



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИАПУ ДВО РАН

академик РАН

Кульчин Ю.Н.

« 12 » сентября 2014 года

### ОТЗЫВ

*ведущей организации на диссертацию 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».*

Диссертационная работа Абдуллиной С.Р. посвящена разработке методов подавления боковых резонансов в спектре волоконных брэгговских решеток, записанных гауссовым пучком в голографических схемах. Волоконные брэгговские решетки в настоящее время являются одним из базовых элементов в различных устройствах волоконной оптики. В частности, ВБР применяются в волоконных лазерах, сенсорных системах, а также в системах волоконно-оптической связи. Их востребованность обусловлена уникальными оптическими (узкий спектр отражения) и эксплуатационными (малые оптические потери, габариты и вес) характеристиками. Одним из основных требований к форме спектра отражения ВБР является отсутствие боковых резонансов. Существует много способов подавления боковых резонансов в спектре ВБР, однако практическая реализация большинства из них требует технологически сложных сканирующих методик, в связи с чем актуальной остается проблема разработки несложных в реализации методов записи ВБР.

Диссертационная работа Абдуллиной С.Р. вносит заметный вклад в разработку методов записи ВБР с подавленными боковыми резонансами в спектре отражения без использования сканирования (в полном поле интерференционной картины, получаемой при пропускании гауссова пучка через фазовую маску или интерферометр Ллойда). Полученные в ней оригинальные результаты представляют большой научный и практический интерес. К достоинствам диссертационной работы следует отнести комплексный подход к изучаемой проблеме, в котором уделяется внимание как расчету, так и экспериментальной реализации ВБР с подавленными боковыми резонансами в спектре отражения, в том числе созданию подходящих для записи ВБР источников УФ излучения.

К наиболее значимым результатам мирового уровня можно отнести следующие результаты диссертационной работы Абдуллиной С.Р.:

- 1) Для реализации интерференционных схем записи ВБР УФ гауссовым пучком осуществлено удвоение частоты широкоапертурного аргонового лазера (линия 488 нм) в кристалле ВВО в двух конфигурациях резонатора (удвоение во внешнем резонаторе и внутриврезонаторное удвоение). В схеме внутриврезонаторного 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 излучения составила  $\geq 3$  см, что является достаточным для записи ВБР.
- 2) В интерференционной схеме записи с фазовой маской предложен, рассчитан и реализован простой метод выравнивания среднего значения наведенного показателя преломления, обеспечивающий подавление боковых резонансов в коротковолновой части спектра высокоотражающих ВБР до уровня  $< -20$  дБ. Метод основан на пост-засветке записанной ВБР

непромодулированным гауссовым пучком справа и слева на расстоянии порядка радиуса пучка.

3) Для схемы записи с фазовой маской предложен, рассчитан и реализован альтернативный метод подавления боковых резонансов в спектре отражения ВБР, в котором выравнивание среднего значения наведенного показателя преломления в области записываемой ВБР осуществляется за счет относительного сдвига центров интерферирующих гауссовых пучков при поперечном смещении фазовой маски в направлении от волокна. Метод также позволяет получить подавление боковых резонансов до уровня  $\sim -20$  дБ. Оба метода с использованием фазовой маски позволяют записывать ВБР с подавленными боковыми резонансами без существенного изменения ширины основного (брэгговского) резонанса с фиксированной длиной волны, определяемой фазовой маской.

4) 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 интерферометра и выравнивания среднего значения наведенного показателя преломления соответственно. 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.

Основные результаты рассматриваемой диссертационной работы докладывались на всероссийских и международных конференциях, опубликованы в ведущих журналах по профилю диссертации. Их достоверность и обоснованность не вызывает сомнений.

Научная значимость результатов, полученных в диссертационной работе Абдуллиной С.Р., заключается в создании УФ лазера для записи ВБР и

разработке новых методов подавления боковых резонансов, при этом достигнутые параметры не уступают, а в некоторых случаях превосходят известные из литературы.

Практическая ценность данной диссертации состоит в разработке методов записи ВБР с подавленными боковыми резонансами в спектре отражения в голографических схемах с использованием фазовой маски и интерферометра Ллойда без сканирования. Решетки, изготовленные таким способом, использовались при создании перестраиваемого итербиевого волоконного лазера, перестраиваемого ВКР-лазера и сенсорных систем на основе ВБР-датчиков.

Результаты диссертации Абдуллиной С.Р. могут быть использованы в НЦВО РАН, ИОФ РАН, ИПФ РАН, ФИАН, ИРЭ РАН, НИИ «Полюс», ИЛФ СО РАН, НГУ, ПНИПУ, ОАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания», ООО «Инверсия-Сенсор» и других организациях, занимающихся разработкой, технологией изготовления и применения ВБР со сглаженными боковыми резонансами в спектре отражения.

Основные замечания по работе следующие:

1. Не представлено объяснение физического механизма, обуславливающего изменение брэгговской длины волны в методе записи с подвижной фазовой маской и с применением дополнительной засветки.

2. В докладе не описана физико-математическая модель, лежащая в основе используемых в работе программ для расчета спектров отражений ВБР.

3. Не исследовано возможное влияние температурной нестабильности при записи ВБР на результаты подавления боковых резонансов.

4. Не проработан вопрос о влиянии снижения пространственной когерентности интерферирующих пучков при перемещении фазовой маски на подавление боковых резонансов в схеме записи ВБР.

5. Не представлен сравнительный анализ разработанных методов подавления боковых резонансов в спектрах отражения ВБР с точки зрения их практического применения в задачах изготовления конструктивных элементов различных типов волоконных лазеров и волоконно-оптических датчиков.

Тем не менее, указанные замечания не снижают ценности полученных результатов. Диссертация Абдуллиной С.Р. написана с правильной расстановкой материала по важности полученных результатов. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Работа отвечает критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Абдуллина С.Р. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 «Оптика». Отзыв на диссертацию Абдуллиной С.Р. заслушан и обсужден на семинаре ИАПУ ДВО РАН.

Главный научный сотрудник лаборатории  
прецизионных оптических методов измерений  
ИАПУ ДВО РАН

д.ф.-м.н., профессор



Витрик О.Б.

**«ЗАВЕРЯЮ»**  
УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ ИАПУ ДВО РАН  
КАНД. ТЕХН. НАУК, ДОЦЕНТ



**С.Б.ЗМЕУ**