

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке и стратегическим
коммуникациям
д.э.н., профессор



Дроговоз Павел
Анатольевич

«07» июня 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию **Жлуктовой Ирины Вадимовны**
«Генерация суперконтинуума в волоконных усилителях», представленную к
защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по
специальности 1.3.19 – Лазерная физика

Диссертационная работа Жлуктовой Ирины Вадимовны посвящена исследованию спектральных и временных параметров генераторов суперконтинуума, основанных на импульсных лазерных источниках, излучающих в спектральном диапазоне 1-2 мкм, совместно с волоконными усилителями, легированными различными редкоземельными элементами, и нелинейными средами.

Целью диссертационной работы являлась разработка и исследование полностью волоконных генераторов суперконтинуума при использовании в качестве задающих генераторов импульсные лазерные источники, излучающие в спектральном диапазоне 1-2 мкм. Для достижения данной цели были разработаны два генератора суперконтинуума, охватывающие спектральные диапазоны 0.9- 2.3 мкм и 1.9-2.6 мкм.

Научная новизна. В работе экспериментально продемонстрирована генерация суперконтинуума при использовании волокна с переменной дисперсией со спектральной шириной около октавы, а также показано существенное отличие выходных параметров в зависимости от направления распространения излучения в данных образцах. Обоснована возможность частичного усиления

суперконтинуума, что приводит к увеличению плотности мощности в выбранных спектральных диапазонах. Экспериментально представлены данные о разработанном стабильном импульсном источнике на длине волны 1.12 мкм, полученный при вырезке из стоксовой компоненты, и источнике излучения на длинах волн 0.5-0.6 мкм, полученном при генерации второй гармоники в кристаллах ниобата лития (LNB-S) и дигидрофосфата калия (KDP).

Практическая ценность. Представленный полностью волоконный генератор суперконтинуума может найти применение в медицине, а именно в таких направлениях как косметология, изучение различных биологических тканей (мышцы, мягкие ткани), хирургия. Также полученные данные могут использоваться при разработке различного медицинского оборудования, например, мобильных эндоскопов. Известно, что генераторы суперконтинуума могут найти применение и в низкокогерентной интерферометрии для обнаружения дефектов в оптических световодах.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы из 124 источников. Объем диссертации составляет 117 страниц, содержит 52 рисунка и 10 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи исследования, научная новизна и научно-практическая значимость, основные положения, выносимые на защиту, и сведения об апробации работы.

Первая глава посвящена обзору и анализу состояния на текущий момент исследований в области генерации суперконтинуума по материалам открытых публикаций. В данной главе рассматриваются методы генерации суперконтинуума, основные нелинейные эффекты, влияющие на распространение излучения в среде, а также сравнение использования различных нелинейных волокон для получения сверхуширенного излучения.

Вторая глава диссертационной работы посвящена генератору суперконтинуума, основанного на использовании в качестве задающего источника иттербиевого волоконного лазера, работающего в режиме пассивной синхронизации мод, волоконного усилителя и нелинейной среды. Был проведен

анализ спектральных и временных параметров задающего иттербиевого лазера, а также проведено усиление для увеличения плотности мощности необходимой для эффективного преобразования суперконтинуума. В качестве нелинейной среды для генератора суперконтинуума использовалось волокно с переменной дисперсией. Средняя выходная мощность полученного излучения составляла 340 мВт, а максимально достигнутая ширина оптического спектра 1.5 мкм по уровню сигнала -30 дБ. Дополнительно было проведено сравнение спектральных и временных параметров уширенного излучения при использовании стандартных одномодовых волокон, отличающихся диаметром сердцевины. Отдельно было продемонстрировано использование сверхуширенного излучения для реализации иттербиевого импульсного источника на длине волны 1.12 мкм, за счет спектральной селекции, и излучение зелёно-жёлтого спектрального диапазона при использовании нескольких типов нелинейных кристаллов.

В третьей главе исследовалось влияние изгибных потерь в спектральном диапазоне 2.2- 2.6 мкм на результирующее излучение суперконтинуума. Для этого был собран генератор суперконтинуума, излучающий в спектральной области 1.9- 2.6 мкм. В качестве задающего источника использовался гольмиевый волоконный лазер, работающий в режиме гибридной синхронизации мод. В данной главе была использована другая нелинейная среда, а именно волокно, легированное оксидом германия. Была проведена оптимизация по длине образца и получена наиболее эффективная генерация суперконтинуума. Для изучения влияния изгибных потерь были использованы катушки различных радиусов (50, 15 и 5 мм), на которые первоначально наматывалось активное волокно гольмиевого усилителя, а затем и волокно, легированное оксидом германия. Были представлены графики зависимости радиуса изгиба от длины волны и отмечено, что при изгибе нелинейного волокна идет изменение оптического спектра суперконтинуума на длине волны 2.5 мкм (сигнал проседает на 15 дБ для радиуса изгиба 5 мм).

