



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого»  
(ФГАОУ ВО «СПбПУ»)

ИНН 7804040077, ОГРН 1027802505279,  
ОКПО 02068574

Политехническая ул., 29, С.-Петербург, 195251  
Телефон (812) 297-20-95, факс 552-60-80  
E-mail: office@spbsta.ru

№ \_\_\_\_\_

на № \_\_\_\_\_

от \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе ФГАОУ  
ВО "Санкт-Петербургский  
политехнический университет Петра  
Великого", член-корреспондент РАН

В.В. Сергеев



23 2017 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**федерального государственного автономного образовательного  
учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский  
политехнический университет Петра Великого»**

Диссертация «Одночастотные лазерные диоды с длинами волн 630 – 660 нм для интерференционных измерений» выполнена на кафедре квантовой электроники федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

В период подготовки диссертации соискатель Дворцов Денис Валерьевич являлся аспирантом очной формы обучения кафедры квантовой электроники института физики, нанотехнологий и телекоммуникаций ФГАОУ ВО «СПбПУ». Срок окончания аспирантуры — октябрь 2016 г.

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано 11.10.2016 г. федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого».

В 2012 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет» и получил степень магистра техники и технологии по направлению «Телекоммуникации» (специализация «Лазерные и оптоволоконные системы»).

Научный руководитель — кандидат технических наук, Парфенов Владимир Александрович, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», доцент кафедры квантовой электроники.

По итогам обсуждения диссертации «Одночастотные лазерные диоды с длинами волн 630 – 660 нм для интерференционных измерений» принято следующее заключение:

СЛУШАЛИ:

Доклад Дворцова Д. В. по диссертационной работе на тему «Одночастотные лазерные диоды с длинами волн 630 – 660 нм для интерференционных измерений», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.01 — Приборы и методы экспериментальной физики.

Научный руководитель — к. т. н., Парфенов В. А.

При обсуждении диссертационной работы докладчику было задано 8 вопросов, на которые были даны исчерпывающие ответы.

В обсуждении диссертационной работы Дворцова Д. В. принимали участие заведующий кафедрой д.ф.-м.н., проф. Петров В.М., д.ф.-м.н., проф.

Аксенов Е.Т., д.ф.-м.н., проф. Рогов С.А., д.ф.-м.н., проф. Семенов В.В. доц., к.т.н. Кружалов С.В., доц. к.ф.-м.н. Ермак С.В., доц. к.т.н. Парфенов В.А., асс. Баранцев К.А., асс. Непомнящая Э.К. (всего 9 человек).

Выступающие отметили актуальность темы проведенного исследования, обоснованность и достоверность научных положений и выводов, теоретическую и практическую значимость полученных Дворцовым Д. В. результатов, установили соответствие диссертации специальности, по которой она представлена к защите. Критические замечания, в основном, касались структуры доклада, формулировки защищаемых положений и иллюстративных материалов. Выступлений с отрицательными оценками содержательной части не было.

Заслушав и обсудив научный доклад Дворцова Д. В., кафедра квантовой электроники ОТМЕЧАЕТ:

*1. Актуальность темы* диссертационной работы определяется необходимостью создания высокоточных промышленных интерферометров, в которых в качестве надежного, малогабаритного, эффективного и экономичного источника излучения используются лазерные диоды с резонатором Фабри-Перо (FP) и длинами волн 630 – 660 нм. Такое решение соответствует основным тенденциям развития современной техники, в том числе лазерной.

*2. Наиболее существенными научными результатами,* содержащимися в диссертационной работе и полученными лично Дворцовым Д. В., являются:

- Исследован одночастотный режим работы одномодовых FP лазерных диодов с длинами волн 630 – 660 нм, измерены спектральные характеристики и определен набор параметров такого режима и их допустимые значения.
- Показана возможность стабильной работы лазерных промышленно

выпускаемых лазерных диодов в режиме стабилизации частоты по доплеровски уширенным линиям поглощения  $^{127}\text{I}_2$ .

