

**ОТЗЫВ официального оппонента на диссертацию на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук Худякова Максима Маратовича
на тему: «Эрбиеевые волоконные усилители с повышенным порогом вынужденного
рассеяния Мандельштама-Бриллюэна»**

Излучение в спектральной области вблизи 1,55 мкм является безопасными для глаз. По этой причине волоконные лазеры и усилители, излучающие в данном спектральном диапазоне, хорошо себя зарекомендовали в области атмосферного зондирования. Для зондирования атмосферы требуются источники импульсного излучения (длительностью 50 нс – 1 мкс) большой энергии с высоким качеством пучка при малой спектральной ширине излучения. Исследованию путей увеличения пиковой мощности и энергетической эффективности таких источников излучения и посвящена работа Худякова М.М.

Главным препятствием увеличению пиковой мощности импульсных источников узкополосного излучения рассматриваемого диапазона длительностей является вынужденное рассеяние Мандельштама – Бриллюэна (ВРМБ). Для преодоления этого препятствия в работе предложено несколько способов повышения порога ВРМБ как в активных, так и в пассивных волоконных световодах. Экспериментальная реализация предложенных методов позволила достичь рекордных значений пиковой мощности спектрально-ограниченных наносекундных импульсов. Для повышения энергетической эффективности разработки автором предложен комбинированный усилитель, состоящий из отрезка эрбьевого и эрбий-иттербьевого световодов, продемонстрировавший рекордную эффективность для полностью волоконных источников спектрально ограниченных наносекундных импульсов высокой пиковой мощности.

Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, трёх глав с описанием проведённых исследований и их результатов, заключения и списка литературы.

Во введении подчёркивается актуальность тематики диссертационной работы, сформулирована цель исследования, поставлены научные задачи, описана научная новизна и практическая значимость полученных результатов, сформулированы защищаемые положения, даны сведения об апробации работы, представлена структура диссертации.

В первой главе представлен обзор литературы. На основании анализа опубликованных результатов научных исследований в нем показано, что проблема создания волоконных усилителей в спектральной области вблизи 1,55 мкм с большой пиковой мощностью и одновременно большой энергетической эффективностью оставалась нерешённой. Проведенный также в первой главе анализ методов повышения порога ВРМБ в волоконных световодах показал, что на момент начала работы над диссертацией проблема подавления ВРМБ в пассивных световодах с большим полем моды не была решена.

Во второй главе приведены результаты исследования эрбиевых волоконных световодов. Изучен способ повышения порога ВРМБ в эрбиевом усилителе, состоящем из двух отрезков эрбиевых световодов с разными матрицами: разработанной в рамках диссертационной работы фтор-германий-алюмосиликатной и существовавшей ранее алюмо-фосфоросиликатной. Рассмотрен способ повышения порога ВРМБ за счёт изменения геометрии эрбиевого световода с цилиндрической на коническую, что позволило получить рекордную пиковую мощность для спектрально-ограниченных наносекундных импульсов. Так же исследовано влияние геометрии цилиндрического эрбиевого световода с накачкой по оболочке на его эффективность и установлено, что увеличение отношения диаметра сердцевины к диаметру оболочки позволяет значительно повысить эффективность.

В третье главе проводится исследование эрбий-иттербийевых световодов. Рассмотрена новая фосфоросиликатная матрица световода с большим содержанием фтора, которая позволила создать полностью одномодовый эрбий-иттербийевый световод с высокой эффективностью. Проведён анализ причин низкой эффективности как эрбиевых, так и эрбий-иттербийевых волоконных усилителей с накачкой по оболочке для спектрально-ограниченных наносекундных импульсов. Предложена идея комбинированного эрбиевого/эрбий-иттербийевого усилителя, реализация которой позволила экспериментально продемонстрировать рекордную эффективность генерации таких импульсов с высокой пиковой мощность.

Четвёртая глава диссертации посвящена исследованию способов повышения порога ВРМБ в пассивных световодах, что необходимо для увеличения пиковой мощности устройств на основе разработанных ранее усилителей, где именно выходные пассивные компоненты (после активного световода) имеют наименьший порог ВРМБ. Диссидентом исследован новый подход к повышению порога ВРМБ, основанный на распределении акустооптического взаимодействия по большому количеству акустических мод. Дополнительно исследована возможность дальнейшего повышения порога за счёт комбинации предложенного метода с методом создания периодического градиента сдвига ВРМБ по длине световода.

В заключении приведены выводы по результатам проведённых в диссертационной работе исследований.

Достоверность полученных в диссертационной работе результатов не вызывает сомнений в силу многих обстоятельств, среди которых отмечу использование современного экспериментального оборудования, надежных апробированных методов измерений и применение современных методов обработки и анализа данных.

По теме диссертации опубликовано 10 статей, входящих в Перечень ВАК, результаты диссертации неоднократно докладывались на всероссийских и международных конференциях.

В целом диссертационная работа Худякова М.М. выполнена на высоком научном уровне, в ней получен большой объём новых и научно значимых результатов, достоверность которых не вызывает сомнений.

В качестве замечаний можно отметить следующее:

1. Целесообразно было бы представить зависимость энергетической эффективности эрбиевого волоконного усилителя от отношения диаметров сердцевины и оболочки графически, что позволило бы определить оптимальную геометрию активного волоконного световода.
 2. Также, по моему мнению, мало исследована конструкция эрбиевого световода-конуса. Представлен один результат с конкретными параметрами и не раскрыто влияние их изменения на достижимую пиковую мощность.

Отмеченные замечания не снижают общего высокого уровня диссертационной работы. Диссертант показал высокую квалификацию в области волоконных световодов и усилителей. Результаты работы хорошо известны научной общественности. Автореферат правильно и полностью отражает содержание работы, основные выводы соответствуют тексту диссертации.

Диссертация отвечает требованиям, установленным ВАК для специальности 1.3.19 – «Лазерная физика». Автореферат диссертации корректно отражает её содержание. Таким образом, соискатель Худяков Максим Маратович заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19 – «Лазерная физика»

Официальный оппонент:

Профессор кафедры Оптики, спектроскопии и физики наносистем
Физического факультета ФГБОУ ВО МГУ имени М. В. Ломоносова
доктор физико-математических наук, профессор

О.Е. Наний

Декан Физического факультета ФГБОУ ВО
МГУ имени М. В. Ломоносова
доктор физико-математических наук, про



Н.Н. Сысоев

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 01.04.21 – «Лазерная физика».

Контактные данные оппонента:

e-mail: naniy@t8.ru рабочий телефон: +7 (495) 939-5981

Место работы:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (МГУ имени М.В. Ломоносова)

119991, г. Москва, Ленинские горы, д.1 стр. 2