ОПТИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА

С МАССИВОМ БРЭГГОВСКИХ РЕШЁТОК

Попов С.М.[1,*], **Бутов О. В.** [1], **Колосовский А.О.** [1], **Волошин В.В.** [1],

Воробьёв И.Л. [1], **Вяткин М.Ю.** [1], **Фотиади А.А.**[2,3] **и Чаморовский Ю.К.**[1]

[1] *Институт Радиотехники и Электроники РАН г. Фрязино, Россия*

[2] *Политехнический факультет университета г. Монс, Бельгия*

3 Ульяновский Государственный университет ул. Льва Толстого 42, г. Ульяновск, Россия

[*] *E-mail:* sergei@popov.eu.org

Оптические волокна (ОВ) в данное время, как для линий передачи связи, так и в сенсорных системах. В последнем случае для создания распределённых сенсорных систем требуются оптические волокна, которые должны отдавать обратный сигнал, значительно превышающий уровень обратного рассеяния Рэлея. Обычно для увеличения обратного сигнала применяются волоконные брэгговские решётки (ВБР). Запись таких решёток обычно выполняется точечно, шаг за шагом, когда сначала снимается покрытие ОВ, производится запись, осуществляется перепокрытие ОВ с переходом к следующему участку ОВ с повтором всей процедуры [1]. Такая процедура приводит к значительную увеличению обратного сигнала, но так же приводит к уменьшению механической прочности массива ВБР, что значительно сокращает область применения таких массивов ВБР. Кроме того, количество ВБР в таком в массиве ограничено.

Нами разработано ОВ с ВБР запись которого производится во время процесса вытяжки ОВ [2]. Формирование массива ВБР в таком ОВ выполняется с помощью УФ-лазера через фазовую маску. Количество ВБР на 100 метрах такого ОВ может достигать 10000 штук. Увеличение обратного сигнала по сравнению с уровнем рассеяния Рэлея достигает 50 дБ на λ=1550 нм. Типичны рефлектограммы ОВ с массивом ВБР полученные с помощью методики частотной рефлектометрии (OFDR) [3] представлены на рис. 1.

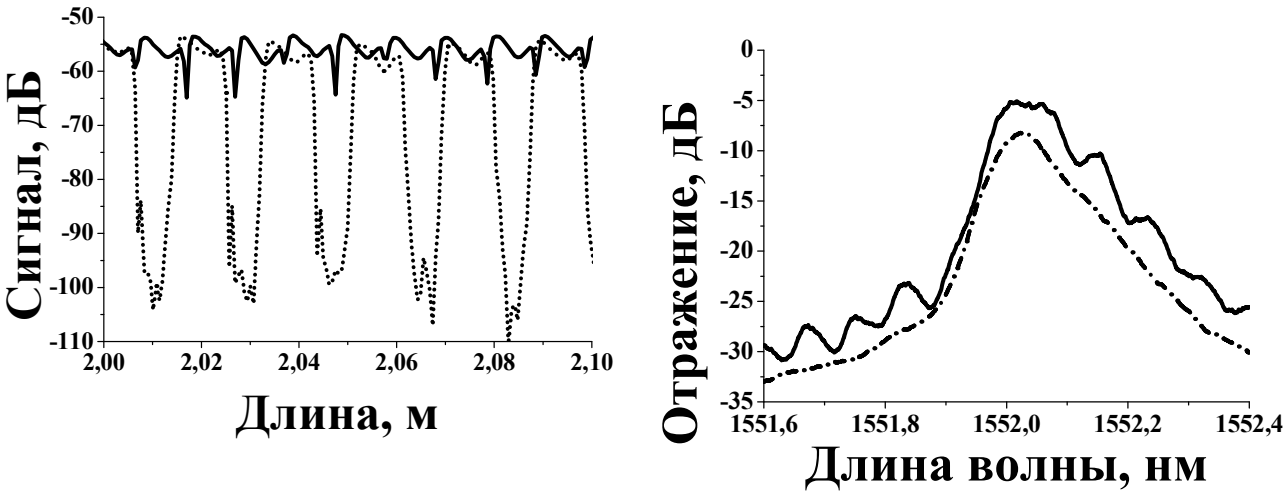

Рис. 1. OFDR рефлектограмма (а) и спектр (б) (L=100 м) массива ВБР
с различной плотностью записи: монолит – 100%, пунктир – 50%.

Рис.1 состоит из двух рефлектограмм массивов ВБР записанных с различной плотностью записи 100 и 50%. В первом случае видна практически постоянная по уровню линия, значительно превышающая уровень обратного рассеяния Рэлея (-100 dB) на 50 дБ. Во втором случае можно наблюдать меандро-подобный сигнал с двумя уровнями обратного сигнала вдоль длины ОВ. Первый уровень соответствует случаю, когда лазер включён и зондирующий сигнал отражается от ВБР. Второй уровень соответствует случаю, когда лазер выключён и зондирующий сигнал отражается лишь за счёт рассеяния Рэлея. Спектральная зависимость показывает спектр отражения для двух различных плотностей записи. Из рисунка видно, что вариация плотностью записи хороший способ управления действующим коэффициентом отражения массива ВБР. Типичная ширина спектра составляет величину 0.2-0.3 нм (по уровню 3 дБ), но может быть значительно расширена с помощью записи ВБР через чирпированную фазовую маску. Это может быть полезно для массивов ВБР для

применения в сенсорных системах работающих в широком диапазоне температур. Помимо этого, установлено, что ОВ с массивом ВБР характеризуется статистическим распределением амплитуды, которое хорошо аппроксимируется распределением Рэлея.

