

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
национального исследовательского
Томского государственного университета,
доктор физико-математических наук, профессор
Ивонин Иван Варфоломеевич
_____» июля 2017 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертационную работу Грибанова Алексея Валерьевича
«Новый метод модуляции добротности резонатора с одновременной синхронизацией мод в диодно-накачиваемом Nd:YAG лазере», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.

Актуальность темы диссертационной работы

Использование диодно-лазерной накачки вместо дуговых ламп обеспечило реализацию высоких КПД (более 10%) и срока службы (более 10000 часов) твердотельных лазеров. В тоже время, генерация лазерного излучения в виде импульсов предельно малой длительности была, и остается одной из важнейших задач лазерной физики. Получение высокой пиковой мощности видимого излучения с экстремально короткой длительностью импульса генерации от твердотельного лазера с непрерывной диодной накачкой является актуальной задачей для точной абляционной обработки материалов, нелинейной оптики, спектроскопии комбинационного рассеяния, медицины и т.д.

Диссертационная работа Грибанова Алексея Валерьевича посвящена экспериментальной проверке (предложенного в соавторстве) нового метода СЗАОМ – комбинации акустооптического модулятора (АОМ) бегущей ультразвуковой волны и сферического зеркала (СЗ) резонатора. Данный метод обеспечивает модуляцию добротности резонатора с одновременной синхро-

низацией мод в твердотельных лазерах и позволяет получать высокие пиковые мощности выходного излучения лазера с экстремально короткой длительностью импульса генерации.

Основное содержание диссертации изложено в пяти главах.

Первая глава носит обзорный характер. В ней рассмотрены методы получения высоких пиковых мощностей излучения – модуляция добротности резонатора и синхронизация мод лазера. Проводится краткое сравнение активной и пассивной синхронизации мод. Рассмотрена активная и различные виды пассивной синхронизации мод, такие как colliding pulse mode locking, синхронизация мод при помощи нелинейного зеркала, при помощи каскадной нелинейности второго порядка, при помощи насыщающихся поглотителей, синхронизация мод керровской линзой, интерференционная синхронизация мод и др. Также рассмотрен режим QML, приведены примеры реализации данного режима активными и пассивными методами. Здесь же приводится краткое описание результатов экспериментов по изучению структуры импульсов в различных типах лазеров с синхронизацией мод.

Вторая глава посвящена подробному описанию принципа работы метода СЗАОМ. Описана схема Nd:YAG-лазера с Z-образным четырехзеркальным резонатором, поперечной накачкой и эффективным удвоением частоты на базе которой производились эксперименты. Здесь также приводятся характеристики выходного излучения Nd:YAG-лазера с методом СЗАОМ, исходя из которых выбирается оптимальная частота Q-switch импульсов для получения максимальной выходной пиковой мощности лазера. Приводятся результаты измерения длительности импульсов выходного излучения лазера и схема их измерения. Кроме того, проводится сравнение полученной в эксперименте длительности импульсов с рассчитанной.

Третья глава посвящена использованию керровской линзы, формируемой в резонаторе, для сокращения длительности импульсов выходного излучения. Даются результаты матричного расчета резонатора. Описываются

эксперименты, в которых для формирования линзы применялись нелинейный кристалл для генерации второй гармоники и пластинка из плавленого кварца. Приводятся результаты по измерению длительности импульсов выходного излучения лазера.

В *четвертой главе* даны результаты прямых измерений стрик-камерой длительности импульса диодно-накачиваемого Nd:YAG-лазера с СЗАОМ. Приводится схема измерений с описанием того, как производилась калибровка стрик-камеры и обрабатывались экспериментальные данные. Здесь же исследуется новый режим генерации твердотельного лазера с Q-switch и синхронизацией мод, в котором Q-switch формируется на частоте релаксационных колебаний.

В *пятой главе* производится расчет и подбор параметров резонатора титан-сапфирового лазера с керровской линзой формируемой в активном кристалле и применением метода СЗАОМ. Полученные результаты расчетов автор в дальнейшем планирует использовать при создании мощного криогенно-охлаждаемого титан-сапфирового фемтосекундного лазера.

