

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Поносовой Анастасии Александровны «Источники излучения на основе высококонцентрированных эрбиевых композитных световодов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика

Диссертационная работа А. А. Поносовой посвящена исследованию композитных световодов с сердцевиной из высококонцентрированного фосфатного стекла в кварцевой оболочке для волоконных источников излучения в спектральном диапазоне 1525 – 1565 нм.

Тематика диссертации представляется весьма актуальной, относится к направлению лазерной физики, находится на стыке волоконной оптики и лазерной физики и охватывает проблемы создания волоконных источников излучения в С-диапазоне. Анастасия Александровна описывает ретроспективу научно-технического прогресса в области волоконных источников и усилителей и отмечает, что ключевая борьба разворачивается за повышение их эффективности, отсюда появляется особый интерес к увеличению концентрации активных ионов в световодах, сокращению длины активных волокон и, как следствие, снижению нежелательных нелинейных эффектов. В качестве волоконной среды для высококонцентрированного легирования автор предлагает использовать фосфатные стекла, обоснование выбора которых по совокупности параметров звучит весьма убедительно (высокие интенсивности оптических переходов, ширина полос и квантовый выход люминесценции, лучевая стойкость, сочетание термооптических и лазерных характеристик, а также технологичности синтеза).

Использование высококонцентрированных активных волоконных сред должно облегчить создание одночастотных лазеров с высокой средней мощностью [24] и импульсных лазеров с высокой частотой повторения импульсов [25-27]. Кроме того, с точки зрения практичности в эксплуатации востребовано уменьшение габаритов волоконных источников, в особенности, эрбиевых усилителей для телекоммуникационных сетей. Окончательно в актуальности своей работы автор убеждает оппонента, когда описывает композитные волокна с фосфатной сердцевиной, где используемая кварцевая оболочка обеспечивает легкость сварки с традиционными кварцевыми волокнами, что открывает возможности использования композитных волокон в полностью волоконных схемах. В диссертационной работе впервые продемонстрированы суперлюминесцентные волоконные источники излучения на основе Er и Er/Yb композитных световодов с накачкой в оболочку, эрбиевые волоконные усилители непрерывного сигнала и импульсного излучения, а также непрерывные и импульсные волоконные лазеры.

Таким образом, работа обладает как научной новизной в области лазерной физики, так и практической значимостью для разработки современных волоконных лазерных систем.

Содержание диссертационной работы изложено на 162 страницах. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, двух приложений, благодарности, списка публикаций по теме диссертации, списка сокращений и списка использованной литературы. Диссертация включает 84 рисунка, 5 таблиц и список литературы из 200 наименований.

Основные результаты диссертации опубликованы автором в 8 статьях в рецензируемых научных журналах, 4 из которых удовлетворяют требованиям ВАК и входят в базу Web of Science. Результаты исследований, представленных в диссертации, доложены на четырнадцати конференциях, по результатам которых автором сделано 15 публикаций в сборниках трудов.

Во введении обоснована актуальность исследования, описана степень разработки темы, указаны цель и задачи диссертационной работы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены положения, выносимые на защиту, описана апробация работы, приведена информация о публикациях автора, представлен личный вклад автора, а также дана информация о структуре и объёме диссертации.

В первой главе объёмом 26 страниц приведен анализ научной литературы по тематике диссертации, сделан вывод о том, что высококонцентрированные фосфатные световоды являются одними из наиболее перспективных активных сред для целого ряда волоконных источников в С-диапазоне. Автором особо отмечено, что нерешенной остается проблема низкой технологичности полностью фосфатных световодов и трудности их сварки с кварцевыми световодами.

Во второй главе объёмом 15 страниц приведены сведения о технологии изготовления композитных световодов, выполнено исследование элементного состава и оптических свойств композитных световодов с высококонцентрированной фосфатной сердцевиной в кварцевой оболочке. Указано, что концентрация ионов редкоземельных элементов остается в таких волокнах на порядок выше, чем в традиционных кварцевых световодах, поглощение слабого сигнала на длине волны 1535 нм составило от 1,4 до 3,65 дБ/см. Также в материалах второй глав автором представлена оригинальная методика определения радиационного времени жизни ионов эрбия в световодах.

В третьей главе объёмом 28 страниц впервые исследованы параметры усиленного спонтанного излучения высококонцентрированных композитных световодов в различных конфигурациях суперлюминесцентных волоконных источников излучения. Продемонстрирована возможность получения высокой выходной мощности

суперлюминесцентных волоконных источников излучения (более 30 мВт) при коротких длинах активной среды благодаря высокой концентрации ионов редкоземельных элементов в сердцевине композитных световодов.

