

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИАиЭ СО РАН

Чл.-корр. РАН

Бабин Сергей Алексеевич



2022 г

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института автоматике
и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук

(ИАиЭ СО РАН)

Диссертация «Исследование генерации сильночирпованных диссипативных солитонов в области нормальной дисперсии на длинах волн более 1,5 мкм» выполнена в лаборатории волоконной оптики ИАиЭ СО РАН.

В период подготовки диссертации соискатель Жданов Иннокентий работал в ИАиЭ СО РАН в должностях инженера-программиста и инженера-исследователя. А также проходил обучение в аспирантуре Новосибирского Государственного Университета в период с 2017-2021 гг.

В 2017 г. окончил магистратуру физического факультета Новосибирского государственного университета по специальности «физика». В 2021 г. окончил аспирантуру Новосибирского государственного университета по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия», специальности 01.04.05 «Оптика».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов № 2021/38 выдана 1 июля 2021 г. НГУ.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук Харенко Денис Сергеевич, старший научный сотрудник лаборатории волоконной оптики ИАиЭ СО РАН.

Диссертация «Исследование генерации сильночирпованных диссипативных солитонов в области нормальной дисперсии на длинах волн более 1,5 мкм» была рассмотрена на семинаре.

На семинаре присутствовали:

Шапиро Давид Абрамович, д. ф.-м. н., профессор, ИАиЭ СО РАН

Бабин Сергей Алексеевич, д. ф.-м. н., профессор, ИАиЭ СО РАН

Аполонский Александр Анатольевич, к. ф.-м. н., ИАиЭ СО РАН

Харенко Денис Сергеевич, к. ф.-м. н., ИАиЭ СО РАН

Лобач Иван Александрович, к. ф.-м. н., ИАиЭ СО РАН

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

Коляда Наталья Александровна, к. ф.-м. н., ИАиЭ СО РАН

Евменова Екатерина Алексеевна, к. ф.-м. н., ИАиЭ СО РАН

Абдуллина Софья Рафисовна, к. ф.-м. н., ИАиЭ СО РАН

Белай Олег Владимирович, к. ф.-м. н., ИАиЭ СО РАН

Поддубровский Никита Романович, ИАиЭ СО РАН

Воликова Анастасия Михайловна, ИАиЭ СО РАН

Немыкин Антон Владимирович, ИАиЭ СО РАН

Антропов Александр Алексеевич, ИАиЭ СО РАН

Бронников Кирилл Алексеевич, ИАиЭ СО РАН

По результатам рассмотрения диссертации принято следующее заключение:

Актуальность работы.

Исследование волоконных генераторов ультракоротких импульсов, а также различных волоконных схем, позволяющих генерацию такого рода импульсов, чрезвычайно актуально в связи с большим числом применений: от обработки материалов до нелинейной микроскопии. Для последнего особый интерес представляют источники излучения на длинах волн 1,3 и 1,7 мкм, где имеются окна прозрачности биологических образцов. Генерация в области длин волн вблизи 1,7 мкм до недавнего времени не была доступна для прямых методов генерации. Несмотря на недавние успехи в волоконных лазерах на основе тулиевых, тулий-гольмиевых и висмутовых активных волокон, альтернативно развиваются и непрямые методы генерации, где излучение получается путем нелинейного преобразования с использованием параметрических процессов или вынужденного комбинационного

рассеяния (ВКР). Таким образом разработка схем, позволяющих произвести импульсную генерацию вблизи 1,7 мкм, является актуальной задачей.

Методики, применяемые в диссертационной работе И. Жданова, являются современными и полностью подходят для решения поставленных задач, а также характеризовать генерируемые импульсы.

Основная цель диссертационной работы И. Жданова была сформулирована как исследование возможности создания волоконного источника мощных фемтосекундных импульсов с центральной длиной волны более 1,5 мкм, а также создания на его основе источника импульсов с центральной длиной волны 1,6-1,7 мкм за счет эффекта вынужденного комбинационного рассеяния (ВКР). Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи: разделить эффекты нелинейного вращения поляризации и эволюции диссипативного солитона для получения импульсов наибольшей энергии в волоконном резонаторе с нормальной суммарной дисперсией в области длин волн ~1,5 мкм; определить оптимальную схему волоконного резонатора и подходящие составляющие его компоненты, при которых будет достигаться наибольшая энергия генерируемых импульсов; Провести усиление генерируемых импульсов до значений выше порога ВКР; продемонстрировать генерацию рамановских диссипативных солитонов (РДС) с длиной волны ~ 1,6-1,7 мкм методом синхронной накачки внешнего волоконного резонатора, а также провести характеристику генерируемых импульсов.

Личное участие соискателя.

В ходе выполнения работ И. Жданов принимал активное участие в постановке задач, проведении основных экспериментов, анализе и обсуждении результатов, а также презентации результатов на научных конференциях и написании статей. При выполнении диссертационной работы И. Жданов проявил себя как квалифицированный специалист, умеющий работать в коллективе, решать сложные задачи, а также проводить исследования высокого научного уровня.

Новизна.

