

Оптические волокна с отражателем брэгговского типа

Попов С.М. – с.н.с. ФИРЭ им. В.А.Котельникова РАН, e-mail: sergei@popov.eu.org

Чаморовский Ю.К. – в.н.с. ФИРЭ им. В.А.Котельникова РАН, e-mail yurichamor@gmail.com

Разработано и исследовано оптическое волокно (ОВ) с увеличенным уровнем обратного сигнала на заданной длине волны. Увеличение обратного сигнала достигается за счет записи большого количества «слабых» волоконных брэгговских решеток (ВБР) непосредственно в процессе вытяжки ОВ. Показана возможность практического применения разработанных ОВ в модернизированных системах распределенного мониторинга температуры, и механических деформаций. Показана возможность применения таких оптических волокон в случайных «gandom» волоконных лазерах.

Ключевые слова: волоконные Брэгговские решетки, волоконные датчики, случайные лазеры

Мотивация постановки работы, цель:

ОВ находят своё применение, как в области оптической связи, так и в области сенсорики (температуры, механического натяжения). В последнем случае недостатком оптических волокон является низкий коэффициент обратного отражения, который крайне важен для распределённых систем мониторинга. Обычно увеличение коэффициента обратного отражения достигается с помощью точечной записи волоконных брэгговских решеток (ВБР). Однако для задач распределённого мониторинга необходимо заполнение ВБР по всей длине ОВ, т.е. создание ОВ с распределёнными ВБР. Кроме того, ОВ с распределёнными ВБР представляют интерес при создании случайных «gandom» волоконных лазеров, не имеющих отражающих элементов, где обратная связь достигается за счёт рассеяния Рэлея. В таких волоконных лазерах для получения и управления генерации необходимы оптические волокна с повышенным коэффициентом отражения.

Методика работы:

Мы значительно упростили технологию записи ВБР в процессе вытяжки ОВ, применив стандартный способ записи решеток УФ лазером через фазовую маску. ОВ изготовлялось с записью очень больших массивов слабых ВБР (до 10000 штук в одном ОВ и эта величина может быть существенно увеличена), причем скважность расположения таких решеток и спектр отражения может изменяться параметрами режимов вытяжки и генерации эксимерного лазера [1]. Следует отметить, что в предложенном методе сохраняется возможность изменения резонансной длины волны ВБР по длине

вытягиваемого ОВ за счет изменения режимов вытяжки или параметров вытягиваемого ОВ, которые могут быть «заложены» в специальных заготовках для таких ОВ. Кроме того, такой способ позволяет записывать решетки со специальным профилем спектра отражения, например чирпированные решетки. Запись ВБР проводилась на установке для вытяжки специальных типов ОВ, разработанной в ИРЭ РАН. При этом основным отличием от стандартного набора элементов башни, являлся эксимерный лазер CL-5100 с длиной волны генерации 248 нм, установленный вблизи вытягиваемого волокна. Излучение лазера с помощью системы линз фокусировалось через фазовую маску с периодом 1070 нм непосредственно на ОВ до входа в фильеру с защитным покрытием.

Полученные результаты и выводы:

Были изготовлены образцы волокон с ВБР, записанными с различной скважностью (отношение области с нанесенными решетками к полной длине ОВ). В отдельных образцах количество решеток на 100м отрезке световода достигало 9000, а скважность достигала более 90%. Увеличение обратного сигнала по отношению к уровню рэлеевского рассеяния достигало 30 дБ и более.

Были выполнены оптические измерения полученных образцов волокон с помощью когерентного частотного рефлектометра Luna 4400. Рефлектограмма образца ВБР ОВ представлена на рис.1. Спектр отражения ОВ с ВБР представлен на рис. 2. Следует отметить, что спектр отражения ВБР спектрально селективен и, как следствие, величина обратного отражения зависит от спектра источника сигнала. Из рисунка видно, что в данном измерении максимальное увеличение обратного сигнала, обусловленное наличием ВБР, составляло около 35 дБ относительно уровня рэлеевского рассеяния.

