

УТВЕРЖДАЮ:



Заместитель декана физического факультета  
МГУ имени М.В.Ломоносова

Профессор *А.А. Федянин* А.А.Федянин

« *сентября* 20 *14* г.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», физический факультет

Диссертация «Динамика генерации твердотельного кольцевого чип-лазера с оптической невязанностью, созданной магнитным полем» выполнена на кафедре оптики и спектроскопии физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. В период подготовки диссертации соискатель Аулова Татьяна Викторовна являлась аспирантом Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», физический факультет. В 2013 году закончила аспирантуру физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова по специальности «оптика». Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2013 г. Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», физический факультет. Научный руководитель Ларионцев Евгений Григорьевич, д.ф.-м.н., профессор, ведущий научный сотрудник, основное место работы: Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобелцына Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, Отдел физических проблем квантовой электроники.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

В диссертационной работе Ауловой Т.В. экспериментально и на основе численного моделирования исследована динамика генерации монолитного твердотельного кольцевого чип-лазера с оптической невязанностью, созданной магнитным полем: изучено влияние температуры моноблока на лазерные параметры, проанализировано явление неизохронности автомодуляционных колебаний, разработан новый способ управления динамикой генерации кольцевого чип-лазера, и исследованы параметрические процессы при воздействии на кольцевой чип-лазер внешнего периодического сигнала с частотой, близкой к удвоенной частоте релаксационных колебаний.

**Актуальность и новизна** проведенных исследований обусловлена, в первую очередь, широкими возможностями применения твердотельных кольцевых лазеров (ТКЛ) в качестве источников высокостабильного излучения в практических и научных приложениях: в метрологии, навигации, квантовой и нелинейной оптике и т.д. Помимо того, изучение сложной динамики двунаправленной генерации, характерной для ТКЛ, играет важную роль в изучении нелинейной динамики систем различной природы. Для успешной реализации применений

лазера в вышеупомянутых целях, задача управления динамикой излучения и режимами генерации твердотельного чип-лазера приобретает важное значение. Для неавтономных чип-лазеров (при периодической модуляции параметров лазера) этот вопрос достаточно много и разносторонне исследовался, однако для автономных чип-лазеров он был мало изучен. Возможности управления динамикой генерации автономного чип-лазера до последнего времени оставались весьма ограниченными, поэтому поиск новых возможностей управления динамикой генерации автономных кольцевых чип-лазеров является актуальной задачей.

В диссертации разработан новый эффективный способ управления динамикой кольцевого чип-лазера с помощью неоднородного магнитного поля. Этот способ основан на изменении положения области с неоднородным магнитным полем внутри моноблока ТКЛ, что позволяет изменять оптическую невзаимность чип-лазера в широких пределах и реализовать как многие ранее изученные режимы генерации ТКЛ, так и некоторые новые, впервые исследованные в диссертации. В диссертации проанализировано влияние температуры моноблока кристалла на взаимодействие встречных волн, в частности, на соотношение модулей коэффициентов их обратной связи. На основании измеренной экспериментально неизохронности частоты автомодуляционных колебаний в диссертации сделана теоретическая оценка величины фактора амплитудно-фазовой связи в исследуемом лазере. В диссертации изучена динамика излучения при параметрическом возбуждении релаксационных колебаний на субгармонике модулирующего сигнала как в однонаправленных, так и в двунаправленных режимах генерации кольцевого чип-лазера.

#### **Основные новые результаты диссертационной работы:**

1. Установлено, что в кольцевом чип-лазере при изменении температуры моноблока лазера можно создавать несимметричную связь встречных волн через обратное рассеяние и изменять степень несимметрии (отношение модулей коэффициентов связи). Дано качественное объяснение возникающей несимметрии на основе модели с двумя типами центров обратного рассеяния встречных волн: на неоднородностях показателя преломления и на неоднородностях коэффициента поглощения излучения во внутрирезонаторной среде. Несимметрия связи возникает благодаря интерференции полей, рассеянных на этих центрах.

2. Произведена оценка величины фактора амплитудно-фазовой связи  $\alpha$ , используемого в векторной модели ТКЛ, путём сравнения экспериментально полученных и теоретически рассчитанных зависимостей частоты автомодуляционных колебаний от превышения накачки над порогом генерации. Величина фактора  $\alpha$  оказалась равной 0.2.

3. Продемонстрирована возможность эффективного управления режимами генерации автономного кольцевого чип-лазера при воздействии на него внешним постоянным неоднородным магнитным полем. Амплитудная и частотная невзаимности кольцевого резонатора, наведенные неоднородным магнитным полем внутри кристалла, оказываются гораздо большими, нежели в случае однородного внешнего магнитного поля. При перемещении области с неоднородным магнитным полем внутри моноблока чип-лазера амплитудная и частотная невзаимности резонатора могут изменяться в широких пределах.

4. Обнаружен ряд новых, не наблюдавшихся ранее в автономном кольцевом чип-лазере, режимов генерации: режим биений с большой частотной подставкой; режим с периодической низкочастотной огибающей автомодуляционных колебаний; автомодуляционные режимы однонаправленной генерации.

5. Продемонстрирована возможность возбуждения динамического хаоса в автономном кольцевом чип-лазере с помощью постоянного магнитного поля, наложенного на активный элемент лазера.

