

Волоконно-оптические датчики. Три десятилетия развития (Ю.Н.Кульчин. «Распределенные волоконно-оптические измерительные системы» (М.: Физматлит, 2001))

А.С.Семёнов

В обширном списке применений волоконно-оптических световодов особое и важное место занимает их использование в качестве чувствительных датчиков физических величин. За более чем три десятилетия существования волоконно-оптические датчики прошли несколько ступеней развития – от простейших «точечных» датчиков амплитудного типа до распределенных измерительных сетей, способных регистрировать пространственное распределение исследуемых величин с использованием неросетевых технологий обработки массивных данных. И если точечные и распределенные волоконно-оптические датчики разных типов достаточно полно описаны в многочисленных обзорных статьях и книгах, то распределенные волоконно-оптические сети являются в настоящее время объектом интенсивных исследований, значительный вклад в которые внесли Ю.Н.Кульчин с коллегами. Это свидетельствует об актуальности появления настоящей монографии.

Структура книги вполне традиционна. Вначале сжато излагаются основы теории много- и маломодовых ступенчатых и градиентных волоконных световодов, волокон с сохранением поляризации, а также описываются такие компоненты датчиков, как оптический изолятор, контроллер поляризации, ответвитель мощности. Далее излагаются методы импульсно-временной рефлектометрии применительно к протяженным измерительным световодным линиям с амплитудной модуляцией сигналов.

Устройству и принципу работы распределенных волоконных поляризационных датчиков посвящена гл. 3. Рассмотрены датчики с импульсно-временным мультиплексированием, а также датчики, в которых используются модуляция частоты излучения и когерентное мультиплексирование. Большое внимание автор уделил обладающим наибольшей чувствительностью распределенным интерференционным датчикам на основе одномодовых волоконных интерферометров Маха – Цендера, Майкельсона, Фабри – Перо и Саньяка, а также одноволоконному многомодовому интерферометру. В последнем для получения информации используется обработка спекл-картин направляемых мод. Датчики на основе одноволоконного интерферометра уступают по чувствительности (на 10–20 дБ) двухплечевым интерферометрическим датчикам, но имеют перед ними ряд конструктивных и эксплуатационных преимуществ.

Внутриволоконные брэгговские решетки являются одними из важнейших элементов устройств волоконной

связи и волоконных лазеров. Их применение в волоконных датчиках (гл. 6) позволило обеспечить высокую чувствительность и технологичность приборов. При объединении волоконных брэгговских датчиков в протяженные измерительные линии применяются схемы спектрального мульти/демультиплексирования.

В гл. 7 описаны распределенные волоконные датчики, использующие комбинационное и мандельштам-бриллюэновское рассеяния. Эти нелинейно-оптические эффекты (наряду с четырехволновым смешением) в последние годы стали играть важную роль в волоконной оптике. Краткий обзор шумов волоконно-оптических измерительных систем дан в гл. 8.

Интересные примеры использования распределенных волоконных измерительных систем для контроля состояния технических и природных объектов (изделий из композитных материалов, оснований дамб и мостов, аэрокосмических конструкций, стенок шахт и т. д.) приведены в гл. 9. Эти примеры не только демонстрируют несомненные преимущества волоконных систем перед своими электронными аналогами, но и показывают некоторые «узкие» места волоконных элементов.

Последние две главы (10-я и 11-я) посвящены распределенным волоконно-оптическим измерительным сетям томографического типа и методам обработки их сигналов. Эти сети могут успешно использоваться для исследования распределений как скалярных, так и векторных физических величин. Поскольку носителями информации в волоконных сетях являются фотоны, то обработку больших массивов информации следует проводить с использованием оптических нейронных сетей. Отмечено, что наиболее перспективными из них являются нейронные сети типа многослойного перцептрона, использующие голографические матрицы связей.

В целом читатели получили хорошо написанную и иллюстрированную монографию, не страдающую излишней детализацией рассматриваемых схем и процессов. Автор не пытается поведать всё о всех волоконных датчиках, и потому книга достаточно компактна. Впечатление несколько портят встречающиеся опечатки в тексте, рисунках и списке литературы, иногда автор грешит обильным использованием аббревиатур. Тем не менее это безусловно интересная и полезная книга, и её публикацию следует только приветствовать.