

## О Т З Ы В

оппонента Лосева Леонида Леонидовича  
на диссертационную работу  
Федотова Юрия Сергеевича

"Исследование режимов генерации диссипативных солитонов в волоконных иттербиевых лазерах",  
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 "Лазерная физика".

Диссертационная работа Ю.С. Федотова носит экспериментальный характер и посвящена исследованию физических процессов генерации диссипативных солитонов в волоконных иттербиевых лазерах с нормальной дисперсией, работающих в режиме синхронизации мод.

Актуальность выбранной темы работы обусловлена большим практическим интересом для ряда научных, а также прикладных задач к устойчивым локализованным структурам поля – лазерным диссипативным солитонам, оказавшимся удобным инструментом для изучения нелинейных процессов при распространении высокоинтенсивного излучения в диспергирующих средах, физической химии, а также задачах передачи и хранения информации, прецизионной обработки материалов и др.

В работе описаны проблемы, с которыми сталкивается исследователь, при генерации диссипативных солитонов в волоконных иттербиевых лазерах в области 1  $\mu\text{m}$ , а также предложены варианты их решения. В качестве одной из главных проблем автор считает отсутствие стабильного дешевого насыщающегося поглотителя, обеспечивающего запуск режима синхронизации мод, а также отсутствие коммерчески доступных оптических волокон с аномальной дисперсией в данной спектральной области.

В данной работе реализована и описана технология создания насыщающегося поглотителя на основе углеродных нанотрубок, а также продемонстрированы возможности управления характеристиками диссипативных солитонов, генерируемых в разработанном волоконном лазере, при помощи спектральной фильтрации.

Отдельное место в диссертации занимает исследование возможности преобразования частоты излучения диссипативных солитонов за счет эффекта вынужденного комбинационного рассеяния. Автор изучает влияние данного эффекта на характеристики генерируемых диссипативных солитонов и предлагает две разработанные схемы лазера, с преобразования частоты диссипативных солитонов.

### **В диссертации получены следующие новые научные результаты:**

1. Впервые получены перестраиваемые по длине волны диссипативные солитоны при помощи эффекта вынужденного комбинационного рассеяния внутри и вне лазерного резонатора в широкой спектральной области, превышающей полосу усиления активной среды.

Экспериментально продемонстрировано слабое изменение временных параметров (длительности формы) диссипативных солитонов по сравнению с импульсами накачки на длине волны вблизи 1080 нм.

2. Автор разработал технологию изготовления насыщающегося поглотителя в виде полимерной пленке на основе поливинилового спирта, содержащей одностенные углеродные нанотрубки. Создал волоконный иттербиевый лазер с использованием изготовленного насыщающегося поглотителя, генерирующий диссипативные солитоны пикосекундной длительности.

3. Ю.С. Федотов продемонстрировал полностью волоконный спектрально-перестраиваемый фильтр, основанный на эффекте двулучепреломления в волокнах с под-

держкой поляризации, с регулируемыми параметрами: селективной длиной волны излучения и глубиной модуляции.

4. Автор при помощи разработанного спектрального фильтра создал полностью волоконный иттербиевый лазер, работающий в режиме синхронизации мод с самостартом режима при помощи насыщающегося поглотителя на основе углеродных нанотрубок, генерирующий перестраиваемые по длине волны диссипативные солитоны с контролируемой длительностью и шириной спектра излучения в области 1060 нм.

**Практическая ценность результатов диссертации заключается в следующем:**

1. Значительном расширении спектрального диапазона генерации диссипативных солитонов. Что является важным для ряда приложений.
2. Разработке и описании технологии производства насыщающегося поглотителя в виде полимерной пленки, содержащей одностенные углеродные нанотрубки, легко реализуемой в лабораторных условиях.
3. Демонстрации возможностей управления параметрами генерируемых диссипативных солитонов при помощи разработанного волоконного спектрально-перестраиваемого фильтра с регулируемыми параметрами.
4. Экспериментальной демонстрации волоконного иттербиевого лазера, генерирующего диссипативные солитоны с изменяемыми характеристиками в области нормальной дисперсии с использованием разработанного спектрального фильтра и насыщающегося поглотителя на основе углеродных нанотрубок.

Полученные оригинальные результаты экспериментов по генерации диссипативных солитонов в волоконных иттербиевых лазерах, а также предложенные методы управления их характеристиками можно квалифицировать как достижение в физике оптических квантовых генераторов.

Отдельное место в диссертации автора занимает вопрос об исследовании преобразования частоты диссипативных солитонов за счет эффекта вынужденного комбинационного рассеяния в волоконных оптических световодах в лазерах с синхронизацией мод. Экспериментально получена достаточно высокая эффективность преобразования длины волны генерации диссипативных солитонов при слабом изменении их длительности полученных за счет сдвига частоты при ВКР. Продемонстрирована возможность перестройки центральной длины волны задающего генератора с согласованной перестройкой 3-х стоксовых компонент, обеспечивающих покрытие широкой спектральной области, превышающей область усиления активной среды.

Следует также отметить разработку технологии производства насыщающегося поглотителя, в виде полимерной пленки содержащей одностенные углеродные нанотрубки. Поскольку процесс изготовления образцов, а именно последовательность и продолжительность этапов производства насыщающегося поглотителя напрямую влияет на конечные свойства созданного устройства, данная технология является уникальной и представляет практический интерес. Автором продемонстрирована работоспособность созданных образцов и исследованы возможности генерации диссипативных солитонов в волоконных иттербиевых лазерах с их использованием.

Диссертация выполнена на хорошем уровне, рисунки и графический материал представлены на высоком уровне. Но в ходе чтения работы возникли следующие замечания :

1. Вызывает сомнение утверждение автора о необходимости удлинения длительности лазерного импульса для увеличения энергии импульса суперконтинуума (стр. 50). Поскольку процесс ВКР носит инерционный характер, то при удлинении импульса его эффективность возрастает, а эффективность генерации суперконтинуума падает.

2. Несколько незавершенными выглядят эксперименты по ВКР преобразованию широкополосного волоконного иттербиевого лазера с синхронизацией мод (стр. 58-64). Осталась неисследованной возможность внрезонаторной компрессии широкополосных чирпированных импульсов, что могло бы повысить практическую значимость разработанной лазерной системы.

Однако, эти замечания ни в какой мере не умаляют значимость работы.

В целом сделан существенный вклад в развитие лазерной физики, а также подходов по генерации диссипативных солитонов в волоконных иттербиевых лазерах.

Основные результаты диссертации достаточно полно изложены в 12-ти научных публикациях, из которых 6 публикаций в научных периодических изданиях удовлетворяют требованиям ВАК. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

Диссертация Федотова Ю.С. представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для теории генерации диссипативных солитонов в волоконных лазерах, работающих в режиме пассивной синхронизации мод и управления их параметрами.

Достоверность результатов диссертации не вызывает сомнений, выводы и рекомендации диссертации обоснованы. Диссертационная работа Федотова Ю.С. на тему " Исследование режимов генерации диссипативных солитонов в волоконных иттербиевых лазерах" полностью отвечает требованиям. Положения о порядке присуждения научным и научно-педагогическим работникам ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 - Лазерная физика.

«25» сентября 2014г.

Официальный оппонент,  
Ведущий научный сотрудник  
Физического института им. П.Н. Лебедева РАН,

д.ф.-м. наук

Лосев Л.Л.

Подпись Л.Л. Лосева удостоверяю.

Ученый секретарь  
Физического института им. П.Н. Лебедева РАН

д. ф.-м.наук,



Н.Г.Полухина