

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
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

Актуальность темы исследования.

Исследования, связанные с разработкой новых волоконных источников ультракоротких оптических импульсов, вызывают огромный интерес как с прикладной, так и с фундаментальной точки зрения. В последнее время повышенный интерес проявляется к созданию импульсных источников для систем нелинейной спектроскопии или когерентной антистоксовой спектроскопии, накладывающих требования на спектральный диапазон генерируемых импульсов. В связи с этим разработка новых схем, методов генерации и спектральных диапазонов является актуальной задачей. **Целью** диссертации является исследование возможности создания волоконного источника мощных фемтосекундных импульсов с центральной длиной волны более 1.5 мкм, а также исследование возможности создания на его основе источника импульсов с центральной длиной волны 1.6-1.7 мкм за счет эффекта вынужденного комбинационного рассеяния. Диапазон длин волн вблизи 1.7 мкм представляет огромный интерес из-за присутствия в нем «окна прозрачности» воды, что позволяет создавать зондирующие оптические устройства для комплексного осмотра биологических объектов, а также мониторинга атмосферных явлений.

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, аргументирована научная новизна исследований, показана практическая значимость полученных результатов, представлены защищаемые положения, выносимые на защиту, а также дано описание структуры работы.

Первая глава посвящена введению базовых понятий о волоконных лазерах с синхронизацией мод, используемых в работе, а также обзору литературы. Приводятся наиболее важные работы, а также краткий анализ преимуществ и недостатков описываемых режимов. Рассмотрены достижения в области насыщающихся поглотителей как материальных, так и, основанных на керровской нелинейности. Также дан анализ достижений по методам генерации импульсного излучения вблизи 1.6-1.7 мкм: прямых – методов с использованием тулиевых, тулий-гольмиевых и висмутовых волокон, а также косвенных, где производится нелинейное преобразование импульса накачки.

Во второй главе собраны 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.

В третьей главе описаны результаты разработки, характеристики и оптимизации задающего генератора ультракоротких импульсов вблизи 1.5 мкм в режиме сильночирпованных диссипативных солитонов в резонаторе с суммарной нормальной дисперсией. Исследовались возможности увеличения энергии импульса напрямую из задающего генератора. В тексте также приводится анализ перехода от режима чирпованных

диссипативных солитонов к режиму шумоподобных импульсов и исследовались параметры резонатора, влияющие на данный переход.

Глава 4 посвящена ключевому эксперименту работы, а именно получению импульсного излучения в спектральном диапазоне 1.6-1.7 мкм под действием вынужденного комбинационного рассеяния вследствие 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. Далее приведены результаты экспериментов по генерации рамановский диссипативных солитонов на длине волны 1.7 мкм.

В заключении представлены основные результаты работы, и предложены потенциальные направления развития работы.

Среди **основных результатов диссертации** следует отметить следующие:

- Исследована генерация сильночирпованных диссипативных солитонов в волоконном резонаторе с пространственным разделением эффектов нелинейного вращения поляризации и эволюции импульса на длине волны 1550 нм и продемонстрировано потенциальное увеличение энергии с 0,9 до 3,3-3,9 нДж.
- Впервые получена генерация рамановских диссипативных солитонов с длиной волны вблизи 1,7 мкм с высокой (85%) эффективностью преобразования.

Достоверность и обоснованность результатов подтверждается использованием надежных экспериментальных методик, применяемых в научном профессиональном сообществе. Полученные экспериментальные результаты подкреплены теоретическими выкладками и численным моделированием наблюдаемых физических процессов. Численное моделирование опирается на известные из научных статей и выкладок модели, хорошо согласуется с полученными экспериментальными данными, и не вызывает сомнений. Основные результаты апробированы выступлениями с докладами на конференциях всероссийского и международного масштаба, а также опубликованы в реферируемых российских и международных журналах. Научные положения и выводы, сформулированные в работе соискателя, являются обоснованными.

Практическая значимость диссертации.

Результаты данной работы могут лечь в основу создания волоконных источников для создания систем нелинейной микроскопии и спектроскопии.

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.

Текст диссертации написан логично и лаконично, а *автореферат* полностью отражает содержание работы. Из текста диссертации и уровня и количества опубликованных научных работ в соавторстве с Иннокентием Ждановым видно, что был проделан большой объем разноплановой работы, включающей себя проведение и постановку экспериментов, а также использование численного моделирования для объяснения наблюдаемых эффектов. Полученные результаты позволяют оценить автора как высококвалифицированного специалиста, обладающего необходимым набором навыков для проведения комплексных научных исследований. Диссертационная работа представляет законченное научное исследование, по своей актуальности, научной и практической значимости.

Из замечаний к данной работе можно отметить некоторую небрежность оформления рисунков – нет единого стиля в оформлении подобных рисунков (разные шрифты, стили подписей, присутствие/отсутствие сетки и т.д.); подписи рисунков то на русском языке, то на английском. Для некоторых рисунков (например, рисунки 3.18, 3.19, 4.3, 4.9 и ещё несколько) – в описании линий указаны, видимо, обозначения названия файлов, из которых они строились – безусловно, эти названия полностью понятны и удобны были автору работы, но не очевидны для читателя диссертации. В большинстве случаев эта информация абсолютно не значима или вообще не требуется, так как везде есть дополнительные описания, позволяющие понять рисунки и их содержание.

Также после изучения материала диссертационной работы осталось несколько дополнительных вопросов:

1. Как подтверждалась и измерялась или оценивалась когерентность диссипативных рамановских солитонов, в частности на длине волны 1.7 мкм.
2. Какая энергия импульсов получилась на длине волны 1.7 мкм? Энергия на 1.7 мкм в тексте диссертации не приводится. В целом, её можно пересчитать исходя из эффективности перекачки и мощности накачки, но удобнее было бы её привести.
3. В главе 3.5.3 приводятся результаты экспериментальной реализации генерации солитонов, управляемых дисперсией, с частотой повторения 14.5 МГц – можно ли ещё понизить частоту повторения? Есть ли принципиальные ограничения получения генерации солитонов, управляемых дисперсией, с низкой частотой повторения?

Заключение.

Указанные выше замечание несколько не снижают ценности и значимости результатов работы. Возникшие в ходе изучения диссертации дополнительные вопросы носят чисто дискуссионно-уточняющий характер и являются пожеланием для дальнейшего продолжения и развития научной данной работы. Диссертационная работа Жданова И. «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.

Официальный оппонент:

Иваненко Алексей Владимирович,
к.ф.-м.н, PhD,

старший научный сотрудник отдела лазерной физики и инновационных технологий
Новосибирского Национального Исследовательского Государственного Университета (НГУ),
630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 1.

Тел. +7(913-394-44-53), эл. почта: a.ivanenko5@nsu.ru

Иваненко А.В.

Подпись Иваненко А.В. удостоверяю

учёный секретарь НГУ, к.х.н.



Е.А. Тарабан
23.11.2022

Тарабан Е.А.