- Продемонстрирована возможность построения на основе FP лазерных диодов, работающих в одночастотном режиме, источника излучения повышенной когерентности, прежде всего, для интерференционных измерений.

**3. Обоснованность и достоверность** научных положений, выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертационной работе, обеспечивались применением целого ряда высокоточных спектроскопических методов с использованием интерферометров типа Фабри-Перо, Маха-Цендера, сканирующего интерферометра, и подтверждаются большим количеством проведенных независимых экспериментов, их многократным повторением в течение 3-х – 6-ти месяцев и тщательной обработкой результатов.

**4. Научная новизна** результатов, полученных автором.

- На основании результатов экспериментального исследования показано, что современные FP лазерные диоды с длинами волн 630 – 660 нм, мощностью 1 – 10 мВт, изготовленные с использованием технологий MQW, создающие одномодовое излучение (режим основной моды), могут работать в одночастотном режиме; получены представления об особенностях реализации такого режима и подтверждено, что причины его установления обусловлены оптической схемой и свойствами полупроводниковой структуры.
- Исследован переходный (многомодовый) режим работы лазерных диодов, возникающий между областями одночастотной генерации, и установлены формы его реализации.
- Показана возможность стабилизации частоты по доплеровски уширенным линиям поглощения иода  $^{127}\text{I}_2$  и устойчивой работы в этом режиме серийно выпускаемых лазерных диодов красного диапазона

спектра.

- Впервые показано, что излучение, обратно отраженное в лазер под малым углом к выходному пучку, способно обеспечить устойчивую одночастотную генерацию одной из ближайших к основной продольной моды путем уменьшения ее потерь.
- Впервые показано, что положение оси диаграммы направленности излучения FP лазерных диодов может меняться при изменении рабочего тока и температуры.

**5. Практическая ценность** полученных Дворцовым Д. В. результатов заключается в следующем:

- Показана возможность создания источника излучения с повышенной когерентностью излучения на основе FP лазерного диода с сохранением основных достоинств, присущих этому типу приборов, путем стабилизации частоты генерации по линиям поглощения  $^{127}\text{I}_2$  для интерференционных измерений.
- Предложен и реализован целый набор схем и методик измерений спектральных характеристик лазерных диодов с длинами волн 630 – 660 нм. Данные методики могут использоваться при исследовании лазерных диодов других диапазонов спектра.
- Предложена методика перестройки частоты одночастотных FP лазерных диодов, включающая непрерывное периодическое изменение частоты генерации путем модуляции рабочего тока и одновременно с этим выполняемую дискретную перестройку частоты излучения посредством изменения температуры лазера, которая позволяет получить непрерывную пропись спектров поглощения диода путем регистрации и совмещения отдельных фрагментов спектра.
- Показано наличие и проведена оценка сдвига нуля дискриминационной характеристики, возникающего в системе стабилизации частоты с

введением пробного сигнала при модуляции частоты током.

- Получены данные о стабильности углового положения диаграммы направленности излучения FP лазерных диодов и влиянии обратного отражения на работу таких лазеров в одночастотном режиме.
- Проведено макетирование интерференционных измерений с использованием FP лазерных диодов в качестве источников излучения.

**6. Апробация работы.** Материалы диссертационной работы доложены на следующих Международных конференциях: XLI, XLII и XLIII научно-практических конференциях с международным участием «Неделя науки СПбГПУ» (Санкт-Петербург, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 гг.), конференциях "ЛАЗЕРЫ, ИЗМЕРЕНИЕ, ИНФОРМАЦИЯ" (Санкт-Петербург, 2013, 2014, 2015 гг.), конференции Физика.СПб (Санкт-Петербург, 2014 гг.), конференциях "Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии, геологии и транспорте" (Новороссийск, 2015, 2016 гг.).

