приборостроение.* - 2013. - Т. 23. № 2. - С. 129-138.

8. **Тер-Мартirosян, А.Л.** Анализ и оптимизация конструкции теплоотводов для мощных лазерных диодов. I. Теплоотвод традиционной конструкции [Текст] / **А.Л. Тер-Мартirosян**, Д.М. Демидов, М.А. Свердлов, А.В. Кулик, С.Ю. Карпов // *Научное приборостроение.* – 2013. - Т. 23. № 4. - С. 40-44.

9. **Тер-Мартirosян, А.Л.** Анализ и оптимизация конструкции теплоотводов для мощных лазерных диодов. II. Пути улучшения отвода тепла [Текст] / **А.Л. Тер-Мартirosян**, Д.М. Демидов, М.А. Свердлов, А.В. Кулик, С.Ю.

Карпов // Научное приборостроение. – 2013. - Т. 23. № 4. - С. 45-49.

10. Александров, С.Е. Система контроля температуры рабочего торца оптоволокна лазерных модулей с волоконным выводом излучения для медицинской аппаратуры [Текст] / С.Е. Александров, Г.А. Гаврилов, Г.Ю. Сотникова, **А.Л. Тер-Мартirosян** // ФТП. - 2014. - Т. 48. В. 1. - С. 135-141.

Соискателем сформулированы задачи и организовано проведение научных исследований; осуществлен обзор литературы; выполнен анализ работы и оптимизация лазерных гетероструктур и эффективных теплоотводов, а также разработаны, исследованы и внедрены в серийное производство мощные непрерывные лазерные диоды, сверхмощные квазинепрерывные лазерные линейки и матрицы, медицинские лазерные аппараты, твердотельные лазеры с диодной накачкой для технологических и информационных применений, устройства для визуализации пространственного распределения флуоресценции злокачественных новообразований при фотодинамической терапии и для контроля температуры объекта, нагреваемого излучением диодных лазеров с оптоволоконным выходом излучения.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. От Егорова Антона Юрьевича, член-корреспондента РАН, доктора физико-математических наук, профессора кафедры «физики и технологии наногетероструктур» Федерального государственного бюджетного учреждения высшего профессионального образования и науки Санкт-Петербургский Академический университет - научно-образовательный центр нанотехнологий РАН. Замечания: 1. «На странице 17 автореферата диссертации приводятся результаты исследования характеристик мощных лазерных диодов различной конструкции. Различные конструкции, в том числе модифицированные, обозначены различными буквенными и цифровыми обозначениями. Выделены две наиболее оптимальные конструкции G1 и G4D. Однако, при прочтении раздела возникает вопрос: в чем заключается модификация, например для оптимальной структуры

G4D? Ответ можно найти только в диссертации, читателям же автореферата про это не сообщается», 2. «На странице 94 диссертации на рис.2.9, а также на таком же рисунке в автореферате, приведены значения максимальной мощности лазеров в зависимости от длины волны излучения. Откуда взяты эти значения, об этом не сообщается».

2. От Прокопенко Виктора Трофимовича, доктора технических наук, профессора заведующего кафедрой твердотельной оптоэлектроники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики. Замечания: 1. «В третьей главе приводятся энергетические и пространственные параметры и характеристики излучения мощных лазерных диодов, в то время как для пользователя часто представляют интерес и другие характеристики источника излучения – спектральные, корреляционные (поляризация, когерентность)». 2. «Четвертая глава диссертации посвящена тепловому анализу работы теплоотводов для мощных лазерных диодов. К сожалению, в работе не рассматриваются активные теплоотводы с микроканальным жидкостным охлаждением, позволяющие весьма эффективно отводить тепло от полупроводниковых приборов». 3. «В пятой главе сообщается о создании лазерных диодов красного диапазона спектра на основе конструкции “мелкая меза с дополнительной изоляцией”, которая обеспечивает высокую температурную и пространственно-временную стабильность излучения в ближнем и дальнем полях, большой срок службы и низкий уровень шумов. В работе отсутствует информация о том, какая конструкция лазерного чипа использовалась при изготовлении мощных непрерывных лазерных диодов с длиной волны 808 нм». 4. «В седьмой главе диссертации описаны различные способы суммирования лучей дискретных лазерных диодов с последующим вводом излучения в оптическое волокно. Из приведенных оптических