В заключении сформулированы основные результаты, полученные в диссертационной работе и сделаны выводы.

Знакомство с содержанием диссертации позволяет сделать вывод о том, что поставленная цель и задачи были последовательно реализованы в исследовании, что позволило автору прийти к выводам, определяющим научную новизну исследования. Основными результатами диссертации можно считать следующие:

1. Продемонстрирован полностью волоконный генератор суперконтинуума, основанный на стандартных и специализированных кварцевых волокнах. В качестве задающего источника применялась импульсная лазерная система, основанная на ионах иттербия. Средняя выходная мощность варьировалась в пределах 6-8 мВт. Частота следования составила 1 МГц с длительностью импульсов 260 пс. Использование волоконного усилителя позволило повысить среднюю выходную мощность до 800 мВт.

2. Использование предложенной схемы генератора суперконтинуума с использованием волокна с переменной дисперсией позволило получить среднюю выходную мощность до 340 мВт и спектральную ширину излучения 1.49 мкм по уровню -30 дБ. Представлены данные о влиянии распространения излучения по образцу волокна с переменной дисперсией. Исследованы спектральные и временные характеристики полученного излучения, а также проведено частичное усиление суперконтинуума.

3. Для исследования влияния изгибных потерь на результирующее излучение суперконтинуума, продемонстрирована генерация в спектральном диапазоне 1.9-2.6 мкм при использовании в качестве задающего источника волоконного гольмиевого лазера, работающего в режиме гибридной синхронизации мод. В качестве нелинейной среды использовалось волокно, легированное оксидом германия. Были представлены спектры пропускания и спектральная зависимость изгибных потерь волокон, легированных ионами Ho и Ge. Представлено, что изгибы радиусом 5 мм вносят потери более 5 дБ в длинноволновой области оптического спектра (2.14-2.2 мкм), а также появляется возможность варьировать спектральную форму суперконтинуума.

Материалы диссертации соответствуют п. 2 «Процессы генерации и преобразования когерентного оптического излучения, физические методы

управления свойствами и параметрами лазерного излучения, включая разработку источников излучения с неклассическими свойствами» Паспорта специальности ВАК РФ 1.3.19 «Лазерная физика».

Все результаты, представленные автором, являются новыми. Достоверность и обоснованность научных положений и выводов базируется на использовании общепринятых физических и математических методов и соответствии литературным данным. Достоверность представленных в работе экспериментальных результатов обеспечена применением высокоточного оборудования, а также подтверждается публикациями в высокорейтинговых изданиях, входящих в перечень ВАК и апробацией на международных конференциях. Полученные результаты могут быть использованы в ООО «ИП НЦВО-Фотоника», ПАО ПНППК, холдинг «Швабе», Госкорпорация «Росатом» и другие предприятия, которые занимаются производством лазерных источников.

По диссертации И.В. Жлуктовой имеются следующие замечания:

Формальные:

1. В диссертационной работе присутствуют орфографические ошибки и опечатки.
2. Некоторые рисунки представлены с надписями на английском языке.

По существу:

1. Для суперконтинуума нет данных для длин менее 0.9 мкм, хотя спектр уходит за данную длину волны.
2. В математическом моделировании не представлена подробно внутренняя структура (только ширина оптического спектра) для широкополосного СК, а также не рассмотрена временная эволюция импульса по длине волокон.
3. Отсутствуют сведения о практическом применении проведенных исследований в приборах и устройствах.

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. Автореферат соответствует тексту рукописи и в полной мере отражает

содержание диссертации. Основные результаты опубликованы в открытой печати и доложены на российских и международных конференциях.

На основании вышеизложенного можно заключить, что диссертация Жлуктовой Ирины Вадимовны на тему «Генерация суперконтинуума в волоконных усилителях» полностью отвечает критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в соответствии с п.9 и п.13 Положения, утвержденного Правительством РФ «О присуждении ученых степеней» от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор Жлуктова И.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19 – Лазерная физика.

Отзыв на диссертацию обсуждён и одобрен на заседании НТС НОЦ «Фотоника и ИК-техника» МГТУ им. Н.Э. Баумана, протокол № 28 от 1 июня 2022 г.

Отзыв составили

Председатель НТС,
доктор технических наук, профессор
директор НОЦ «Фотоника и ИК-техника»
МГТУ им. Н.Э. Баумана


/ В.Е. Карасик

Секретарь НТС НОЦ «Фотоника и ИК-техника»
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кандидат технических наук,
начальник лаборатории НОЦ «Фотоника
и ИК-техника» МГТУ им. Н.Э. Баумана


/ В.А. Лазарев

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

Почтовый адрес: 105005, Россия, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5, с. 1

Телефон: +7 (499) 263 65 93

Адрес электронной почты: photonics@bmstu.ru

Web-сайт организации: <http://photonics.bmstu.ru/>