

## ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

о диссертации Абдуллиной Софьи Рафисовны «Подавление боковых резонансов в спектре волоконных брэгговских решеток, записанных гауссовым пучком в голографических схемах», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 - оптика.

Перед диссертантом была поставлена задача – разработать технически несложные методы подавления боковых резонансов в спектре отражения волоконных брэгговских решёток (ВБР) при их записи в полном поле интерференционной картины, получаемой при пропускании гауссова пучка через фазовую маску или интерферометр Ллойда (без сканирования пучка). Актуальность данной задачи обусловлена широким использованием ВБР в качестве спектрально-селективных элементов волоконно-оптических систем, для которых отсутствие боковых резонансов является одним из основных требований. В частности, ВБР с подавленными боковыми резонансами в спектре отражения применяются в качестве зеркал волоконных лазеров, чувствительных элементов волоконных сенсорных систем, а также спектральных фильтров в системах волоконно-оптической связи со спектральным мультиплексированием каналов. Несмотря на то, что на момент начала работы были известны общие принципы подавления боковых резонансов в спектре ВБР и разработан ряд методов записи, однако большинство из них были основаны на технологически сложных сканирующих методиках. Решение поставленной задачи потребовало проведения комплексных теоретических и экспериментальных исследований спектральных свойств волоконных брэгговских решёток (ВБР) с разными профилями показателя преломления, которые можно сформировать при разных настройках голографических схем записи.

Основные результаты проведенных исследований заключаются в следующем:

1. Для реализации интерференционных схем записи ВБР гауссовым пучком были рассчитаны оптимальные схемы резонатора, на основе которых созданы источники когерентного непрерывного УФ излучения (длина волны генерации 244 нм), использующие удвоение частоты аргонового лазера в кристалле ВВО, помещенном во внешний резонатор или внутрь резонатора лазера, соответственно. В схеме внутррезонаторного удвоения частоты мощность УФ излучения достигала 1 Вт, что в 2 раза превышало мощность известных ко времени выполнения работы УФ источников, работающих на длине волны 244 нм. Увеличение мощности достигнуто за счет увеличения апертуры основного пучка в разрядной трубке. При этом длина когерентности  $\geq 3$  см является достаточной для записи ВБР голографическими методами.
2. В интерференционной схеме записи с фазовой маской впервые предложены, рассчитаны и реализованы в эксперименте два простых метода выравнивания среднего значения наведенного показателя преломления, обеспечивающих подавление боковых резонансов в коротковолновой части спектра высокоотражающих ВБР. Первый метод основан на дополнительной засветке записанной интерференционной структуры непромодулированным гауссовым пучком слева и справа от нее на расстоянии порядка радиуса записываемого пучка. Альтернативный метод обеспечивает выравнивание среднего значения наведенного показателя преломления в области записываемой ВБР за счет относительного сдвига центров интерферирующих +1 и -1 порядков фазовой маски при ее поперечном смещении в направлении от волокна. Найдена оптимальная величина сдвига. Оба метода позволяют подавить боковые резонансы до уровня  $< -20$  дБ без существенного изменения ширины основного (брэгговского) резонанса в спектре ВБР с фиксированной длиной волны, определяемой фазовой маской.
3. В работе также впервые предложен, рассчитан и реализован метод подавления боковых резонансов в спектре отражения ВБР, записываемых в области

интерференции двух частей гауссова пучка в интерферометре Ллойда, за счет смещения падающего гауссова пучка относительно оси деления интерферометра и выравнивания среднего значения показателя преломления соответственно. Найдена оптимальная величина смещения. Данный метод позволяет записывать решетки со сглаженным спектром отражения в широком диапазоне рабочих длин волн (брэгговская длина волны изменяется за счет изменения угла падения пучка) без существенного влияния процедуры сглаживания на ширину спектра ВБР.

4. В процессе исследований проведено детальное сравнение рассчитанных спектров ВБР с полученными в эксперименте, которые в целом достаточно хорошо согласуются между собой, как качественно, так и количественно (в большинстве случаев). Проанализирована роль различных физических процессов, которые могут приводить к наблюдаемым в эксперименте количественным отличиям в ряде экспериментов, в частности, нелинейной зависимости наведенного показателя преломления от дозы УФ излучения, снижения степени когерентности интерферирующих пучков на периферии интерференционной картины. Показано, что последний эффект имеет большее значение в эксперименте.

С.Р.Абдуллина справилась с поставленной задачей, выполнив программу исследований на высоком теоретическом и экспериментальном уровне. В результате проведенных исследований были рассчитаны и реализованы схемы записи, позволяющие подавить боковые резонансы в спектре ВБР без сканирования пучка, установлены основные закономерности изменения характеристик ВБР в зависимости от настройки голографических схем с использованием фазовой маски и интерферометра Ллойда, и записаны образцы высокоотражающих (до 99%) ВБР с подавленными боковыми резонансами (до уровня  $< -20$  дБ, определявшегося чувствительностью измерительной аппаратуры в эксперименте), удовлетворяющие необходимым требованиям для лазерных и сенсорных применений.

Научная новизна работы заключается в том, что лазер для записи, методы подавления боковых резонансов предложены и реализованы впервые, полученные параметры не уступают, а в ряде случаев превосходят известные ранее. Исследование носит комплексный характер, достоверность полученных результатов подтверждается детальным сравнением расчетных и экспериментальных данных и анализом основных физических процессов, влияющих на результат. А практическая ценность работы определяется возможностями применений полученных ВБР с подавленными боковыми резонансами в качестве зеркал в волоконных лазерах и датчиков температуры и деформаций в сенсорных системах. С конкретными образцами ВБР выполнен и опубликован ряд работ по их применениям другими авторами, а по разработанным методам имеется достаточно много ссылок на статьи С.Р.Абдуллиной, вошедшие в данную диссертационную работу. По материалам диссертации автором опубликована 5 статей в профильных рецензируемых журналах. Содержание диссертационной работы соответствует указанной специальности, а автореферат полностью отражает ее содержание.

Таким образом, диссертация Абдуллиной Софьи Рафисовны является законченной научной работой, в которой исследована проблема подавления боковых резонансов в спектре ВБР при записи голографическими методами. Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Абдуллина С. Р. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.

Зам. директора Института автоматизации и электрометрии СО РАН,  
чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н.,

*Подпись д.ф.-м.н. С.А.Бабина заверяю.*

 С.А.Бабин

*Ученый секретарь ИАиЭ СО РАН  
д.т.н., с.н.с.*



*С.В. Михеев*