

"УТВЕРЖДАЮ"

Директор

Федерального государственного
бюджетного учреждения науки

Федерального исследовательского центра
«Институт общей физики им. А.М. Прохорова
Российской академии наук»,

член-корреспондент РАН

С.В. Гарнов



30 ноября 2020 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Вольфа Алексея Анатольевича
«ПОТОЧЕЧНАЯ ФЕМТОСЕКУНДНАЯ ЗАПИСЬ БРЭГГОВСКИХ РЕШЕТОК
В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ВОЛОКОННЫХ СВЕТОВОДАХ», представленную
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.05 – Оптика

Диссертационная работа А.А. Вольфа посвящена исследованиям, связанным с разработкой новых технологических решений, использующихся для поточечной модификации оптических материалов импульсным излучением фемтосекундной длительности. С использованием оригинальных технологических подходов автору удалось создать высококачественные структуры волоконных брэгговских решеток (ВБР) – однородные, аподизированные, с фазовым сдвигом и др. – в волоконных световодах различных типов (одномодовые, многомодовые, многосердцевинные и др.), в том числе, через защитные полимерные покрытия. Были исследованы спектральные и поляризационные свойства изготовленных ВБР, и продемонстрированы некоторые их применения в волоконных лазерах и датчиках. Такой цельный комплексный подход автора придает выполненной им работе несомненную научную и практическую ценность.

Диссертационная работа хорошо структурирована, должным образом оформлена и проиллюстрирована. Наиболее важные результаты могут быть сформулированы следующим образом:

1. Разработан новый метод поточечной записи ВБР фемтосекундным излучением при протяжке волоконного световода через феррулу. Для улучшения качества ВБР была применена автоподстройка по видеоизображению, обеспечивающая компенсацию механического смещения световода в процессе записи решетки.
2. Предложен и реализован новый метод введения одного или нескольких фазовых сдвигов в нужных местах структуры ВБР непосредственно в процессе поточечной записи. Эффективность метода была продемонстрирована путем изготовления фазовосдвинутых решеток, исследованием их спектральных характеристик и применением для получения одночастотной лазерной генерации с шириной линии ~ 20 кГц на длине волны 1550 нм при одномодовой накачке на 976 нм.
3. Предложен и реализован новый способ записи однородных и неоднородных ВБР в каждой из сердцевин многосердцевинных световодов с прямыми и спирально-закрученными сердцевинами. Работоспособность предложенного способа была проверена при использовании 7-сердцевинного световода путем записи отдельных и пространственно распределенных массивов ВБР. Была продемонстрирована практическая значимость таких решеток как чувствительного элемента волоконного векторного датчика изгиба, имеющего точность измерения радиуса изгиба не хуже 3%.
4. Изучена возможность селектирования мод в многомодовом (ММ) волоконном световоде с помощью ВБР, созданных методом фемтосекундной поточечной записи. Использование слабоотражающей поточечной ВБР, записанной в центральной области световода Corning 62.5/125, в качестве выходного зеркала резонатора ВКР-лазера с прямой диодной накачкой позволило получить рекордное для данного типа лазера качество выходного пучка $M^2 = 1.2$ при мощности генерации 5 Вт.

Полученные автором результаты являются достоверными и согласуются с результатами аналогичных исследований в ряде отечественных и зарубежных лабораторий, докладывались на международных конференциях и опубликованы в ведущих отечественных и зарубежных журналах.

Научная значимость результатов и практическая ценность диссертации определяется значительным экспериментальным материалом, полученным при проведении исследований. Результаты, полученные в диссертации, могут быть использованы в ИОФ РАН, НЦВО РАН, ИРЭ РАН, ПАО ПНППК, ООО «Инновационное предприятие «НЦВО - Фотоника» и в других предприятиях и организациях, занимающихся разработкой и применением волоконных решеток.

По диссертации можно сделать следующие замечания:

1. В обзоре диссертации в целом грамотно описан механизм воздействия фемтосекундных лазерных импульсов при модификации оптического материала, но, видимо, из-за стремления автора к краткости, упущены важные детали. Например, автор сводит воздействие лазерных импульсов к локальному разогреву материала, тогда как температурный фактор является главным лишь при высокой частоте повторения импульсов или их большой энергии (режимы, не использовавшиеся автором). Многофотонная ионизация является не «одним из нелинейных процессов», а для практически важных случаев с длительностью импульса более 100 фс ключевым фактором, запускающим переброс электронов в зону проводимости. Запуск ударной ионизации происходит не только вследствие поглощения свободным электроном нескольких фотонов, но и в результате соударений с другими электронами. Не следует, также, отождествлять режим «мягкой» модификации (изменения) показателя преломления с оптическим пробоем, так как эта модификация происходит, как правило, при значительно меньших плотностях свободных электронов, чем критическая плотность.
2. В Главе 2 при обсуждении разрабатываемых технологий записи ВБР не приведены и не проанализированы значимые технологические зависимости, такие как изменение показателя преломления кварцевого стекла и размеров области модификации при изменении энергии и длительности импульса, геометрии фокусировки и т.д. Приведение указанных зависимостей (хотя бы для коэффициента связи ВБР), позволило бы получить более полную картину возможностей технологии и существующих ограничений.
3. Двухлучепреломление, наведенное при записи ВБР фемтосекундным излучением, является одним из факторов, ограничивающих применение таких решеток. В применении к обсуждаемой технологии поточечной записи этот вопрос требовал более подробного рассмотрения, как с научной, так и с практической точки зрения, тем более, что значительная величина индуцированного двухлучепреломления здесь сопровождается не только поляризационным расщеплением резонанса ВБР, но и поляризационной зависимостью коэффициента связи.
4. Величина индуцированных неселективных потерь, также является важным параметром, существенно влияющим на применимость ВБР, записанных фемтосекундным излучением, в лазерах и датчиках физических величин. К сожалению, автор ограничился лишь констатацией измеренной величины

неселективных потерь, избежав содержательного анализа путей уменьшения величины неселективных потерь в рассматриваемом варианте записи брэгговских решеток.

5. В Главе 4 представлены результаты записи ВБР в многомодовых градиентных волоконных световодах. Приведенные спектры пропускания записанных ВБР требуют дополнительного анализа и пояснения, так как полученная автором степень модовой селективности несколько превышает данные, приводимые в других работах, посвященных этому вопросу.

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертации, которая по научному уровню и ценности полученных результатов, числу и качеству публикаций соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор А.А. Вольф заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

Диссертация и автореферат А.А. Вольфа «Поточечная фемтосекундная запись брэгговских решеток в специализированных волоконных световодах» представлены автором и обсуждены 24 ноября 2020 г. на семинаре Научного центра волоконной оптики им. Е.М. Дианова РАН (НЦВО РАН) – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук».

Отзыв на диссертацию рассмотрен и утвержден на заседании Ученого совета НЦВО РАН: протокол № 48 от 30 ноября 2020 г.

Отзыв составили:

Заведующий лабораторией волоконной оптики
НЦВО РАН, к.ф.-м.н.



С.А. Васильев

Заведующий лабораторией спектроскопии
НЦВО РАН, к.ф.-м.н.



А.Г. Охримчук

Руководитель НЦВО РАН
д.ф.-м.н.



С.Л. Семенов

Ученый секретарь НЦВО РАН,
к.ф.-м.н.



В.М. Машинский