

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата физико-математических наук Морозова Вячеслава Борисовича на диссертационную работу Понариной Марии Владимировны «Пассивная синхронизация мод со сверхвысокой частотой повторения импульсов в твердотельных волноводных лазерах с использованием графена», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика

Диссертация Понариной Марии Владимировны посвящена исследованию режимов генерации компактных волноводных лазеров на основе твердотельных активных сред, работающих в области длин волн 1-2 мкм, и получению режима пассивной синхронизации мод со сверхвысокой частотой повторения импульсов. Для достижения данных целей были экспериментально реализованы схемы лазеров на активных средах Nd:YAG и Tm:YAP, работающих в режиме пассивной синхронизации мод, с частотами повторения импульсов в диапазоне 8-10 ГГц. Для разработки данных лазеров использовались лазерные кристаллы с записанными внутри активной среды волноводными структурами, и выходные зеркала резонатора с нанесенным на отражающую поверхность графеном в качестве насыщающегося поглотителя. В ходе экспериментов определялись основные характеристики выходного излучения лазеров, такие как частота повторения импульсов, спектральный состав, выходная мощность ее зависимость от мощности накачки, временная структура. Также автором были рассчитаны спектрально-временные характеристики излучения лазера в зависимости от ширины воздушного зазора, образующегося между торцом активного кристалла и выходным зеркалом резонатора. С помощью контроля внутрирезонаторных потерь, осуществляемого прецизионной подстройкой ширины воздушного зазора, был экспериментально получен режим пассивной синхронизации мод в волноводном Nd:YAG лазере с насыщающимся поглотителем на основе однослойного графена при одновременной генерации на длинах волн 1061 и

1064 нм. Двухволновой режим работы лазера может быть интересен для генерации терагерцового излучения на разностной частоте между длинами волн 1061 и 1064 нм. При реализации режима двухволновой генерации с частотой повторения импульсов 9.8 ГГц в волноводном Nd:YAG лазере с пассивной синхронизацией мод посредством насыщающегося поглотителя с однослойным графеном осуществлялась селекция излучения с длиной волны 1061 нм перестраиваемым узкополосым спектральным фильтром, поглощающим излучение 1064 нм. С помощью контроля параметров излучения накачки и прецизионной настройки внутрирезонаторных потерь была продемонстрирована возможность переключения между одно- (1064 нм) и двухволновым (1061 нм + 1064 нм) режимом работы волноводного Nd:YAG лазера. Таким образом, актуальность данной работы заключается в реализации и совершенствовании схем источников лазерного излучения с гигагерцовой частотой повторения импульсов. Подобные источники могут находить применение в задачах телекоммуникаций, радиофотоники.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка цитируемой литературы. Общий объем составляет 102 страницы, включая 41 рисунок, 2 таблицы и список литературы из 206 наименований.

Во введении сформулированы цели и задачи исследований, отмечена актуальность работы, научная новизна и практическая значимость, приведены положения, выносимые на защиту, изложена апробация результатов работы и указан личный вклад автора.

Первая глава представляет собой обзор научной литературы по тематике диссертации. В ней представлены результаты анализа публикаций, касающихся генерации ультракоротких импульсов с гигагерцовой частотой повторения, а также описано влияние дисперсии групповых скоростей на режим синхронизации мод. Также обоснована актуальность использования волноводных лазеров для осуществления лазерной генерации в режиме синхронизации мод с гигагерцовой частотой повторения импульсов.

Во второй главе приведены результаты исследования режимов генерации Nd:YAG лазеров с волноводными структурами 20 и 30 мкм, работающих в режиме пассивной синхронизации мод, с частотой повторения импульсов 9.5 и 9.8 ГГц. Режим пассивной синхронизации мод осуществляется за счет использования однослойного графена в качестве насыщающегося поглотителя. Продемонстрирована возможность одно- и двухволновой генерации на длинах волн 1061 и 1064 нм в волноводных Nd:YAG лазерах. Экспериментально и численно показано, что управление потерями и дисперсией при настройке внутррезонаторного интерферометра, образованного торцом непросветленного активного кристалла и выходным зеркалом резонатора, позволяет менять длину волны и частоту повторения импульсов. Продемонстрировано использование волноводного Nd:YAG лазера с частотой повторения импульсов 9.8 ГГц в качестве задающего генератора для волоконного иттербиевого усилителя. Продемонстрирована возможность переключения между одно- и двухволновой генерацией в режиме пассивной синхронизации мод с частотой повторения импульсов 9.5 ГГц за счет изменения параметров излучения накачки.

Третья глава посвящена применению подхода, основанного на использовании записанных в объеме активного кристалла волноводных структур и насыщающегося поглотителя на основе графена, при работе с твердотельной активной средой Tm:YAP. В результате была экспериментально реализована схема Tm:YAP лазера с волноводными структурами диаметром 30 мкм, работающего с частотой повторения импульсов 8 ГГц в диапазоне длин волн 1925-1950 нм в совмещенном режиме синхронизации мод и модуляции добротности. Приведены результаты измерений выходных характеристик излучения.

В заключении приведены основные результаты работы.

Представленная работа оформлена в соответствии с требованиями ВАК и является законченным научным исследованием.

Необходимо, тем не менее, отметить и некоторые замечания к данной работе:

1. Приведенные в выводах к главе 2.1 и в тексте главы 2.2 формулировки, указывающие, что получение последовательности (стабильной последовательности) пикосекундных импульсов осуществляется с помощью перестраиваемого оптического фильтра, размещаемого вне резонатора, представляются неточными, поскольку оптический фильтр осуществляет лишь селекцию генерируемого лазером излучения.

2. Не приводятся данных об измерении длительности генерируемых импульсов при реализации режимов синхронизации мод.

3. Не обосновывается утверждение о том, что записанные в активной среде волноводные структуры с диаметром сердцевины 20 мкм являются одномодовыми световодами.

Данные замечания не влияют на положительную оценку диссертационной работы. Актуальность работы не вызывает сомнения, а представленные результаты имеют большой практический интерес.

Основные результаты, представленные в диссертации, опубликованы в международных и российских изданиях, 8 из которых входят в перечень ВАК. Результаты работы неоднократно докладывались на международных и всероссийских конференциях (13 докладов). Автореферат соответствует содержанию диссертации и полностью отражает ее структуру. Таким образом, диссертация соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» Постановления Правительства РФ № 842 от 24.09.2013г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Считаю, что работа Понариной М.В. «Пассивная синхронизация мод со сверхвысокой частотой повторения импульсов в твердотельных волноводных лазерах с использованием графена» представляет собой комплексное научно-

квалификационное исследование, имеющее научную новизну и практическую значимость. Диссертация полностью удовлетворяет требованиям ВАК РФ, а ее автор Понарина Мария Владимировна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика.

Официальный оппонент:

доцент физического факультета

МГУ имени М.В.Ломоносова,

к.ф.-м.н., доцент


 В.Б. Морозов

«23» августа 2022г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», физический факультет, 119991, г. Москва, Воробьевы горы, д.1, стр. 2

Тел.: +7(985) 921-51-10, +7(495) 939-19-34

E-mail: morozov@phys.msu.ru

 Декан физического факультета

МГУ имени М.В.Ломоносова

Профессор

 Н.Н. Сысоев
 2022г.