Разработанные ОВ с массивами ВБР могут найти применения в широком круге приборов использующих распределенные волоконно-оптические датчики,

Был проведен эксперимент, где два участка исследуемого ОВ, длиной около 1 м, находящиеся на расстоянии 4м друг от друга, подвергались растягивающему напряжению 500г. Обратный сигнал регистрировался рефлектометром. Полученная рефлектограмма представлена на рис. 3. Положение провалов в рефлектограмме соответствуют участкам, к которым была приложена растягивающая нагрузка. Падение уровня сигнала в данных областях объясняется смещением спектра отражения решеток при натяжении в длинноволновую область, где спектральная плотность источника рефлектометра спадает.

Применение частотной рефлектометрии позволяет существенно увеличить пространственное разрешение и точность определения натяжения. На рис. 4 показан эксперимент - растягивающей нагрузке 950г подвергался участок ОВ длиной 1,5 м.

Кроме того, разработанные ОВ с ВБР были использованы для создания случайных Бриллюэновских волоконных лазеров [2-3]. В таких лазерах генерация достигается за счёт кооперационного эффекта между рассеянием Рэлея и Мандельштама-Бриллюэна. Применение такого ОВ позволило сократить длину резонатора с типичных 25 км (для обычного одномодового оптического волокна типа SMF-28) до 100 метров при этом получив устойчивую как импульсную, так и непрерывную генерацию (с применением динамического нелинейного фильтра). Осциллограмма работы такого лазера показана на рис. 5.

Так же были реализована схема случайного лазера высокой мощности с модуляцией добротности с применением ОВ с ВБР. Осциллограмма такого лазера показана на рис. 6. Как видно, импульсы имеют высокую однородностью и подобны друг другу.

Авторы благодарны сотрудникам ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН за изготовление экспериментальных образцов оптических волокон. Работа поддержана грантом РФФИ 14-29-08195.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отправлена в редакцию журнала «Радиотехника и Электроника» статья: О. В. Бутов, М. Ю. Вяткин, И. А. Зайцев, С.М. Попов, Ю. К. Чаморовский, «Оптическое волокно с распределенным отражателем брэгговского типа».
2. S. M. Popov, Yu. K. Chamorovsky, P. Mégret, I. O. Zolotovskii, A. A. Fotiadi «Brillouin Random Lasing in Artifice Rayleigh Fiber», ECOC 2015 Valensia, Spain 27 September - 1 October 2015.
3. Попов С.М., Фотиади А.А., Чаморовский Ю.К. «Волоконные лазеры с резонатором из оптического волокна с непрерывной брэгговской решеткой», Спецвыпуск «Фотон-экспресс» наука: Тезисы докладов Всероссийской конференции по волоконной оптике г. Пермь 7 - 9 октября 2015 г.

Abstract title: optical fibers with Bragg-type reflectors

Popov S.M., Chamorovsky Yu. K.

Developed and investigated the optical fibers with an increased level of the return signal at a given wavelength. The increase in the return signal is achieved by recording a large number of "weak" fiber Bragg gratings directly in the drawing process. The possibility of practical application of the developed optical fibers upgraded distribution system monitoring the temperature and mechanical deformation. The possibility of using such optical fibers in «random» fiber lasers has shown.