Основные результаты по теме диссертации изложены в 26 печатных работах, 10 из которых изданы в журналах, рекомендованных ВАК для публикации основных результатов диссертации, 2 — в изданиях, индексируемых в базе Scopus и 16 — в сборниках трудов конференций и тезисов докладов.

#### **7. Публикации по теме диссертации.**

**В рецензируемых научных журналах, включенных в перечень ВАК:**

1. **Дворцов Д.В., Парфенов В.А.** Одночастотный режим работы лазерных диодов // НТВ СПб. Физ.- мат. науки. – 2013. – Вып.2 (170). – С. 89 – 96.
2. **Дворцов Д.В., Парфенов В.А.** Спектральные характеристики одночастотного режима работы лазерных диодов // Научное приборостроение. 2014. Т. 24. № 3. С. 17 – 23.
3. **Дворцов Д.В., Парфенов В.А., Фомин А. С.** Стабилизация частоты излучения лазерных диодов по частоте поглощения изотопа иода  $^{127}\text{I}_2$  // Оптический журнал. 2015. Т. 82. № 3. С.9 – 12.
4. **Dvortsov D.V., Parfenov V. A., Fomin A. S.** Stabilizing the radiation frequency of laser diodes, using the absorption lines of iodine isotope  $^{127}\text{I}_2$  //

- Journal of Optical Technologies, 2015, 82(3), p.136 – 138.
5. *Дворцов Д.В., Парфенов В.А* Особенности формирования сигнала ошибки при стабилизации частоты лазерного диода // Научное приборостроение, 2015. Т.25, №2, С.108 – 112.
  6. *Дворцов Д.В., Парфенов В.А* Особенности использования лазерных диодов для регистрации линий поглощения иода // Научное приборостроение, 2016, том 26, № 1, С. 62 – 67.
  7. *Дворцов Д.В., Парфенов В.А* Измерение нестабильности оси диаграммы направленности излучения лазерных диодов // Оптический журнал, 2016, Т.83, №5, С.1 – 5.
  8. *Dvortsov D.V., Parfenov V. A.* Measuring the instability of the directional-pattern axis of laser-diode radiation // Journal of Optical Technologies, 2016, 83(5), p.279 – 282.
  9. *Дворцов Д.В., Парфенов В.А* Переходный режим работы лазерных диодов красного диапазона спектра // Научное приборостроение, 2017, том 27, № 1.
  10. *Дворцов Д.В., Парфенов В.А* Влияние обратно отраженного излучения на режим работы лазерного диода красного диапазона спектра // Оптический журнал, 2017, Т.834, №4, С. 73 – 76.

**8. Личный вклад соискателя** в теоретические и практические результаты диссертационной работы.

Все научные и практические результаты, включенные в диссертационную работу, получены лично Дворцовым Д.В.. На использованные в работе заимствованные теоретические и экспериментальные результаты имеются необходимые ссылки на их публикацию.

Настоящее Заключение является отзывом организации, где выполнена работа.

Заслушав доклад Дворцова Д. В. об основных положениях выполненной диссертации, рассмотрев и обсудив диссертацию, представляемую автором на защиту, кафедра квантовой электроники постановила:

Признать, что диссертационная работа Дворцова Д. В. «Одночастотные лазерные диоды с длинами волн 630 – 660 нм для интерференционных измерений» является завершенной научно-исследовательской работой, имеющей научную и практическую ценность.

Рекомендовать диссертацию Дворцова Д. В. к защите в Институте аналитического приборостроения РАН по специальности 01.04.01 — Приборы и методы экспериментальной физики.

Заключение принято на заседании кафедры квантовой электроники 02 февраля 2017 года.

Присутствовали на заседании – 10 чел. Результаты голосования: «за» - 10 чел., «против» - 0, «воздержалось» - 0. Протокол № 3 от 02.03.2017 г.

Зав. кафедрой квантовой электроники  
д.ф.-м.н., проф.

  
Петров В.М.

Ученый секретарь кафедры  
к.т.н., доцент

  
Величко Е.Н.