6. При параметрическом возбуждении релаксационных колебаний на субгармонике внешнего модулирующего сигнала, в кольцевом чип-лазере обнаружена бистабильность генерации. Исследована динамика излучения как в условиях однонаправленной генерации,

так и при двунаправленной генерации. Найдены границы областей бистабильности, исследованы области существования квазипериодического режима и режима динамического хаоса в зависимости от параметров модуляции накачки (глубины и частоты модуляции).

Содержание диссертации полностью отражено в 7 публикациях, в том числе, в 4 статьях в реферируемом российском журнале и в 3 тезисах докладов на международных конференциях.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

**Статьи в рецензируемых журналах:**

1. Аулова Т.В., Золотоверх И.И., Кравцов Н.В., Ларионцев Е.Г., Чекина С.Н. Невысохронность частоты автомодуляционных колебаний в твердотельном кольцевом лазере // *Квантовая электроника*. – 2010. – Т.40. – С.199-202.
2. Аулова Т.В., Кравцов Н.В., Ларионцев Е.Г., Чекина С.Н. Квазипериодический режим автомодуляционных колебаний с низкочастотной импульсной огибающей в кольцевом чип-лазере // *Квантовая электроника*. – 2011. – Т.41. – С.13-16.
3. Аулова Т.В., Кравцов Н.В., Ларионцев Е.Г., Чекина С.Н. Параметрическое возбуждение релаксационных колебаний на субгармонике внешнего модулирующего сигнала в кольцевом YAG:Nd-лазере // *Квантовая электроника*. – 2012. – Т.42. – С.659-662.
4. Аулова Т.В., Кравцов Н.В., Ларионцев Е.Г., Чекина С.Н., Фирсов В.В. Управление режимами генерации кольцевого чип-лазера при воздействии постоянным магнитным полем // *Квантовая электроника*. – 2013. – Т.43. – С.477-480.

Все вышеперечисленные опубликованные работы соответствуют теме диссертации и полностью отражают её содержание, а сама диссертация соответствует специальности 01.04.05 – оптика.

**Личный вклад автора.** Все результаты экспериментальных исследований, выполненных в диссертационной работе, получены лично автором, результаты численного моделирования и теоретического анализа, а также подготовка полученных результатов к публикации проводились при его непосредственном участии.

**Достоверность** полученных результатов определяется хорошим согласием экспериментально полученных результатов с численно рассчитанными на основе апробированных теоретических моделей; использованием в проведенных экспериментах надежных систем регистрации временных и спектральных характеристик излучения; хорошей воспроизводимостью полученных результатов благодаря высокой стабильности лазерных параметров и стабильности режимов генерации чип-лазера. Это позволяет считать все полученные результаты полностью обоснованными и достоверными.

Основные результаты диссертационной работы Ауловой Т.В. докладывались и обсуждались на научном семинаре кафедры оптики и спектроскопии физического факультета МГУ. Основные положения и результаты диссертации были представлены на 3 международных конференциях, а именно:

1. Aulova T.V., Checkina S.N. "New kinds of oscillations in solid-state ring Nd:YAG lasers", 19<sup>th</sup> International Conference on Advanced Laser Technologies (AL'T), Golden Sands resort, Bulgaria, Book of Abstract, p.90 (2011)
2. Аулова Т.В., Чекина С.Н. «Новые режимы генерации в твердотельных кольцевых лазерах на Nd:YAG в присутствии внешнего магнитного поля», VII Международная конференция молодых ученых и специалистов «Оптика - 2011», Санкт-Петербург, Россия, Сборник трудов, с.154 (2011)

3. Аулова Т.В., Чекина С.Н. «Параметрическое возбуждение релаксационных колебаний на субгармонике внешнего модулирующего сигнала в кольцевом Nd:YAG лазере», VII Международная конференция молодых ученых и специалистов «Оптика - 2011», Санкт-Петербург, Россия, Сборник трудов, с.152 (2011)


**Практическая значимость.** Полученные в работе результаты расширяют функциональные возможности кольцевых чип-лазеров и могут быть использованы как в научных исследованиях, так и в технических приложениях. Впервые продемонстрирована возможность изменения коэффициентов обратной связи встречных волн при изменении температуры моноблока. Изучен и предложен новый способ эффективного управления динамикой генерации автономного чип-лазера с помощью неоднородного магнитного поля. В чип-лазере реализован режим биений с равными средними значениями интенсивностей встречных волн и постоянной частотной подставкой, что открывает возможности для более точных измерений оптической невзаимности.

Диссертация «Динамика генерации твердотельного кольцевого чип-лазера с оптической невзаимностью, созданной магнитным полем» Ауловой Татьяны Викторовны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.

Заключение принято на заседании кафедры оптики и спектроскопии физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова.

Присутствовало на заседании 19 чел. Результаты голосования: «за» - 19 чел., «против» - нет, «воздержалось» - нет, протокол № 9 от «28» мая 2014 г.

Заместитель заведующего  
кафедрой оптики и спектроскопии,  
профессор

  
П. В. Короленко


Ученый секретарь кафедры оптики и спектроскопии,  
доцент

  
О. М. Вохник

Заключение рассмотрено и утверждено на заседании Ученого совета Отделения экспериментальной и теоретической физики физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова,

Протокол № 5 от « 19 » июня 2014 г.

Заведующий  
Отделением экспериментальной и теоретической физики  
профессор

  
Б.И.Садовников.

Ученый секретарь  
Отделения экспериментальной и теоретической физики  
доцент

  
Б.И.Волков