

Адресные волоконные брэгговские решетки

И.И. Нуреев¹, О.Г. Морозов¹, А.Ж. Сахабутдинов^{1,*}, Р.Ш. Мисбахов²

¹ Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ

² Казанский государственный энергетический университет

* E-mail: kazanboy@yandex.ru

DOI:10.31868/RFL2018.206-207

Приведены результаты моделирования, записи и исследования спектральных характеристик волоконных брэгговских решеток (ВБР) с двумя симметричными фазовыми π -сдвигами. Показана возможность создания на их основе точечных и квази-распределенных волоконно-оптических сенсорных сетей с малой стоимостью одного измерительного канала. При этом решетки имеют единую длину волны Брэгга, а адрес каждой из них определяется различной шириной спектрального разноса между фазовыми сдвигами. Для извлечения измерительной информации необходимо простое оптико-электронное преобразование без использования сложных спектральных или интерференционных интеррогаторов.

Одной из основных задач волоконно-оптических сенсорных сетей (ВОСС) является мультиплексирование большого количества волоконно-оптических датчиков в структуре одной сети с целью уменьшения вклада дорогого интеррогационного оборудования в ее стоимость и разработка системы, способной проводить измерения во множестве точек, расположенных, в общем случае, в произвольном порядке. Сенсорная сеть на основе ВБР по определению является квази-распределенной. Стоимость сети зависит от многих факторов, а подсистема, имеющая доминирующую стоимость, как правило, определяется практическим назначением ВОСС. В некоторых применениях, стоимость волокна может быть доминирующей, а схема мультиплексирования, которая обеспечивает высокую плотность каналов на одно волокно, имеет самую низкую совокупную стоимость. Все же, как правило, стоимость интеррогатора доминирует в большинстве систем. В докладе будут рассмотрены основные принципы построения и характеристики ВОСС с точки зрения методов мультиплексирования и типа используемых адресных датчиков, влияющих на структуру интеррогатора при работе на пропускание и отражение.

ВБР являются мощным инструментом для построения сенсоров различного назначения. Однако при объединении их в многоточечные или квази-распределенные сети возникает проблема дорогого канала измерений или сверхсложного, в основном, лабораторного построения устройств сбора информации с решеток – интеррогаторов. Интеррогаторы строятся на основе спектрометрических схем при использовании решеток с различными брэгговскими длинами волн, или интерферометрических – при одинаковой брэгговской длине волны.

Первой целью работы является теоретическое и экспериментальное исследование спектральных характеристик ВБР с двумя симметричными фазовыми π -сдвигами и их изменений под воздействием различных физических полей. Второй целью работы является анализ возможности формирования адреса для различных решеток, имеющих одинаковую брэгговскую длину волны, в виде варьируемой ширины разноса между окнами прозрачности решетки, определяемой положением фазовых сдвигов по длине ВБР. Кроме того, проведено моделирование спектральных характеристик сигналов, поступающих на вход фотоприемника для двух вариантов исполнения адресных ВБР-датчиков: в виде щупа и в виде петли.

Известно, что при подаче двух близких по длине волны (частоте) сигналов на выходе фотодетектора формируется сигнал биений, определяемый как:

$$I_{RF}(t) \sim 2A \cos[(\omega_1 - \omega_2)t + (\varphi_1 - \varphi_2)],$$

где A – амплитуда, определяемая глубиной узкополосных провалов и коэффициентом усиления фотодетектора, ω_1 и ω_2 – оптические частоты, соответствующие центральным длинам волн окон прозрачности ВБР.

Для проведения моделирования были аналитически описаны спектры ВБР-датчика, опорной ВБР-фильтра и ВБР-зеркала.

В спектре, попадающем на фотоприемник, существует несколько линий, способных сформировать сигналы биений: два узкополосных провала, пары узкополосный провал – минимумы высокого порядка. Однако стоит отметить, что для узкополосных провалов частота биений будет иметь минимальную величину из всех, соответственно подбирая требуемую полосу пропускания фотоприемника можно избежать детектирования побочных сигналов биений.

Таким образом, для извлечения измерительной информации необходимо простое оптоэлектронное преобразование без использования сложных спектральных или интерференционных интеррогаторов. Возможно использование радиопотонного двухчастотного сканирования адресных ВБР [1-5].

Пространственное разрешение для квази-распределенных систем будет определяться технологией крепления адресных ВБР датчиков и может достигать единиц миллиметров при температурных измерениях.

Отдельный интерес представляет собой точечный сдвоенный сенсор на адресных ВБР, как совмещенный датчик, скажем, температуры и давления в концевом отсеке нефтяной скважины. В сдвоенном сенсоре одна из адресных ВБР является датчиком температуры, а вторая – давления (или деформации). Применение совмещенных датчиков оправдано, поскольку на датчик давления (или деформации) помимо механических деформационных нагрузок оказывает влияние и температура окружающей среды, учет компенсации которой необходимо вести по показаниям датчика температуры.

Интересна разработка системы измерения скорости выстрела на выходе из ствола орудия, выполненных в то время, когда снаряд еще находится в проходном отверстии, с использованием поверхностно установленного сдвоенного сенсора на адресных ВБР. Возможность контролировать в полевых условиях, в реальном времени скорость снаряда на выходе для орудий среднего и большого калибра необходима для улучшения дальности прицельной стрельбы, определения состояния ствола, и возможности автоматического программирования взрывателя. В работе рассмотрены сдвоенный сенсор на адресных ВБР, как частный случай массива точечных адресных сенсоров.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки Российской Федерации в рамках соглашения о предоставлении гранта КГЭУ в форме субсидии № 14.574.21.0188 и государственного задания КНИТУ-КАИ №8.6872.2017/8.9 при финансировании АО «НПО «Каскад».

Литература

- [1] А.А. Кузнецов, В.И. Артемьев и др., *Инженерный вестник Дона*, №1 (2016)
- [2] Р.Ш. Мисбахов, Р.Ш. Мисбахов и др., *Инженерный вестник Дона*, №3 (2017)
- [3] А.Ж. Сахабутдинов, *Инженерный вестник Дона*, №2 (2018)
- [4] О.Г. Морозов, Д.И. Касимова и др., *Научно-технический вестник Поволжья*, №4 (2012)
- [5] А.Ж. Сахабутдинов, Д.Ф. Салахов и др., *Нелинейный мир*, №8 (2015)