В качестве покрытий таких ОВ с ВБР может использоваться, как обычное акрилатное покрытием, так и покрытия из металла (алюминия) [4]. В последнем случае диапазон рабочих температур расширяется до 600^0С. Температурный коэффициент сдвига на λ=1550 нм составляет величину 0,013 нм/^{0}С, в то время как для массива ВБР с покрытием из акрилата он имеет величину 0,011 нм/^{0}С. Важно отметить, что воздействие высоких температур на массивы ВБР с покрытием из алюминия никак не влияет на их отражательную способность [4] и время жизни таких ОВ ограничено лишь их механической прочностью при заданных условиях. Кроме того, установлено, что процедура записи ВБР УФ-лазером никак не влияет время жизни массивов ВБР при высоких температурах.

Для записи массивов возможно применение заготовок как с одной световедущей сердцевиной, так и заготовок с множеством световедущих сердцевин (т.н. сборок). В это случае, при записи формируется объёмный массив отражателей заполняющих весь объём волокна. По нашему мнению, это может использоваться для создания волоконных процессоров как средство обработки информации для задач радиофотоники. Пример такого многосердцевинного ОВ представлен на рис. 2.

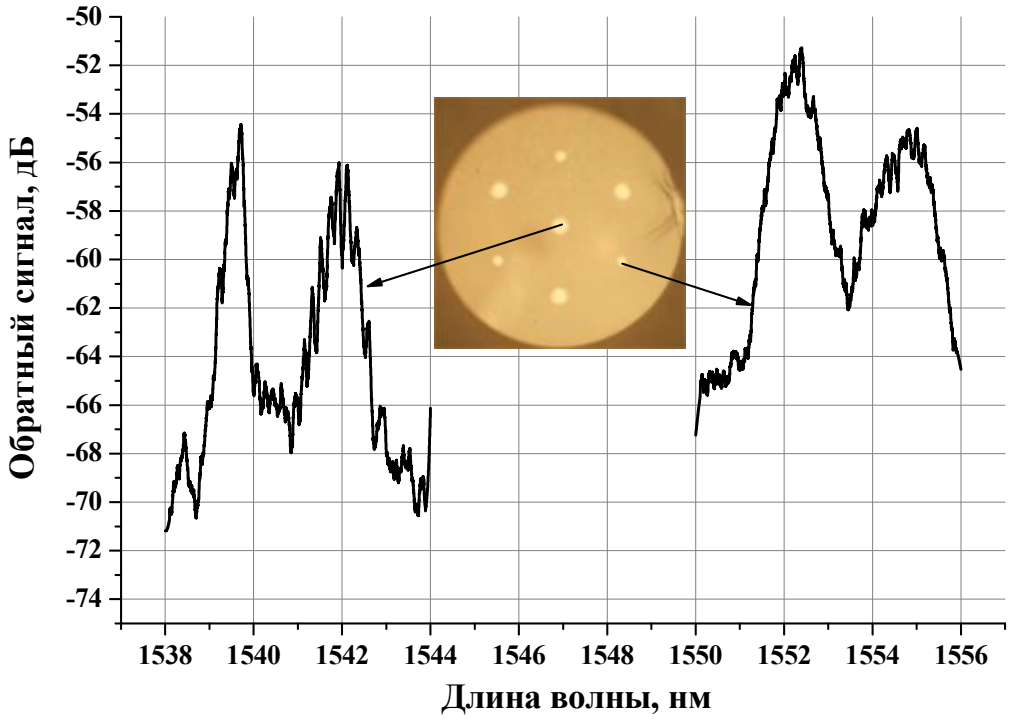

Рис 2. Спектр отражения массива ВБР многожильного ОВ с различными сердцевинами.

На рис. 2. представлено много сердцевинное ОВ со световедущими сердцевинами с разницей показателя преломления сердцевины 0.005 (центральная жила) и 0.020 (периферийная жила). Разница длин волн максимума отражения составляет величину около 14 нм.

На данный момент ОВ с массивами ВБР находят своё применение для увеличения чувствительности когерентных датчиков акустического воздействия [5], а также в качестве волоконных лазеров с распределенной обратной связью с коротким резонатором [6]. Авторы надеяться, что разработанные ОВ найдут своё применение в сенсорных системах высокого пространственного разрешения и чувствительности. Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 16-32-60109 мол_а_дк., 14-29-08195, и 16-42-732135 (р-офим), министерства образования и науки РФ (14.Z50.31.0015) и IAP program VII/35 of the Belgian Science Policy.

Литература

1. *O. V. Butov*, et al, *In-Fibre Bragg Gratings For Sensor Applications At High Temperatures in Optical Fibre Communication Conference on CD-ROM, The Optical Society of America, Washington, DC (2004)*
2. *И.А. Зайцев и др. Радиотех. Эл.* ***61****, 602-608 (2016).*
3. *B. Soller*, et al, *Opt.Exp.,* ***13****, 666-674 (2005)*
4. *Yu.K Chamorovskiy*, et al, *Opt. Fiber Tech.* ***34****, 30-35 (2017)*
5. *Кузьменков А.И. и др., «Фотон-Экспресс»* ***134****, 16-17 (2016)*
6. *S. M. Popov, et al, Brillouin Random Lasing in Artifice Rayleigh Fibre, ECOC 2015, 1–3 (2015)*