Keywords: fiber Bragg gratings, fiber sensors, random lasers

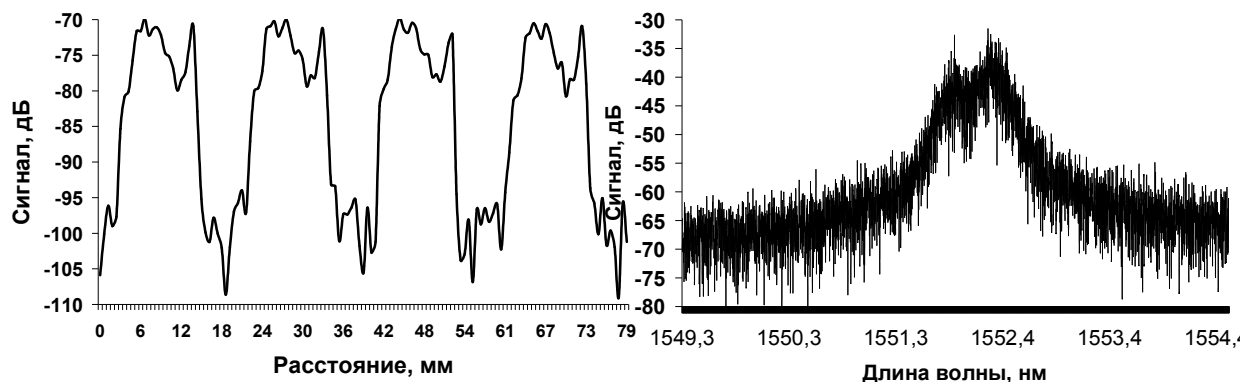


Рис. 1. Рефлектограмма рефлекторного ОВ

Рис.2. Спектр отражения рефлекторного ОВ

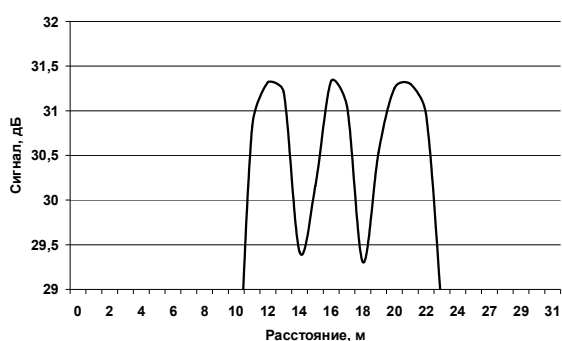


Рис.3. Рефлектограмма ОВ с решётками.

Нагрузка 5 Н прикладывалась к двум участкам световода. Рефлектометр Anritsu MW9076.

Пространственное разрешение 1 м.

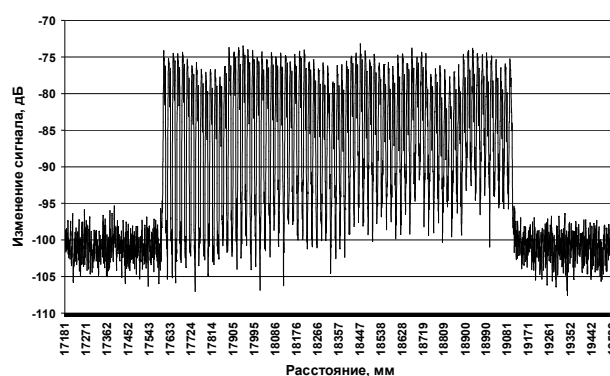


Рис. 4. Рефлектограмма полученная на

OFDR Luna 4400 Участок волокна длиной 148,6 см с растягивающей нагрузкой 9.5 Н. Разрешение 1 мм.

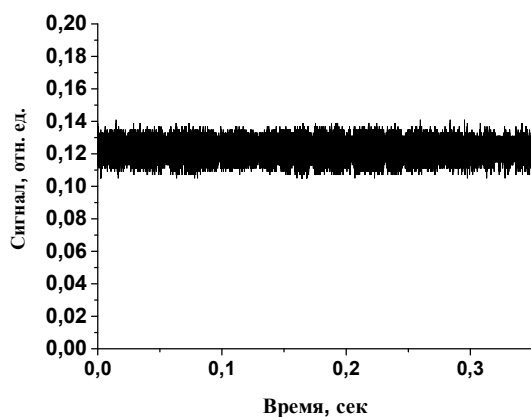


Рис. 5. Осциллограмма. работы случайного лазера с нелинейным фильтрующим элементом

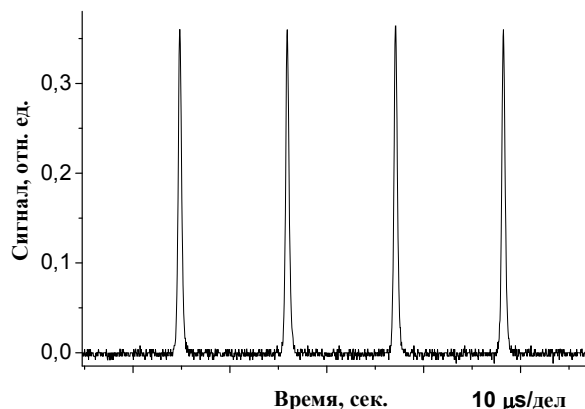


Рис.6. Осциллограмма работы лазера с модуляцией добротности.