схем не понятно, можно ли аналогичным образом суммировать излучение лазерных линеек?». 5. «По тексту диссертации встречаются терминологические неточности. Так, например, под оптической осью в оптике понимают направление в двулучепреломляющих материалах, в котором отсутствует анизотропия. В диссертации, когда идет речь об оптических схемах, необходимо, очевидно, употреблять понятие геометрической оси. Или, термин «флуоресценция» употребляется при импульсном режиме работы источника излучения. Если имеет место непрерывный режим излучения источника, то употребляется термин «люминесценция».

3. От Кабанова Владимира Викторовича, доктора физико-математических наук, заведующего лабораторией оптоэлектроники и голографии Государственного научного учреждения «Институт физики им. Б.И. Степанова Национальной академии наук Беларуси», г. Минск. Замечания:
1. «Во второй главе выявлены основные механизмы, ограничивающие выходную оптическую мощность непрерывных лазерных диодов: катастрофическое разрушение зеркал и тепловые эффекты (перегрев). В пятой главе приведены основные характеристики лазерного диода с максимальной выходной мощностью 15 Вт и длиной волны 808 нм. Вместе с тем не указано, какой из вышеперечисленных механизмов ответственен за невозможность дальнейшего увеличения оптической мощности этих приборов?». 2. «Вывод по защищаемому положению 3 на стр.19 основывается на материале, представленном в главе 4, параграф 4.3. В частности в подразделе 4.3.2 на стр. 219 на основе результатов численного эксперимента приводится математическое выражение (4.1), описывающее в хорошем приближении коэффициент теплового сопротивления анализируемой конструкции лазерного диода. К сожалению, в тексте не приведены какие-либо условия, положенные в основу этой формулы, которые, в свою очередь, могли бы определить границы ее применения. В тоже время присутствующая логарифмическая

зависимость говорит о том, что это выражение не всегда будет описывать реальный физический процесс. Поэтому приведенные на основании формулы (4.1) выводы требуют уточнения по границам их справедливости для того, чтобы служить основой для обобщений, в частности, вывод в защищаемом положении 3 о том, что «для уменьшения теплового сопротивления предпочтительным является увеличение длины резонатора». В тексте главы 4 на стр. 219 также говорится о «двумерном боковом растекании тепла», которое сопоставляется со случаем «одномерного переноса тепла», а затем это сопоставление выносится в защищаемое положение 3. Если речь идет о сравнении между гиперболической зависимостью коэффициента теплового сопротивления от двух переменных L и W (упомянутой в диссертации как «одномерный перенос тепла, зависящий от площади полоскового контакта») и приведенной на стр. 219 формулой (4.1), то в обоих случаях это функции двух независимых переменных. Поэтому не ясно, какой смысл здесь вкладывается в слова «двумерный» и «одномерный» перенос тепла?». 3. «В пятой главе на рис. 5.5. приведены сравнительные результаты наработки на отказ лазерных диодов, собранных как с помощью жесткого припоя и термокомпенсатора, так и с помощью мягкого припоя. Результаты показали, что в пределах 1000 часов наработки приборы ведут себя одинаково. Из текста не понятно, какой из вариантов монтажа лазерных диодов является более предпочтительным?». 4. «В тексте диссертации имеются неточности и опечатки: на стр. 15 – 16 в формулировке результата 2, раскрывающем суть научной новизны, после слов «Если теплоотвод не дает доминирующего вклада в тепловое сопротивление ЛД, » пропущена частица «то» и далее по тексту «лазерные ГС...»; на стр. 16 (7-я строка снизу) в слове «варианты» вместо буквы «а» написано «е»; на стр. 19 в защищаемом положении 3, по-видимому, имеет место описка и вместо слов «но зависит...» было бы правильно писать «оно зависит...»; на стр. 19 в защищаемом положении 6 деепричастный

оборот «накопленного в биоткани при проведении сеанса фотодинамической терапии» следует выделить запятыми; на стр. 213 (4-я строка снизу) вместо слова «вертикальной» и далее «стенкой теплоотвода с точностью ± 5 мкм», по-видимому, следует писать «верхней»; на стр. 224 (4-я строка сверху) в слове «качества» окончание «а» следует поменять на окончание «е», т.е. «качестве»; на стр. 225 в подписи к рисунку 4.7 в слове «поверхности» не правильное окончание, следует писать «поверхность».

