

Высокоскоростной интеррогатор с использованием фотонно-интегральных схем для опроса волоконных датчиков на основе торцевого интерферометра Фабри-Перо

М.П. Гаськов*, В.А. Симонов, В.С. Терентьев, И.А. Лобач

Институт автоматики и электрометрии СО РАН

**E-mail: gaskov@iae.nsk.su*

DOI:10.31868/RFL.2024.94-95

Волоконно-оптические датчики (ВОД) получили широкое распространение благодаря ряду преимуществ перед другими аналогами. В частности, основа ВОД – оптическое волокно – не связано с электричеством, а значит ВОД являются помехоустойчивыми и пожаробезопасными. Классическим ВОД является волоконная брэгговская решетка (ВБР) [1], узкополосный ($< \sim 1$ нм) оптический спектр отражения которой зависит от внешних воздействий, таких как температура или деформация. Однако для ряда задач не достаточно чувствительности ВБР к некоторым видам воздействий и требуется реализация альтернативных реализация ВОД. Например, можно построить на принципах интерферометрии (Фабри-Перо, Маха-Цандера, Саньяка и т.д.) в оптическом волокне. ВОД на основе интерферометра Фабри-Перо (ИФП) являются наиболее распространенной реализацией датчиков давления или вибраций. ИФП построенный на основе двух рядом расположенных ВБР могут выступать в качестве датчиков вибраций [2]. Для возможности измерения давления с помощью ВОД с ИФП на торец волокна добавляют упругую отражающую мембрану. В этом случае зеркалами ИФП является торец волокна и поверхность мембраны. Внешнее давление изменяет положение мембраны, а значит и базу ИФП, что проявляется в оптических характеристиках ВОД – периодической модуляции коэффициента отражения. Для восстановления величины давления необходимо измерять изменение положения модуляции. Однако стоит отметить, что в отличие от ВБР ВОД на основе ИФП обладают широкополосным оптическим спектром отражения (~ 100 нм и более).

Для измерения оптических свойств любых ВОД требуется интеррогатор – устройство для формирования зондирующего излучения и анализа его характеристик после его взаимодействия с ВОД. Наиболее универсальным решением для задачи анализа ВОД является интеррогатор на основе перестраиваемого по длине волны лазера. Такие устройства позволяют опрашивать практически все виды ВОД (ВБР, ИФП и т.д.) с высокой точностью (1 пм) для большого количества ВОД в одном оптическом канале. Однако перестраиваемый лазер является достаточно сложным и дорогим устройством. По этой причине разрабатывают более простые виды интеррогаторов, специализирующиеся для опроса определенных видов ВОД, но сохраняющие высокие технические характеристики.

Настоящая работа посвящена разработке и изучению интеррогатора для опроса ВОД на основе ИФП. Ключевым элементом интеррогатора является спектрально-селективный элемент - многоканальная упорядоченная волноводная решетка (УВР) с шириной канала 0,55 нм и расстоянием между каналами 0,75 нм. В работе был использован ИФП с периодом модуляции 4,8 нм и коэффициентом отражения 10%. Для имитации внешнего давления база интерферометра

изменялась с помощью пьезокерамики с частотой до 1 кГц. Излучение широкополосного источника, отражаясь от ИФП, попадает на УВР, где происходит разделение на множество (до 32) спектральных каналов. Одновременный анализ интенсивности в каждом спектральном канале позволяет определить смещение интерференционной модуляции в спектре отражения ИФП. Другими словами, широкий спектр ИФП дискретизируется каналами УВР. Несложно понять, что чем больше каналов дискретизации, тем точнее будет определено изменение спектра. В данной работы мы использовали четыре соседних канала УВР, что ограничивалось количеством доступных фотоприемников на выходе УВР. Стоит отметить, что одновременное (а не последовательное как в случае лазерного интеррогатора) измерение характеристик в различных спектральных каналах позволяет анализировать параметры ИФП с высокой скоростью. Далее анализировалась работа схемы при быстром изменении параметров ИФП. Сигналы на всех четырех фотоприемниках для ВОД на основе ИФП при сканировании его базы с помощью пилообразного сигнала с частотой 100 Гц представлены на Рис.1а. Значения этих фототоков позволяют демодулировать длину волны ИФП (которая связана с его базой). Результат демодуляции представлен на Рис.1б. Сравнение демодулированной длины волны с измеренной с помощью лабораторного анализатора оптических спектров показано точность демодуляции 2,5% от диапазона измерения.

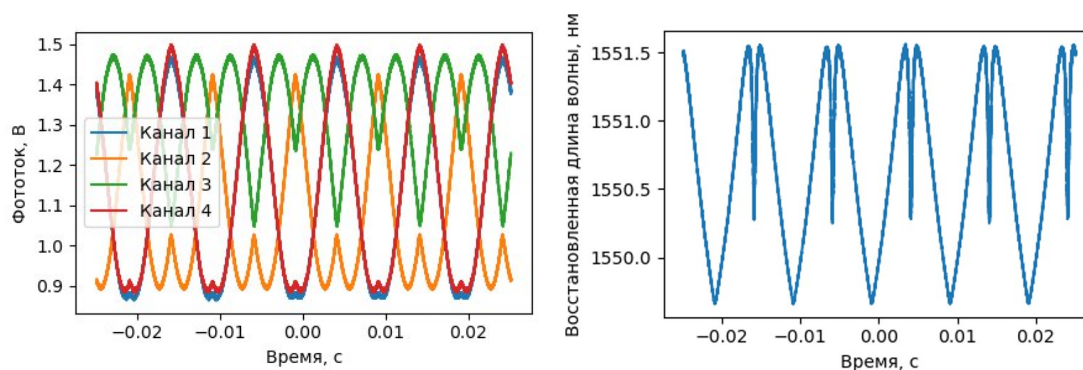


Рис. 1. Динамика фототоков на интеррогаторе (а) и восстановленные длина волны (б) при сканировании ИФП с частотой 100 Гц.

Более подробное описание схема, принципа ее работы и демодуляции длины волны будет представлено в докладе.

Работа выполнена в рамках государственного задания, № рег. 1021062912374-2-1.3.6.

Литература

- [1] Chen J., Liu B., Zhang H, *Front. Optoelectron. China* 4, (204–212, 2011).
- [2] A. Wolf, V. Simonov, et al, *OSA Advanced Photonics Congress (AP)* (2020).