

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертацию Достовалова Александра Владимировича «Создание периодических структур фемтосекундным излучением внутри световодов и на поверхности металлов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика

Диссертация А.В.Достовалова посвящена моделированию, экспериментальной реализации и исследованию свойств периодических структур в кварцевых световодах и на поверхности металлов, создаваемых фемтосекундным излучением основной (~1030 нм) и второй (~515 нм) гармоники иттербиевого лазера. Данное направление исследований является актуальным в связи с тем, что фемтосекундная модификация, особенно прозрачных материалов, в последнее время активно развивается благодаря своим уникальным возможностям: использование нефоточувствительных сред, локальность воздействия и др. Поточечная фемтосекундная (фс) запись периодических структур излучением иттербиевого лазера представляет большой интерес, в том числе и потому, что данный лазер намного эффективней и компактней, чем широко используемые титан-сапфировые фс лазеры (~800 нм) и позволяет работать как с меньшей энергией кванта, так и с большей (на второй гармонике). Диссертационная работа А.В.Достовалова представляет собой комплексное теоретическое и экспериментальное исследование основных процессов при фемтосекундной модификации кварцевых световодов и металлических пленок излучением иттербиевого лазера, в результате которого создан ряд практических устройств фотоники.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка цитируемой литературы, а также списка обозначений и сокращений. Работа изложена на 120 страницах, содержит 53 рисунка и 3 таблицы. Список литературы состоит из 119 наименований.

Во введении описывается область исследований и ее состояние на момент начала работы, определяются цели и задачи, обосновываются актуальность и научная новизна работы. Приводится изложение основного содержания работы по главам и данные о публикациях по теме диссертации, в конце формулируются защищаемые положения.

Первая глава носит обзорный характер и посвящена описанию физических основ процесса фемтосекундной модификации различных материалов. Рассмотрены особенности распространения сверхкоротких импульсов в различных средах. Описаны процессы нелинейного поглощения импульса, многофотонной, туннельной и лавинной ионизации, передачи энергии от электронов решетке и соответствующие режимы модификации показателя преломления прозрачных диэлектриков. Представлена теория волоконных решеток показателя преломления и существующие методы их создания, обоснованы преимущества фемтосекундной модификации. Кроме того, описаны процессы взаимодействия фемтосекундных импульсов с металлами, основные модели формирования самоориентирующихся поверхностных периодических структур и их характеристики.

Вторая глава посвящена численному моделированию процесса поглощения энергии фемтосекундного импульса в кварцевом стекле на основной и второй гармонике иттербиевого лазера. Также исследовано влияние временной формы импульса на модификацию плавленого кварца. Результаты моделирования позволили оптимизировать режимы модификации в эксперименте.

Третья глава посвящена записи длиннопериодных волоконных решеток (ДПВР) показателя преломления в кварцевом волоконном световоде. Предложен и реализован метод записи ДПВР фс излучением с ограниченным щелью пучком, который позволяет значительно уменьшить нерезонансные потери за счет более равномерной модификации внутри сердцевинки волокна по сравнению с обычным гауссовым пучком. Проведено сравнение экспериментального и расчетного спектра ДПВР.

Четвертая глава посвящена записи волоконных брэгговских решеток показателя преломления первого и второго порядка через полиимидное защитное покрытие в световодах с чисто кварцевой сердцевиной, исследованы их спектральные характеристики и их

чувствительность к внешним воздействиям. Проведено сравнение экспериментальных спектров ВБР с расчетными. Получены изображения ВБР с помощью метода дифференциальной интерференционно-контрастной микроскопии.

Пятая глава посвящена исследованию особенностей формирования фемтосекундным излучением лазерно-индуцированных периодических структур (ЛИПС) на поверхности никеля и титана на основной и второй гармонике иттербиевого лазера.

В диссертации А.В.Достовалова получены следующие основные результаты:

- Показано, что поглощенная энергия при фиксированной величине энергии падающего фс излучения больше для второй гармоники (515 нм), а локализация лучше для основного излучения (1030 нм) из-за более высокой степени нелинейности. Поэтому вторую гармонику предпочтительно использовать в задачах, где важно достичь минимального порога модификации, а основное излучение – минимального размера структур.
- Продемонстрирована возможность записи длиннопериодных волоконных решеток в нефоточувствительных световодах фс излучением с ограниченным щелью пучком. За счет более равномерной модификации показателя преломления внутри сердцевинки волокна данный метод позволяет записать длиннопериодные волоконные решетки с нерезонансными потерями $\leq 0,2$ дБ, при этом амплитуда резонансного пика заметно выше, чем в случае записи пучком с гауссовым профилем.
- Реализована поточечная запись волоконных брэгговских решеток (ВБР) 1 и 2 порядка фс излучением иттербиевого лазера через защитное пластиковое (в т.ч. полиимидное) покрытие волоконного световода с чисто кварцевой сердцевиной. При этом экспериментальные спектры ВБР согласуются с расчетными. Показано, что такие решетки имеют увеличенную температурную стойкость (до 350 °С) и предел прочности по растяжению (в 2 раза выше по сравнению с ВБР, записанной со снятием оболочки), что дает им большие преимущества при использовании в качестве датчиков температуры и деформаций.
- Показано, что формирование периодических структур на пленках титана при острой фокусировке фс излучения происходит различным образом и с различным качеством при движении вдоль направления поляризации излучения и в поперечном направлении. При этом в первом случае образуются высокоупорядоченные термохимические решетки, а во втором - решетки имеют неоднородную структуру со слабовыраженной периодичностью и переменным знаком изменения высоты рельефа по отношению к исходному, что может быть объяснено одновременным действием абляционного и термохимического механизмов.

Научная новизна и значимость работы заключается в том, что впервые получены параметры модификации (эффективность, локализация) кварцевого стекла при поглощении фс излучения на длинах волн иттербиевого лазера (1030 и 515 нм) и определены оптимальные условия. Впервые осуществлена запись длиннопериодных волоконных решеток в нефоточувствительных световодах фс излучением с ограниченным щелью пучком, с помощью которого удалось значительно снизить величину «серых» потерь в спектре ДПВР. Впервые продемонстрирована поточечная запись ВБР в нефоточувствительных ВС без снятия полиимидного покрытия, при которой ВБР имеют высокую температурную стойкость. Обнаружено одновременное формирование абляционных и термохимических периодических поверхностных на пленках титана, зависящее от состояния поляризации фс излучения, что позволяет использовать поляризацию для управления процессом.

Содержание диссертационной работы соответствует указанной специальности, а автореферат полностью отражает ее содержание. По материалам диссертации автором опубликованы 4 статьи в ведущих профильных рецензируемых журналах, сделано большое количество докладов на российских и международных конференциях.

Таким образом, диссертация Достовалова Александра Владимировича является законченной научной работой, в которой проведено всестороннее исследование процессов фемтосекундной модификации кварцевых световодов и металлических пленок излучением иттербиевого лазера и его второй гармоники. По объему и уровню проведенных исследований, научной новизне результатов, их научной и практической значимости

диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Достовалов А. В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.

Научный руководитель -
Заведующий лабораторией волоконной оптики, заместитель директора
ИАиЭ СО РАН,
член-корреспондент РАН,
доктор физико-математических наук

Бабин С.А.

Подпись Бабина С.А. заверяю:
Ученый секретарь ИАиЭ СО РАН,
доктор технических наук



Михляев С.В.