

«Сейфуллин оқулары – 18: « Жастар және ғылым – болашаққа көзқарас» халықаралық ғылыми -практикалық конференция материалдары = Материалы международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения – 18: « Молодежь и наука – взгляд в будущее» - 2022.- Т.1, Ч.VI. – С.28-31

ДАТЧИКИ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ НАКЛОННЫХ ВОЛОКОННЫХ БРЭГГОВСКИХ РЕШЕТОК

*Зайкен С.С., магистрант 2 курса
Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, г.Нур-Султан*

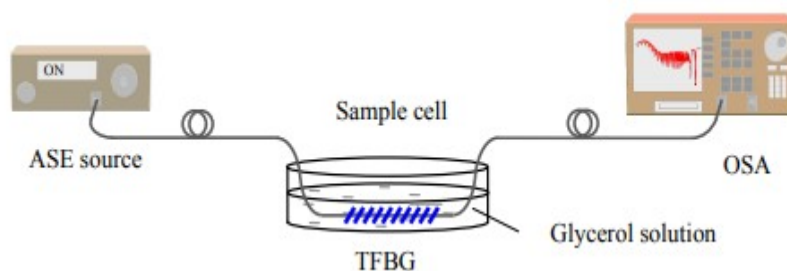
В данной статье рассматриваются датчики показателя преломления окружающей среды на основе наклонных волоконных Брэгговских решеток (НВБР). Используя преимущества новых конфигураций и покрытия из функционального материала, НВБР может использоваться в качестве мощного лабораторного компонента на волокне для различных измерений механических, электрических, магнитных, биологических, медицинских и химических параметров. В этой статье представляется краткий обзор научных работ, также обсуждаются последние достижения в различных областях применения.

Ключевые слова: наклонная волоконная Брэгговская решетка, показатель преломления, окружающая среда.

Одной из нескольких волоконных решеток, успешно используемых при разработке датчиков показателя преломления, является наклонная волоконная Брэгговская решетка (НВБР), в которой режим сердцевины с прямым распространением может быть эффективно связан с режимом сердцевины с обратным распространением и режимами оболочки, определяемыми углом наклона плоскостей решетки, связанных с осью волокна. Примечательно, что как длина волны, так и интенсивность резонансов возбужденной моды оболочки чувствительны к показателю преломления окружающей среды. Наклонные волоконные Брэгговские решетки (НВБР) широко используются в волоконно-оптических системах зондирования благодаря их многочисленным преимуществам, таким как компактность по размерам, высокая чувствительность, электрически пассивная работа и устойчивость как к электромагнитным помехам, так и к химической коррозии. Основываясь на этих достоинствах и принимая во внимание сложность и непредсказуемость жидкой среды (такой как нефть, газ, морская среда и т.д.), волоконная решетка рассматривается как важный компонент для широкого применения, связанного с измерением параметров в жидкой среде. Датчики показателя преломления на основе НВБР в последнее время привлекают большое внимание исследователей в области биочувствительности и химических измерений.

В работе [1] предложен и экспериментально исследован метод измерения параметров жидкости (включая показатель преломления или концентрацию жидкости и уровень жидкости) на основе НВБР. В соответствии со спектральными вариациями НВБР с показателем преломления представлен способ измерения процесса изменения концентрации с использованием сравнительной схемы обнаружения. В итоге, были получены вариации резонансных длин волн и нормализованная площадь, заключенная в верхнюю и нижнюю огибающие кривых режимов оболочки НВБР с концентрацией жидкости (или показателем преломления) и уровнем жидкости. Спектральные характеристики НВБР с концентрацией и уровнем жидкости качественно анализированы и сравнены. Кроме того, динамическое изменение концентрации измеряется с помощью метода сравнительного обнаружения. По сравнению со спектральным методом измерения схема, включающая сравнительное обнаружение без сложной обработки данных, имеет простую структуру и может обеспечить быстрое измерение в реальном времени. Таким образом, полностью волоконная схема обеспечивает эффективный подход к дистанционному измерению концентрации жидкости, уровня жидкости, динамического процесса изменения концентрации и других параметров жидкости и, как ожидается, будет широко применяться в таких областях, как химическая, биомедицинская, экологическая наука и так далее.

На рисунке 1 изображена экспериментальная система для измерения концентрации жидкости (или показателя преломления) и сравнение концентрации глицерина и показателя преломления для диапазона, используемого в эксперименте. Широкополосный световой сигнал от источника (ASE) поступает в НВБР (TFBG), и сигнал передачи контролируется оптическим анализатором спектра (OSA). В качестве чувствительного элемента при измерении используется 4° НВБР с длиной решетки 5 мм. Для экспериментального измерения готовят растворы глицерина с различными концентрациями.



Concentration (%)	Refractive index	Concentration (%)	Refractive index
99.00	1.47234	81.73	1.44577
96.43	1.46820	79.02	1.44164
94.82	1.46575	76.66	1.43804
93.05	1.46305	73.97	1.43393
91.60	1.46083	71.81	1.43064
89.12	1.45705	68.95	1.42627
86.62	1.45323	66.80	1.42299
83.98	1.44921	64.21	1.41904

Рисунок 1. Система измерения концентрации жидкости на основе НВБР.