К наиболее значимым результатам диссертации можно отнести следующее:

1. Рассмотренный в диссертации метод СЗАОМ позволяет одновременно осуществлять модуляцию добротности резонатора и синхронизацию мод при помощи одного АОМа бегущей звуковой волны в сочетании со сферическим зеркалом резонатора.
2. Измерения длительности импульса Nd:YAG-лазера с методом СЗАОМ с помощью стрик-камеры Агат-СФЗМ показали немоноимпульсность пикосекундных импульсов – на аксиальном периоде появлялись дополнительные импульсы. Число таких импульсов увеличивается с отстройкой межмодового интервала от удвоенной частоты бегущей звуковой волны модулятора, при этом длительность отдельных импульсов остается постоянной (~ 45 пс). При

точной настройке длины резонатора наблюдается практически моноимпульсный режим.

3. Экспериментально показано, что в диодно-накачиваемом Nd: YAG лазере с синхронизацией мод методом СЗАОМ в случае непрерывной синхронизации мод и точном соответствии межмодового интервала и удвоенной частоты бегущей звуковой волны модулятора "самопроизвольно" возникает режим QML. В этом случае, частота следования цуга импульсов задается частотой релаксационных колебаний лазерного поля. Внутри цуга содержатся одиночные пикосекундные импульсы.

Научная ценность: обнаружена немоноимпульсная структура пикосекундных импульсов выходного излучения в диодно-накачиваемом Nd: YAG лазере с синхронизацией мод методом СЗАОМ. Дано объяснение сложной структуры импульсов.

Практическая значимость выполненной работы заключается в том, что создана оригинальная конструкция Nd:YAG лазера, который позволяет, при средних выходных мощностях около $1 \div 2$ Вт и частотах повторения Q-switch импульсов $1 \div 2$ кГц, получать пиковые мощности ~ 50 МВт и обладает высокой кратковременной и долговременной стабильностью выходных характеристик без использования каких-либо схем автоподстройки.

Обоснованность и достоверность результатов, выводов и защищаемых положений подтверждается публикациями в рецензируемых отечественных и зарубежных изданиях, а также публикациями в трудах отечественных и международных конференций.

Общие замечания

В работе представлены результаты исследования, предложенного в соавторстве [Донин В.И., Яковин Д. В., Грибанов А.В. Лазер с модуляцией добротности резонатора и синхронизацией мод // Патент № 2478242 от 27.03.2013.], нового метода модуляции добротности резонатора с одновременной синхронизацией мод в диодно-накачиваемом Nd:YAG лазере. Однако

в диссертации не приведены преимущества и недостатки нового метода в сравнении с аналогами и прототипом.

Заключение

Сделанное замечание не снижает общей высокой оценки работы.

Диссертационная работа Грибанова Алексея Валерьевича выполнена на высоком научном уровне и представляет собой цельное научное исследование, содержащее решение актуальных научных задач. Текст диссертации оформлен в соответствии с требованиями ВАК. Автореферат правильно отражает основные результаты диссертации. Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений. Результаты диссертационной работы Грибанова А. В. опубликованы в 12 работах: 5 статей в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (из них 1 статья в зарубежных научных журналах, индексируемых Web of Science, 4 статьи в российских научных журналах, переводные версии которых индексируются Web of Science и Scopus); 1 монография (соавтор главы); 4 публикации в сборниках докладов материалов международной и всероссийской конференций; 1 патент РФ и 1 заявка на патент РФ.

Диссертация Грибанова Алексея Валерьевича является законченной научно-квалификационной работой на актуальную тему, соответствует специальности 01.04.05 – «Оптика» и отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ № 842 от 24.09.2013, для кандидатских диссертаций. Грибанов Алексей Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 - «Оптика».

Отзыв на диссертацию и автореферат заслушан и одобрен на совместном заседании кафедры оптики и спектроскопии, кафедры управления инновациями, лаборатории радиационных и лазерно-оптических систем и технологий Томского государственного университета и отделения фотоники Сибирского физико-технического института 29 июня 2017 г., протокол № 6.

Профессор кафедры управления инновациями,
ведущий научный сотрудник лаборатории
радиационных и лазерно-оптических систем
и технологий НИ ТГУ,
доктор технических наук
(01.04.21 – лазерная физика)

 Юдин Николай Александрович

Дата оформления отзыва « 3 » июля 2017 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»

Адрес: Российская Федерация, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36.

Тел.: +7(3822)529823. E-mail: rector@tsu.ru, сайт: <http://www.tsu.ru>

ПОДПИСЬ УДОСТОВЕРЯЮ
Ведущий документовед,
управления делами
Н.Г. Михеева