В диссертации получены следующие новые научные результаты:

1. Показана возможность генерации сильночирпованных диссипативных солитонов (СЧДС) в волоконных резонаторах с пространственным разделением эффектов нелинейного вращения поляризации и

- эволюции диссипативного солитона. Продемонстрировано увеличение энергии за счет удлинения резонатора до величины 3,7 нДж.
2. Обнаружен и изучен переход между режимами генерации СЧДС и шумоподобных импульсов. Определены факторы, влияющие на данный переход: при повышении шума усилителя для генерации СЧДС необходим более высокий контраст фильтра
 3. Собран волоконный генератор СЧДС с перестраиваемым фильтром. Продемонстрирована возможность перестройки центральной длины волны генерируемых импульсов. Энергия генерируемых импульсов составила 2,5 нДж. Исследованы особенности усиления СЧДС с помощью техники усиления chirпованных импульсов.
 4. Для генерации РДС с длиной волны 1,7 мкм наиболее реализуемой является схема с использованием синхронной накачки внешнего резонатора усиленными импульсами задающего генератора
 5. В качестве альтернативы задающему генератору СЧДС рассмотрен генератор солитонов, управляемых дисперсией (СУД). Измерена дисперсия активных волокон с использованием анализа распределения пиков Келли. Собран волоконный генератор с суммарной дисперсией вблизи нуля, и получена многоимпульсная генерация СУД
 6. Освоена техника генерации рамановских диссипативных солитонов во внешнем резонаторе на примере генератора РДС с центральной длиной волны 1,3 мкм проведено усиление РДС за счет прошедшего импульса накачки, показавшая работу принципа, но низкую эффективность (усиление ~3 дБ) и сильную модуляцию спектра импульсов
 7. Впервые получена генерация РДС на длине волны вблизи 1,7 мкм методом синхронной накачки внешнего резонатора с нормальной дисперсией.

Степень достоверности результатов.

Все полученные результаты не противоречат известным научным положениям, экспериментальным и теоретическим результатам других работ. Все измерения производились, с помощью апробированных методик и точных приборов.

Научные положения и сформулированные выводы обоснованы полученными в работе экспериментальными и теоретическими результатами.

Практическая значимость.

Результаты данной работы могут быть использованы в будущем для создания на её базе систем нелинейной микроскопии для исследования биологических объектов в будущем. Таким образом результаты настоящей работы будут полезны не только специалистам в области волоконных лазеров, но и исследователям биологических систем.

Соответствие специальности.

Диссертационная работа соответствует специальности 1.3.6 (01.04.05) «Оптика», так как основным объектом исследования является генерация ультракоротких импульсов в волоконных лазерных схемах и получение импульсов с помощью нелинейных преобразований при взаимодействии излучения со средой.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.

Результаты работы докладывались на следующих конференциях и семинарах: Российский Семинар по волоконным лазерам (5-9 сентября 2016 г., Новосибирск); Progress in Electromagnetics Research Symposium (22-25 мая 2017 г., Санкт-Петербург); The European Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO-Europe, 25-29 июня 2017 г., Мюнхен); Всероссийская конференция по волоконной оптике (3-6 октября 2017 г., Пермь); Российский Семинар по волоконным лазерам (3-7 сентября 2018 г., Новосибирск); The European Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO-Europe, 23-27 июня 2019 г., Мюнхен); SPIE Optics + Photonics (24-28 августа, Сан-Диего, США); Международный Семинар по волоконным лазерам (15-19 августа 2022 г., Новосибирск).

Результаты диссертационной работы достаточно подробно отражены в шести публикациях в рецензируемых научных журналах, индексируемых в российских и международных базах данных:

1. Kharenko D.S. et al. All-fiber highly chirped dissipative soliton generation in the telecom range // *Opt. Lett.* 2017. Vol. 42, № 16. P. 3221.
2. Zhdanov I.S. et al. Generation of highly-chirped dissipative solitons in Er-doped all-fiber oscillator // *2017 Progress In Electromagnetics Research Symposium - Spring (PIERS)*. IEEE, 2017. P. 1605–1609.
3. Zhdanov I., Kharenko D., Babin S. All-fiber erbium-doped mode-locked laser with high pulse energy // *Appl. PHOTONICS*. 2018. Vol. 3. P. 173–179.

4. Bednyakova A.E. et al. Raman dissipative solitons generator near 13 mkm: limiting factors and further perspectives // Opt. Express. 2020. Vol. 28, № 15. P. 22179.
5. Zhdanov I. et al. All-fiber pulsed laser source based on Raman dissipative soliton generation for biological tissue analysis // Ultrafast Nonlinear Imaging and Spectroscopy VIII / ed. Liu Z., Psaltis D., Shi K. SPIE, 2020. P. 41.
6. Zhdanov I.S. et al. Energy scaling of an erbium-doped mode-locked fiber laser oscillator // OSA Contin. 2021. Vol. 4, № 10. P. 2663.

Диссертация «Исследование генерации сильночирпованных диссипативных солитонов в области нормальной дисперсии на длинах волн более 1,5 мкм» Жданова Иннокентия рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6 (01.04.05) «Оптика».

Председатель семинара


д. ф.-м. н., профессор

Шапиро Д.А.

Секретарь семинара

к. ф.-м. н.

Лобач И.А.

Подпись
Шапиро Д.А. и Лобач И.А.
сотрудника ИАиЭ СО РАН
заверяю 
Зав. отделом кадров
Кудрявцева Н.В.
«05» 09 2022г.