4. От Дмитрия Анатольевича Фирсова, доктора физико-математических наук, профессора, заведующего кафедрой физики полупроводников и наноэлектроники Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Замечание: «В главе 3 приводятся результаты расчета характеристик лазерных диодов и лазерных гетероструктур. С точки зрения практического применения было бы желательно также привести информацию о том, для какой системы материалов выполнены расчеты.»
5. От Ильи Сергеевича Тарасова, доктора физико-математических наук, заведующего лабораторией полупроводниковой люминесценции и инжекционных излучателей Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе РАН. Замечания: 1. «Во второй главе автореферата в качестве факторов, ограничивающих выходную мощность лазерных диодов, упоминаются спектральное и пространственное выжигание носителей заряда. Эти эффекты приводят к некоторым побочным явлениям, в частности к расширению спектра оптического излучения при высоких уровнях токовой накачки. Расширение спектра генерации означает снижение эффективности накачки, уменьшение каналов передачи информации, снижение точности измерения дистанции и др. Наблюдал ли автор подобные эффекты в разработанных лазерных диодах и линейках? Если да, то были ли проведены исследования возможных способов борьбы с этим негативными эффектами?».

2. «Полупроводниковые источники излучения, вследствие своей миниатюрности имеют высокую расходимость излучения в параллельной и, особенно в перпендикулярной плоскости относительно эпитаксиальных слоев гетероструктуры. В то же время, мировые тенденции развития современных технологий полупроводниковых лазеров выдвигают требования по снижению расходимости излучения до величины менее 7-10 градусов по уровню $1/e^2$ в обеих плоскостях. В пятой главе автореферата упоминается, что лазерные диоды с выходной мощностью 15 Вт имели расходимость излучения 7 x 36 градусов. Из текста автореферата не понятно, исследовал ли автор возможности уменьшения расходимости излучения в вертикальной плоскости лазерных диодов?». 3. «Одним из основных потребительских параметров полупроводниковых лазеров является срок службы. В автореферате не сообщается, проводил ли автор исследования срока службы лазерных диодов с выходной мощностью 15 Вт и длиной волны 808 нм?»».
6. От Михаила Александровича Каплана, доктора медицинских наук, профессора, заведующего отделом фотодинамической диагностики и терапии Федерального государственного бюджетного учреждения «Медицинский радиологический научный центр» Минздрава РФ. Замечание: «В качестве замечания хотелось бы пожелать автору доработать программное обеспечение Флуовизора так, чтобы у врача появилась возможность максимально точно определять количество накопленного в биоткани препарата, что позволит с минимальной погрешностью выбирать оптимальную мощность излучения лазера и время проведения сеанса ФДТ.»
7. От Сергея Анатольевича Карпищенко, доктора медицинских наук, профессора, заведующего кафедрой оториноларингологии с клиникой Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И. П. Павлова. Замечание: «Небольшое замечание к содержанию автореферата – в седьмой главе сообщается о разработке

метода селективной лазерной гипертермии для лечения онкологических заболеваний и не упоминается о положительном опыте использования полупроводникового лазера в оториноларингологии. Вместе с тем, на кафедре оториноларингологии с клиникой Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И. П. Павлова хирургические лазерные аппараты «Аткус-15» и «Латус-К» успешно используются с 2000 г. по сегодняшний день. За это время выполнен целый ряд уникальных операций и разработаны новейшие медицинские технологии лечения различных заболеваний с помощью полупроводникового лазерного скальпеля. Так, под руководством заслуженного деятеля науки РФ проф. М.С.Плужникова, на кафедре была сформулирована концепция нового направления в хирургии голоса – контактная лазерная фонохирургия, разработана и научно обоснована методика лазерной интерстициальной термодеструкции доброкачественных новообразований голосовых связок.»

