

## **Отзыв официального оппонента**

на диссертационную работу Волкова Игоря Александровича  
«Нелинейное преобразование ультракоротких импульсов в оптических  
волокнах на кварцевой основе» на соискание ученой степени кандидата  
физико-математических наук по специальности 1.3.6. Оптика

В диссертационной работе Волкова И.А. исследованы спектрально-временные и энергетические характеристики импульсных режимов волоконного лазера с пассивной синхронизацией мод и спектральное преобразование шумоподобных импульсов в оптических волокнах на кварцевой основе.

В последнее десятилетие растет интерес к генерации суперконтинуума в оптических волокнах. Благодаря особым свойствам, таким как сверхширокая полоса пропускания, высокая спектральная плотность мощности и высокое качество луча, генераторы суперконтинуума на основе волокон находят широкий диапазон применений для формирования предельно-коротких импульсов, в оптической когерентной томографии, в нелинейной микроскопии, в системах сверхбыстрой передачи информации и других приложениях. Разработка новых схем источников и способов управления их спектрально-временными параметрами является востребованной задачей, что делает направление исследований Волкова И.А. актуальным.

В диссертационной работе Волкова И.А. проведено комплексное исследование генераторов суперконтинуума на основе кварцевых оптических волокон при возбуждении волоконными лазерами с пассивной синхронизацией мод, осуществляющих накачку дисперсионно-управляемыми солитонами и шумоподобными импульсами с гауссовой формой в сочетании с нелинейными и усилительными волоконными компонентами. Полученные результаты могут быть использованы для совершенствования широкополосных

источников излучения нетепловой природы. В работе установлены особенности трансформации оптических спектров и профилей временной огибающей шумоподобных импульсов с различной формой. Впервые экспериментально показано наличие линейной частотной модуляции у шумоподобных импульсов с гауссовой формой. Показаны преимущества шумоподобных импульсов с гауссовой формой перед дисперсионно-управляемыми солитонами при использовании в качестве импульсов накачки генераторов суперконтинуума. Впервые показано возможность управления оптическим спектром суперконтинуума вариацией длины волны нулевой дисперсии оптического волокна.

Таким образом, работа Волкова И.А. обладает как научной новизной в области оптики, так и практической значимостью для разработки и применения новых волоконных лазерных систем.

Содержание диссертационной работы изложено на 134 страницах и состоит из введения, трех глав (литературный обзор и две оригинальные главы), заключения, списка литературы и списка сокращений. Основные результаты опубликованы автором в 12 научных трудах, в том числе в рецензируемых научных журналах, входящих в Перечень ВАК, а также представлены на международных и российских конференциях и семинарах. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Во введении обоснована актуальность исследования, указаны цель и задачи диссертационной работы, научная новизна и научно-практическая значимость, приведены положения, выносимые на защиту, апробация, достоверность и личный вклад автора.

В главе 1 приведен анализ научной литературы по тематике диссертации, представлены анализа публикаций, касающийся импульсных режимов генерации лазеров с пассивной синхронизацией мод, а также рассмотрены случаи генерации суперконтинуума в оптических волокнах и показаны основные механизмы, приводящие к сверхуширению.

Глава 2 посвящена экспериментальному и теоретическому исследованию волоконных лазеров с пассивной синхронизацией мод,

излучающих на длине волны 1,56 мкм, как источников накачки генераторов суперконтинуума. Задающий источник реализован на основе волоконно-кольцевого лазера с пассивной синхронизацией мод на основе нелинейного вращения плоскости поляризации (НВП). Режим синхронизации мод за счет НВП достигался при совместном действии поляризационного делителя и двух контроллеров поляризации. Были получены различные режимы импульсной генерации волоконного лазера, в том числе: классический солитон, солитоноподобные импульсы, шумоподобные импульсы с различной формой, двух-волновые импульсы, гармоническая синхронизация мод. Исследованы спектрально-временные и энергетические характеристики полученных режимов импульсной генерации. Проведено численное моделирование волоконного кольцевого лазера, которое подтвердило экспериментальные результаты. Также в данной главе представлены результаты по усилению шумоподобных импульсов с гауссовой формой.

В главе 3 представлены результаты спектрального преобразования ультракоротких импульсов в оптических волокнах на кварцевой основе. В качестве нелинейной среды использовалось стандартное одномодовое волокно, а также волокно, легированное оксидом германия (GeO<sub>2</sub>). Получена генерация суперконтинуума при накачке дисперсионно-управляемыми солитонами и шумоподобными импульсами с гауссовой формой. Максимально достигнутая область генерации суперконтинуума была в диапазоне от 960 до 2300 нм и от 1050 до 2250 нм для дисперсионно-управляемых солитонов и шумоподобных импульсов, соответственно. Были проведены эксперименты в ходе, которых использовались оптические волокна, легированные оксидом германия GeO<sub>2</sub>, с различными дисперсионными характеристиками.

В заключение работы подведены итоги проведенных исследований и сформулированы основные результаты.

Диссертационная работа Волкова И.А. является законченным научным исследованием. Достоверность результатов обеспечивается тщательностью проведения экспериментов, использованием современного оборудования и



применением современных теоретических представлений и методов обработки при анализе данных. Все основные результаты опубликованы в ведущих научных журналах, докладывались на международных и российских конференциях.

В качестве замечаний можно выделить следующее:

1. В тексте используются термины «стационарный» и «нестационарный» в отношении импульсных режимов, но не указываются критерии для их определения.

2. В работе не рассматривается вопрос о степени когерентности полученного суперконтинуума.

3. Одним из отрицательных качеств лазерных генераторов, генерирующих шумоподобные импульсы с различной формой, является их низкая когерентность и практическая невозможность их применения в когерентных терагерцовых спектрометрах. Данную проблему стоило бы осветить при перечислении достоинств волоконных лазерных генераторов, генерирующих шумоподобные импульсы с различной формой.

4. В тексте имеются грамматические ошибки и хромает стилистика, в частности: «время жизни верхних состояний волокон, легированных редкоземельными элементами, является медленным ( $\sim$ мкс), что означает, что коэффициент усиления не реагирует значительно в течение времени прохождения в резонаторе ( $<0,5$  мкс); «генерацию ТГц»; «глубже понять основную физику»; «на увроне» (с.36) и т.д.

Все указанные замечания не являются существенными, не отражаются на полученных результатах и не влияют на положительную оценку диссертационной работы. Тема исследования соответствует специальности 1.3.6. Оптика.

Диссертационная работа Волкова И.А. на тему «Нелинейное преобразование ультракоротких импульсов в оптических волокнах на кварцевой основе» удовлетворяет все требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением

Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6. Оптика.

Официальный оппонент:  
ведущий научный сотрудник  
лаборатории нелинейных оптических  
и фотоэлектрических явлений в полупроводниках  
ФГБУН «Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН»  
доктор физико-математических наук

25.11.2022г.

Трухин Валерий Николаевич

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 01.04.05 – Оптика.

Контактные данные: ФГБУН «Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН», Россия, 194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26; e-mail: valera.truchin@mail.ioffe.ru; телефон: +7 (921) 745-85-63

Подпись Трухина В.Н. удостоверяю

Ученый секретарь ФТИ им. А.Ф. Иоффе

М.И. Патров

