

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Головина Николая Николаевича «Управление сдвигом гребенки частот и фазой между огибающей и несущей излучения фемтосекундного лазера», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.6 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы

Актуальность темы

Диссертационная работа Головина Николая Николаевича посвящена разработке новых способов управления лазерным частотным спектром, представляющем собой набор дискретных, равноотстоящих друг от друга пиков, а также фазой между несущей и огибающей излучения фемтосекундного лазера.

В настоящее время для метрологических применений часто используется фемтосекундный лазер, спектр излучения которого представляет собой оптическую гребенку эквидистантных мод. Это означает, что по существу, имеется оптическая линейка для абсолютного измерения частот в указанном спектральном диапазоне. Одна из главных проблем для точного задания сетки оптических частот – стабилизация или устранение общего для всех частот сдвига гребенки.

Для ряда нелинейных оптических процессов помимо сдвига частотной гребенки и частоты повторения важно контролировать и фазу между огибающей и несущей, поскольку при сверхкоротких импульсах, когда длительность импульса одного порядка с длиной волны, сдвиг фазы между огибающей и несущей существенно влияет на эффективность преобразования частоты. Это важно, например, для получения аттосекундных импульсов.

Исходя из этого, считаю, что выполненные Н.Н. Головиным исследования являются актуальными.

Общая характеристика работы

Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений, списка литературы и трех приложений. Объем диссертационной работы – 121 страница, в том числе рисунков – 68, таблиц – 1.

Автореферат диссертации написан и оформлен в соответствии с требованиями ВАК РФ и отражает основное содержание диссертационной работы.

Во введении содержатся сведения об актуальности и степени разработанности темы, целях, задачах и научной новизне диссертационной работы, обоснована практическая значимость работы, представлены положения,

выносимые на защиту, методология и методы исследования, показана актуальность работы и личный вклад автора.

Первая глава посвящена описанию физических основ генерации фемтосекундного излучения, а также теоретическое описание основных временных и спектральных характеристик излучения лазера с самосинхронизацией мод.

Во второй главе приводится обзор современного состояния вопросов стабилизации частоты повторения и сдвига частотной гребенки фемтосекундного лазера. Также приводится описание разработанного соискателем метода стабилизации частоты повторения и сдвига гребенки на основе комбинированного рубидиевого стандарта частоты. Подробно описывается схема работы метода и основные преимущества её применения.

Основное преимущество данной схемы заключается в объединении быстродействующего электрооптического модулятора для быстрого управления частотой повторения в ограниченном диапазоне изменения с медленным приводом пьезокерамического преобразователя, который обеспечивает гораздо больший диапазон фазовой привязки частоты повторения.

В третьей главе описываются способы устранения частотного сдвига гребенки фемтосекундного лазера с помощью внешних интерферометров Фабри-Перо и Майкельсона. Здесь приводится подробное описание двухконтурной схемы устранения сдвига гребенки частот фемтосекундного лазера с помощью интерферометра Майкельсона. Данная схема обеспечивает контроль сдвиг частотной гребенки лазеров с самосинхронизацией мод с шириной спектральной линии менее октавы, что позволяет распространить ее применение для лазеров нано- и пикосекундного диапазонов.

В четвертой главе описываются принципы и методы селекции периодических последовательностей идентичных фемтосекундных импульсов. Приводится описание предложенных соискателем схем получения последовательностей идентичных фемтосекундных импульсов на основе электрооптического модулятора и интерферометра Фабри-Перо или $f-2f$ интерферометра. Здесь же приведены экспериментальные результаты генерации последовательностей идентичных импульсов с дискретностью перестройки фазы между несущей и огибающей, равной $2\pi/5$.

Пятая глава посвящена методам снижения дискретности установки фазы несущей относительно огибающей при генерации последовательностей идентичных фемтосекундных импульсов. Приводятся результаты генерации последовательностей с дискретностью перестройки фазы между несущей и огибающей, равной $2\pi/125$ и $2\pi/250$.

В главе также описываются принципы создания последовательностей ультракоротких импульсов с заданным скольжением фазы между соседними импульсами и приводятся экспериментальные результаты по получению знакопеременных по напряженности электрического поля последовательностей ультракоротких импульсов.

В заключении сформулированы основные результаты исследований.

Научная новизна

1. Предложены метод и схема контроля сдвига частотной гребенки с произвольной шириной спектра с применением интерферометра Майкельсона.

2. Предложен и экспериментально реализован метод получения последовательности идентичных фемтосекундных импульсов без сдвига частотной гребенки с управляемой разностью фаз между огибающей и несущей с использованием селектора импульсов на основе электрооптического модулятора.