8. От Александра Владимировича Гейница, доктора медицинских наук, профессора, директора Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр лазерной медицины Федерального медико-биологического агентства». Без замечаний.
9. От Ивана Ивановича Куратева, доктора физико-математических наук, генерального директора Общества с ограниченной ответственностью «Лазер-экспорт». Без замечаний.
10. От Анатолия Абрамовича Либермана, доктора технических наук, начальника лаборатории Федерального государственного унитарного предприятия «Всесоюзный научно-исследовательский институт оптико-физических измерений». Без замечаний.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается большим опытом работы в области физики и технологии наногетероструктур, оптики, твердотельной оптоэлектроники и фотоники, а

также в тех областях медицины, в которых эффективно внедряются предложенные соискателем разработки.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны научные положения, обогащающие концепцию мощных полупроводниковых лазеров на основе квантоворазмерных гетероструктур, позволившие, в частности, реализовать варианты лазерных гетероструктур со сверхнизкими оптическими потерями на свободных носителях заряда, обеспечивающие высокую дифференциальную квантовую эффективность, низкий рабочий ток и малую расходимость излучения в вертикальной плоскости;

получена эмпирическая формула, с высокой точностью описывающая зависимость теплового сопротивления мощных непрерывных лазерных диодов от геометрических характеристик лазерного чипа и теплоотвода, а также физико-химических свойств материалов;

предложены оригинальные и эффективные технические решения для контроля температуры объекта, нагреваемого излучением диодных лазеров с оптоволоконным выходом излучения и для визуализации пространственного распределения флуоресценции злокачественных новообразований при фотодинамической терапии;

доказана перспективность использования лазерных гетероструктур, выполненных из твёрдых растворов AlGaAs, благодаря более высокой теплопроводности используемых материалов и, как следствие, меньшего вклада в тепловое сопротивление мощных лазерных диодов по сравнению с безалюминиевыми гетероструктурами на основе InGaAsP;

показано, что использование мощных лазерных диодов с длиной резонатора, на порядок и более превышающей ширину полоскового контакта, является предпочтительным с точки зрения эффективного отвода тепла вследствие

сильной зависимости теплового сопротивления лазерного диода от длины лазерного резонатора и, в меньшей степени, от его ширины.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

применительно к проблематике диссертации результативно, с получением обладающих новизной результатов, использован комплекс существующих численных методов расчета характеристик лазерных диодов и гетероструктур на основе программного пакета, анализирующего зонные диаграммы прибора, распределения в гетероструктуре концентраций неравновесных носителей заряда и электромагнитного поля волноводной моды, что впервые позволило предложить конструктивные способы уменьшения концентрации носителей заряда, инжектированных в волноводный слой мощных непрерывных лазерных диодов;

доказано, что уменьшение концентрации носителей заряда, инжектированных в волноводный слой мощных непрерывных лазерных диодов и, следовательно, снижение поглощения на свободных носителях заряда, можно получить как дополнительным легированием волновода, так и изготовлением волноводных слоев с градиентными составами, причем последний подход является более перспективным из-за наличия встроенного электрического поля, ускоряющего движение носителей заряда в гетероструктуре;

проведена модернизация физической и математической моделей гетероструктур, учитывающая дополнительное легирование волновода или изготовление волновода с переменным показателем преломления и встроенным полем, на основе которых рассчитаны основные эксплуатационные параметры мощных лазерных диодов, изготовленных на базе различных конструкций лазерных гетероструктур с симметричным и асимметричными волноводами;

разработаны и защищены патентами РФ варианты симметричной и асимметричной гетероструктур, обеспечивающие снижение оптических потерь, рабочего тока и фактора оптического ограничения, а также

повышение дифференциальной квантовой эффективности, КПД и срока службы мощных лазерных диодов;

