

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИОФ РАН

член-корреспондент РАН

Гарнов С.В.



« 11 ноября 2022 г. »

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Жданова Иннокентия

«Исследование генерации сильночирпованных диссипативных солитонов в области нормальной дисперсии на длинах волн более 1,5 мкм», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6 Оптика

Диссертационная работа Жданова Иннокентия посвящена исследованию спектральных и временных параметров генераторов ультракоротких импульсов, основанных как на волокнах, легированных редкоземельными элементами, так и за счет нелинейных процессов. Особое внимание уделено генерации рамановских сильночирпированных диссипативных солитонов в диапазоне длин волн более 1,6 мкм, который представляет огромный интерес из-за присутствия в нем «окна прозрачности» воды, где биологические ткани обладают локальным минимумом потерь.

Целью диссертационной работы являлось исследование возможности создания волоконного источника фемтосекундных импульсов с центральной длиной волны более 1,5 мкм и энергией более 25 нДж, а также создания на его основе источника импульсов с центральной длиной волны 1,6-1,7 мкм за счет эффекта вынужденного комбинационного рассеяния.

Научная новизна. В работе впервые теоретически и экспериментально показана критическая роль контраста внутрирезонаторного фильтра на режим генерации кольцевого волоконного лазера. Особо стоит отметить, что в работе впервые получена генерация сильночирпированных диссипативных солитонов в спектральном диапазоне 1,6-1,65 мкм за счет эффекта вынужденного комбинационного рассеяния.

Практическая ценность. Наличие локального «окна прозрачности» воды, где биологические ткани обладают минимумом потерь, в спектральном диапазоне 1,6-1,7 мкм делает источники ультракоротких импульсов крайне привлекательными для двухфотонной микроскопии и когерентной томографии.

Общая характеристика и содержание работы.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 1.3.6 Оптика.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений и списка литературы. Общий объем составляет 96 страниц, включая 45 рисунков и 7 таблиц. Список литературы содержит 99 источников.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цель и задачи, научная новизна исследований, показана практическая значимость полученных результатов, представлены защищаемые положения, выносимые на защиту, а также дано описание структуры работы.

Первая глава посвящена обзору литературы и описанию базовых понятий о волоконных лазерах с синхронизацией мод, используемых в работе. В тексте приводится анализ различных режимов генерации во всем диапазоне суммарной дисперсии резонатора (от аномальной до нормальной). Рассмотрены основные достижения в области насыщающихся поглотителей материальных, и основанных на керровской нелинейности. Также дан анализ достижений по методам генерации импульсного излучения вблизи 1,6-1,7 мкм для двух групп генераторов: прямых – методов с использованием тулиевых, тулий-гольмиевых и висмутовых волокон и косвенных, где производится преобразование импульса накачки за счет нелинейных эффектов.

Во второй главе представлены описания методов, использованных при выполнении работ по диссертации. Особое внимание уделяется технике пространственного разделения физических процессов, который применяется во всех задающих генераторах, собранных в ходе выполнения диссертации. Отдельные части посвящены рассмотрению методов характеристики импульсного излучения.

В третьей главе описаны экспериментальные результаты и результаты моделирования, характеристики и оптимизации задающего генератора ультракоротких импульсов вблизи 1,5 мкм в режиме сильночирпованных диссипативных солитонов в резонаторе с суммарной нормальной дисперсией. Исследована возможность увеличения энергии импульса напрямую из задающего генератора за счет удлинения резонатора. В тексте также приводится анализ перехода от режима чирпированных диссипативных солитонов к режиму шумоподобных импульсов, полученный экспериментально и исследованный численно. Также в работе приведены параметры резонатора, влияющие на данный переход.

Четвертая глава посвящена ключевому эксперименту работы - получению импульсного излучения в спектральном диапазоне 1,6-1,7 мкм под действием вынужденного комбинационного рассеяния вследствие синхронной накачки внешнего волоконного резонатора импульсами на длине волны эрбиевого

диапазона от системы, разработанной в ходе работы. Для отработки метода соискатель участвовал в работах по генерации рамановских диссипативных солитонов в спектральном диапазоне вблизи 1,3 мкм. Полученные в ходе основного эксперимента рамановские диссипативные солитоны были охарактеризованы и был произведен расчет эффективности преобразования с показателем 85%. Также было показано, что дальнейший рост энергии импульса ограничен генерацией стоксового импульса следующего порядка.

В заключении сформулированы основные результаты и сделаны выводы. Предложены потенциальные направления развития работы.

Основными результатами диссертации можно считать следующие:

1. Исследована генерация сильночирпованных диссипативных солитонов в эрбиевом волоконном лазере с пространственным разделением эффектов нелинейного вращения поляризации и эволюции импульса на длине волны 1550 нм. Продемонстрировано потенциальное увеличение энергии с 0,9 до 3,3-3,9 нДж.
2. Впервые получена генерация диссипативных солитонов с длиной волны вблизи 1,7 мкм за счет эффекта вынужденного комбинационного рассеяния. Эффективность преобразования составила рекордные, на данный момент, 85%.

Достоверность и обоснованность результатов подтверждается использованием общепринятых физических и математических методов и соответствии литературным данным. Основные результаты апробированы выступлениями с докладами на всероссийских и международных конференциях, опубликованы в реферируемых российских и международных журналах. Научные положения и выводы, сформулированные в работе соискателя, являются логичными и обоснованными.

Публикации, отражающие основное содержание диссертации.

Материалы диссертации опубликованы в 6 статьях в рецензируемых российских и зарубежных научных журналах, среди которых имеются публикации в высокорейтинговых журналах - Optics Letters и Optics Express.

Автореферат полностью отражает содержание работы.

Полученные результаты позволяют оценить автора как высококвалифицированного специалиста, обладающего необходимым набором навыков для проведения комплексных научных исследований.

Однако, несмотря на высокий уровень работы, хотелось бы сформулировать следующие замечания, которые не являются существенными по отношению к результатам работы:

Формальные:

1. Некоторые рисунки представлены с обозначениями на английском языке.
2. Пропущены описания некоторых переменных.

По существу:

1. В разделе, посвященном оптимизации сварных соединений, не представлены сравнительные таблицы полученных оптических элементов резонатора, и не показано непосредственное влияние потерь на энергию импульсов на выходе. Обладая аппаратом численного моделирования, логично было показать влияние потерь на режимы и эффективность генерации.
2. Для полноты картины в главе, посвященной генерации диссипативных ВКР-солитонов на длине волны 1,7 мкм, необходимо указать длительность, энергию и оценку величины частотной модуляции полученных импульсов.

Отмеченные недостатки не снижают научной ценности работы и не влияют на положительную оценку. Диссертация является завершенной научно-квалификационной работой по актуальной тематике и обладает практической ценностью.

Заключение. Диссертационная работа Иннокентия Жданова «Исследование генерации сильночирпованных диссипативных солитонов в области нормальной дисперсии на длинах волн более 1,5 мкм» полностью удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6. Оптика.

Доклад по диссертации заслушан на семинаре № 178 НЦЛМТ ИОФ РАН 24 ноября 2022 г.

Отзыв составил:

старший научный сотрудник
ЛФКМТ ОК ИОФ РАН, к.ф.-м.н.

Камынин Владимир Александрович

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук», ИОФ РАН

Адрес: 119991 ГСП-1, г. Москва, ул. Вавилова, д. 38

Телефон: +7 (499) 503-87-34

Почта ИОФ РАН: office@gpi.ru