

ОТЗЫВ

на автореферат

диссертации Худякова Максима Маратовича «Эрбиевые волоконные усилители с повышенным порогом вынужденного рассеяния Манделъштама-Бриллюэна», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19 – «Лазерная физика».

Диссертация Худякова М.М. посвящена исследованию способов повышения пиковой и/или эффективности волоконных усилителей спектрально-ограниченных наносекундных импульсов в спектральной области вблизи 1,55 мкм.

В первой части работы описаны достигнутые в литературе результаты в данной области, и показано, что задача достижения высокой эффективности при высокой пиковой мощности не решена – увеличение пиковой мощности сопровождалось уменьшением эффективности.

Вторая часть работы посвящена исследованию конструкции волоконных усилителей для решения этой задачи, в частности были рассмотрены эрбиевые и эрбий-иттербиевые усилители с накачкой по оболочке. Экспериментально продемонстрированы ограничения этих конструкций: для эрбиевых световодов – высокая доля непоглощённой накачки на оптимальной длине, для эрбий-иттербиевых – большая мощность входного сигнала для насыщения усилителя. Предложена конструкция комбинированного эрбиевого/эрбий-иттербиевого усилителя, позволившая решить данную задачу.

В заключительной, третьей, части работы описано исследование способов повышения порога ВРМБ – основного нелинейного эффекта для данного типа импульсов – в пассивных волоконных световодах, так как именно пассивные волоконные световоды в выходных компонентах приборов на основе описанных усилителей ограничивают пиковую мощность.

В диссертационной работе получен ряд новых научных результатов: Впервые исследованы усилительные свойства эрбиевых волоконных световодов с большим диаметром поля моды (более 27 мкм для длины волны излучения 1555 нм) на основе фтор-германо-алюмо-силикатной (ФГАС) стеклянной матрицы с высоким содержанием оксида алюминия (до 3 мол.%) и низкой числовой апертурой сердцевины (~0,055). Показано, что при накачке на длине волны 976 ± 1 нм по оболочке либо при работе в длинноволновой области (~1590 нм) использование ФГАС световодов позволяет увеличить эффективность преобразования накачки в сигнал по сравнению со световодами на основе алюмо-фосфорно-силикатной (АФС) стеклянной матрицы при сопоставимых геометрических характеристиках (диаметры

сердцевины/оболочки, длина световода). Впервые продемонстрировано, что использование в волоконном усилителе с накачкой по оболочке активной среды, состоящей из двух последовательно соединенных отрезков (АФС и ФГАС) эрбиевых волоконных световодов, позволяет повысить порог ВРМБ более чем в полтора раза без снижения эффективности в сравнении с усилителем, реализованным только на одном из указанных световодов. Достигнуты рекордно высокая эффективность и пиковая мощность в эрбиевых волоконных усилителях с накачкой по оболочке. В частности, за счет создания многомодового эрбиевого волоконного световода с увеличенным до 0,76 отношением диаметра сердцевины к диаметру оболочки была получена рекордно высокая (среди эрбиевых волоконных световодов, не содержащих иттербий и накачиваемых по оболочке) эффективность преобразования излучения накачки в сигнал, превышающая 48%. Впервые исследован эрбиевый конусный волоконный световод, работающий в одномодовом режиме (параметр качества пучка $M^2 < 1,3$) при диаметре сердцевины более 53 мкм. С его помощью продемонстрирован рекордно высокий порог ВРМБ, превышающий 20 кВт для спектрально-ограниченных импульсов длительностью 55 нс. Впервые продемонстрирована возможность достижения одновременно высокой эффективности (более 23%) преобразования излучения накачки в сигнальное излучение и высокой пиковой мощности (3,7 кВт) для спектрально-ограниченных импульсов длительностью около 160 нс за счет использования комбинированного эрбиевого/эрбий-иттербиевого волоконного усилителя. Эффективность усилителя в пять раз превышает эффективность, полученную при помощи других конструкций усилителей для спектрального диапазона 1,55 мкм с такой же выходной пиковой мощностью. В пассивных волоконных световодах предложен новый метод подавления ВРМБ, основанный на создании многомодового акустического профиля путём изменения химического состава стекла по радиусу световода. Применение данного подхода позволило добиться подавления ВРМБ на 6,4 дБ для световода с увеличенной числовой апертурой сердцевины ($NA = 0,24$, $d_c = 3,2$ мкм) и на 4,8 дБ для световода с уменьшенной ($NA = 0,075$, $d_c = 20$ мкм). Показана возможность дальнейшего увеличения до 10,5 дБ порога ВРМБ в световоде с большой числовой апертурой ($NA = 0,17$, $d_c = 7,5$ мкм) за счет комбинации локального (путем создания многомодового акустического профиля) и дополнительного распределенного по длине световода (путём вариации деформации сердцевины) уширения спектра ВРМБ.

Таким образом, представленная работа представляет несомненный фундаментальный и практический интерес. Изложение материала диссертационной работы, представленное в автореферате, ясно и непротиворечиво, сопровождается исчерпывающими иллюстрациями.

Из замечаний к автореферату можно выделить некоторое несоответствие, на мой взгляд, списка «Практическая значимость работы» требуемому формату – хотелось бы видеть здесь области науки и техники, включая компании и организации, где полученные в диссертации результаты могли бы найти практическое применение. Настоящее замечание не влияет на общую положительную оценку работы.

Оценивая результаты диссертационной работы в целом, можно с уверенностью утверждать, что она выполнена на высоком профессиональном уровне. Содержание автореферата свидетельствует о том, что по актуальности, методическому уровню, новизне и перспективности полученных результатов, имеющих фундаментальное и практическое значение, работа Худякова Максима Маратовича полностью соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присвоения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19 – «Лазерная физика».

Против обработки моих персональных данных не возражаю.

Должность	старший научный сотрудник, кандидат наук
Место работы	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт имени П. Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН)
Степень	Кандидат физико-математических наук
Контактные данные:	
Адрес:	г. Москва, Ленинский проспект, 53
Тел:	+7 916 758 36 18
e-mail:	Artem.golovizin@gmail.com

Головизин Артем Алексеевич



___ . ___ . 2022 г.

Подпись Головизина Артема Алексеевича заверяю.
Ученый секретарь ФИАН,
Кандидат физико-математических наук
Колобов Андрей Владимирович