изучен процесс теплопереноса в мощном непрерывном лазерном диоде, при этом показано, что теплоперенос в лазерном чипе носит преимущественно параллельный характер, а в теплоотводе, корпусе ЛД и основании, теплоперенос имеет трехмерный характер;

раскрыто, что использование алмазного термокомпенсатора (сабмаунта) для усиления латерального растекания тепла оказывается эффективным только в том случае, когда его ширина более чем на порядок превышает ширину полоскового контакта мощного ЛД.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

представлено детальное описание полученных в результате оптимизации лазерных гетероструктур с симметричным и асимметричным волноводами (толщины и состав эпитаксиальных слоев, уровни легирования), а также технологическая схема постростовой обработки лазерных гетероструктур и сборки лазерных чипов, пригодная для серийного производства мощных непрерывных лазерных диодов и линеек.

разработаны, защищены патентами РФ и внедрены в серийное производство мощные лазерные диоды, линейки и матрицы, работающие в различных диапазонах спектра (670 нм, 808 нм, 950 нм) с характеристиками, соответствующими лучшим из промышленно выпускаемых мировых аналогов (Coherent Inc., США; Jenoptik AG, Германия); медицинские лазерные аппараты для хирургии и фотодинамической терапии; опытные образцы твердотельных лазеров с диодной накачкой для технологических применений и дальнометрии;

реализована возможность с высокой точностью контролировать температуру выходного торца оптического волокна в диапазоне от +600 до +1000 °С при оснащении лазерных аппаратов с волоконным выводом излучения

пирометрическими сенсорами на основе иммерсионного фотодиода среднего ИК-диапазона, что увеличивает срок службы волоконно-оптического инструмента и обеспечивает равномерный и качественный разрез биоткани; создано устройство для визуализации пространственного распределения флуоресценции злокачественных новообразований при фотодинамической терапии, которое позволяет точно определять момент окончания процедуры и избегать избыточного воздействия оптического излучения;

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что все использованные средства испытаний и измерений имели свидетельства об аттестации и поверке (калибровке); технические характеристики средств испытаний и измерений были достаточными для подтверждения соответствия испытываемых изделий установленным требованиям; большинство разработанных приборов запущено в серийное производство, прошло независимое тестирование рядом российских и зарубежных компаний и поставляется целому ряду потребителей, что определяет высокую значимость и воспроизводимость полученных результатов.

Результаты теоретических расчетов характеристик лазерных диодов и гетероструктур, а также теплоотводов для мощных лазерных диодов основываются на признанных теоретических положениях и согласуются с экспериментально измеренными параметрами и экспериментальными данными мировых исследователей и производителей лазерной техники.

Личный вклад соискателя состоит в формулировке цели, задач и проведении научных исследований; выявлении на основе выполненного библиографического анализа наиболее эффективных путей дальнейшего повышения мощности излучения многомодовых полупроводниковых лазеров; анализе работы и оптимизации квантоворазмерных лазерных

гетероструктур и эффективных теплоотводов; разработке постростовой технологии серийного производства мощных непрерывных лазерных диодов и сверхмощных квазинепрерывных лазерных линеек и матриц; разработке новых методов флуоресцентной диагностики злокачественных новообразований и пирометрического определения температуры выходного торца оптоволоконных лазерных модулей.

Под руководством соискателя в качестве главного конструктора разработаны базовые конструкции твердотельных лазеров с диодной накачкой для технологических применений и дальнометрии; создан, внедрен в серийное производство и широкую медицинскую практику ряд медицинских лазерных аппаратов, с новыми методиками их использования.

На заседании 05.12.2014 г. Диссертационный совет принял решение присудить Тер-Мартirosяну А.Л. ученую степень доктора технических наук. При проведении тайного голосования Диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 15 докторов наук, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 15, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Заместитель председателя
Диссертационного совета,
д.ф.-м.н., проф.



А.О. Голубок

Ученый секретарь
Диссертационного совета,
д.ф.-м.н.

А.Л. Буляница

05.12.2014 г.