В эксперименте НВБР по очереди помещают в разные растворы глицерина, и полученный спектр пропускания НВБР показан на рисунке 2. Поскольку показатель 99% глицерина немного выше, чем у волоконной оболочки, из рис. 2 видно, что интенсивность связи режимов оболочки сначала уменьшается, а затем увеличивается с уменьшением концентрации или показателя преломления. Когда концентрация глицерина составляет около 89%, режим оболочки преобразуется в режим излучения, что приводит к плавному спектру пропускания без интенсивности связи в режиме оболочки. На рисунке 3 показаны спектры пропускания TFBG для концентраций глицерина 83,98%, 79,02% и 73,97%, соответствующих индексам 1,44921, 1,44164 и 1,43393 соответственно. Хорошо видно, что длина волны Брэгга основной моды и резонансная длина волны прозрачной моды остаются постоянными, в то время как резонансные длины волн оболочечных мод смещаются в более короткую полосу частот.

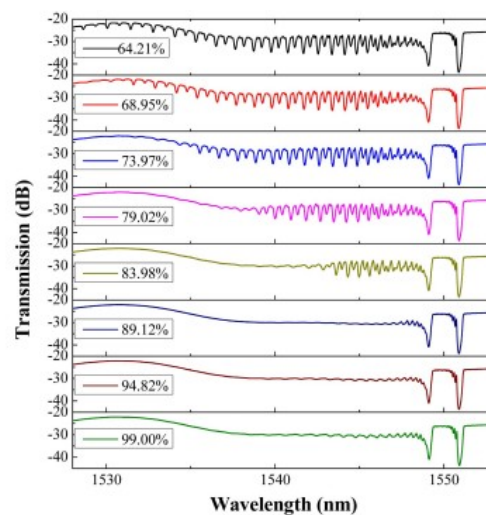


Рисунок 2. Спектры пропускания НВБР в различных концентрациях раствора глицерина.

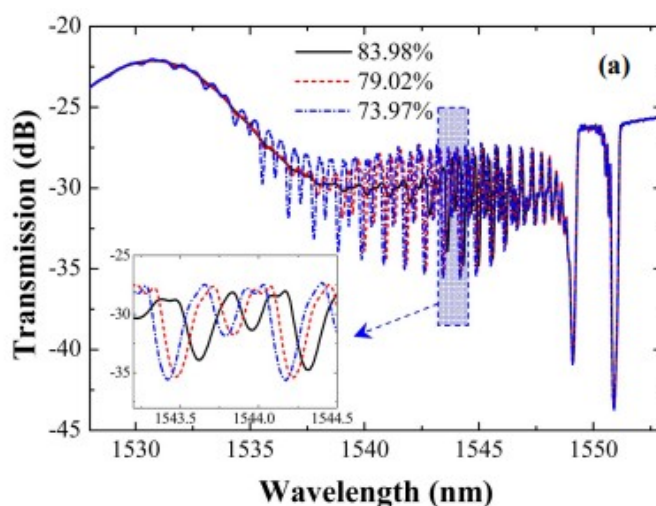


Рисунок 3. Спектры пропускания НВБР для различных концентраций раствора глицерина.

Предложена и экспериментально продемонстрирована методика измерения показателя преломления с использованием комбинации НВБР и термоусадочной ленты с увеличенной талией в работе [2]. Оба устройства могут соединять свет между режимами сердцевины и оболочки с коэффициентами связи, зависящими от показателя преломления окружающей среды. Комбинация изменяет режим работы с передачи на отражение, и измерение модулируется по интенсивности. Более того, используя другой чувствительный сегмент, успешно достигнуто измерение показателя преломления в двух диапазонах соответственно от 1,333 до 1,428 и от 1,383 до 1,453. Это повышает гибкость при использовании датчика показателя преломления в различных областях применения. Таким образом, диапазон измерений может быть расширен за счет объединения двух режимов работы в предлагаемом датчике показателя преломления. Данный датчик обладает хорошим потенциалом для мониторинга промышленных процессов, контроля качества в пищевой промышленности и химической промышленности.

Авторами работы [3] представлена новая схема одновременного измерения температуры и показателя преломления с использованием волоконной брэгговской решетки с одной структурой (СВБР). Внутренняя природа СВБР, которая обладает как волоконной Брэгговской решеткой, так и спектральными характеристиками решетки с длительным периодом, позволяет измерять температурный эффект исключительно на основе первого, в то время как информация об показателе преломления извлекается из последнего. Используя такой двухпараметрический датчик, успешно продемонстрировано измерение зависимости показателя преломления водного раствора сахарозы от температуры. Преимущества простого изготовления, легкого опроса и, что более важно, присущей структурам СВБР привязки к температуре открывают перспективу разработки практических датчиков для применения в химико-биохимических измерениях с температурной компенсацией.

Простой и точный метод измерения показателя преломления прозрачных жидкостей играет решающую роль при разработке оптических приборов, также в химических работах. Он используется в различных областях применения, таких как мониторинг загрязнения окружающей среды, исследование тканей млекопитающих, полимеры, а также для определения концентрации органических веществ. Таким образом, анализ научных работ подтверждает, что несмотря на проделанную значительную работу, проектирование и изготовление датчика показателя преломления по-прежнему остается одной из наиболее активных областей исследований.

Список использованной литературы

1. Jiang B. et al. Applications of tilted fiber Bragg grating in liquid parameters measurement //Optical Measurement Systems for Industrial Inspection VIII. – SPIE, 2013. – Т. 8788. – С. 285-292.
2. Liu X. et al. Refractive index sensor based on combination of tilted fiber Bragg grating and waist-enlarged fusion bitaper //Optics Communications. – 2015. – Т. 356. – С. 571-573.
3. Shu X. et al. Sampled fiber Bragg grating for simultaneous refractive-index and temperature measurement //Optics letters. – 2001. – Т. 26. – №. 11. – С. 774-776.