3. Предложен и продемонстрирован метод получения знакопеременных по напряженности электрического поля последовательностей ультракоротких импульсов.

Достоверность результатов

Предложенные соискателем методы генерации последовательности идентичных фемтосекундных импульсов в достаточной мере обоснованы теоретическими расчетами и подтверждены экспериментально.

Достоверность полученных результатов подтверждается рядом публикаций в ведущих рецензируемых изданиях, в том числе индексируемых в реферативных базах Scopus и Web of Science Core Collection, а также их апробацией на международных конференциях.

Результаты диссертационного исследования использованы на практике при выполнении четырех НИР, что подтверждено соответствующим актом.

Полнота опубликования результатов работы

В печатных работах, опубликованных соискателем, в полной мере отражены основные положения и результаты диссертационного исследования.

Автором опубликовано 43 печатных работы, в их числе 16 по результатам диссертационного исследования. Из них работ, опубликованных согласно перечню российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (перечень ВАК РФ) – 6, из них работ в

научных журналах, индексируемых базами Scopus и Web of Science – 4, а также в материалах конференции, индексируемой базами Scopus и Web of Science – 3. Автором получены 2 патента Российской Федерации на изобретение и 2 патента на полезную модель.

Практическая значимость работы

Предложенная схема управления сдвигом частотной гребенки с помощью интерферометра Майкельсона пригодна для различных ширин спектра излучения лазера (в том числе, меньше октавы), что позволяет распространить данный метод управления сдвигом частотной гребенки на лазеры с самосинхронизацией мод nano- и пикосекундного диапазонов.

Кроме того, предложенный в работе метод получения последовательностей идентичных фемтосекундных импульсов с возможностью управления разностью фаз между огибающей и несущей имеет практическую значимость для ряда приложений нелинейной оптики, таких, как генерация аттосекундных импульсов и когерентное сложение импульсов. Описанные результаты исследований генерации последовательности фемтосекундных импульсов без сдвига частотной гребенки позволяют снизить погрешность при измерении длин интерферометрическими методами с помощью установок на основе фемтосекундных лазеров за счет совпадения максимумов огибающей и полосы интерференционной картины.

Создание знакопеременных по напряженности электрического поля последовательностей импульсов может представлять интерес, для изучения быстропротекающих процессов при взаимодействии излучения с веществом.

Замечания по диссертационной работе

1. Следовало бы подробно вывести приведенное выражение для измерения скольжения фазы с помощью интерферометра Фабри-Перо тем более, что расчет интерференционной картины для периодической последовательности импульсов имеет свои особенности по сравнению с монохроматическим излучением.
2. В тексте диссертации указано, что дискретность перестройки фазы была 2.88° . Каким образом удалось достигнуть такой величины, если дискретность перестройки фазовращателя в экспериментах составляла 0.1° ?
3. При уменьшении дискретности перестройки фазы между несущей и огибающей селективируемых последовательностей идентичных фемтосекундных импульсов предложенным соискателем методом будет пропорционально уменьшаться средняя мощность излучения. Так, у описываемых в пятой главе полученных последовательностей с

дискретностью перестройки фазы $2\pi/125$ и $2\pi/250$ мощность уменьшится, соответственно, в 125 и 250 раз по сравнению со средней мощностью лазера. В связи с вышеуказанным возникает вопрос: до какой степени можно уменьшать дискретность перестройки фазы? В диссертации этого не указано.

Заключение

Диссертационная работа представляет собой законченную научно-квалификационную работу. Результаты диссертации достоверны, в полной мере обоснованы и опубликованы в печатных работах. Автореферат диссертации соответствует ее содержанию.

Диссертация соответствует требованиям, установленным в пп. 9 – 14 Положения «О присуждении учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор Головин Николай Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.6 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы.

Официальный оппонент

заведующий Отделом лазерной физики
и инновационных технологий
ФГАОУ ВО «Новосибирский
национальный
исследовательский государственный университет»,
старший научный сотрудник,
доктор физико-математических наук
по специальности 01.04.05 – Оптика.
630090, Россия, Новосибирская область,
г. Новосибирск, ул. Пирогова, д. 2.
т. 214-00-09
e-mail: sergey.kobtsev@gmail.com

Кобцев Сергей Михайлович

05.12.2022 г.

Подпись Кобцева Сергея Михайловича удостоверяю:

Членский секретарь ИГУ, к.х.н.

Отзыв получен 11.12.2022 *Александр М. А.*
С отзывом ознакомлен 11.12.2022 *Татьяна Ронд*