В четвертой главе объемом 33 страницы сообщается о создании и исследовании полностью волоконных компактных усилителей сигнала на основе композитных волокон с высококонцентрированной фосфатной сердцевиной и кварцевой оболочкой. Полученный коэффициент усиления 3.1 дБ/см в световоде, легированном 3 вес.% ионов эрбия, является самым высоким среди волокон с аналогичной конструкцией, хотя достигнутое значение ниже теоретически предсказанного (4.7 ± 0.1 дБ/см для 3 вес.%) вследствие кооперативных процессов.

В пятой главе объемом 23 страницы представлены результаты исследования непрерывной и импульсной лазерной генерации композитных световодов с накачкой как в сердцевину, так и по оболочке. На длине волны 1535 нм продемонстрирована высокая эффективность непрерывной лазерной генерации (до 38 %) благодаря использованию одномодового композитного световода, легированного 3 вес.% эрбия, и накачке в сердцевину. Приведен расчет дисперсии композитного световода, которая составила 270 ± 40 пс/нм/км. В лазере на основе эрбий-иттербиевого световода с накачкой в оболочку достигнута мощность непрерывной генерации 500 мВт при дифференциальной эффективности 11 %.

В заключении подведены итоги проведенных исследований и сформулированы основные научные результаты работы.

По содержанию диссертации у оппонента имеется ряд замечаний.

1. Автор указывает в качестве одного из преимуществ композитных световодов возможность их сварки со стандартными кварцевыми световодами с относительно малыми потерями, однако в четвертой главе отмечено, что в композитном световоде 100×100 мкм, длиной 23 см максимальное усиление было около 11,5 дБ при мощности сигнала 0,5 мВт, что автор связывает с большими потерями на сварках между композитными и кварцевыми волокнами (от 1,5 дБ до 4,0 дБ), также приведен большой разброс значений потерь при сварке одномодовых композитных световодов. Автору необходимо дать пояснения, при каких условиях потери на сварках можно свести к минимуму.

2. Автору необходимо дать комментарий на столь высокую величину дисперсии в композитном световоде (на порядок больше, чем в кварцевом стекле) полученную в пятой главе.

3. В разделе 4.3 представлена, по всей видимости, измеренная спектрограмма импульса, при этом не представлена восстановленная спектрограмма, а также разница между ними, что не позволяет сделать оценку качества измерений. Оценки пиковых значений мощности, несмотря на измерения спектрограмм, выполнены на основе энергии

и длительности импульса, без учета энергии, находящейся в так называемом пьедестале (боковых со-распространяющихся импульсах).

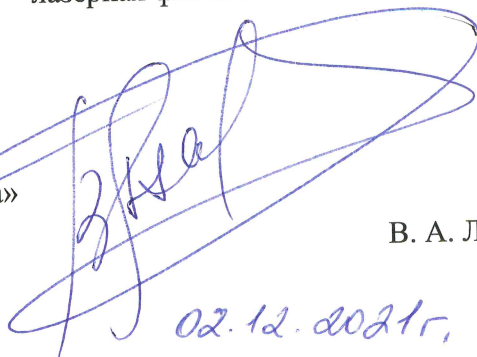
4. В силу экспериментального характера представленной работы, нацеленной на демонстрацию применений композитных световодов в схемах лазерных источников, автор не уделил внимания моделированию усиления УКИ в исследуемых световодах путём решения нелинейного уравнения Шрёдингера. В работе не произведен расчёт спектральных зависимостей дисперсии групповых скоростей, нелинейных коэффициентов, эффективной площади моды, основных характеристик, которые отвечают за распространения УКИ в световодах, однако это не снижает общей ценности работы, поскольку непосредственно лазерные источники и режимы генерации не являлись предметом диссертационного исследования.

В целом, все указанные замечания носят непринципиальный характер и не влияют на положительную оценку диссертации. Диссертация Поносовой А. А. соответствует всем требованиям положения о присуждении ученых степеней, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика.

Официальный оппонент

Начальник лаборатории стабилизированных
лазерных систем НОЦ «Фотоника и ИК-техника»
МГТУ им. Н. Э. Баумана, канд. техн. наук


В. А. Лазарев



02.12.2021г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», адрес: ул. 2-ая Бауманская, д. 5, стр. 1, г. Москва, 105005, и-мейл: vladimir.lazarev@bmstu.ru, тел.: (499)263-60-50-11.

Подпись В. А. Лазарева удостоверяю
Ученый секретарь
Ученого совета МГТУ им. Н. Э. Баумана
д-р. техн. наук, проф.



С. Л. Чернышев