



OZ Optics

shop.ozoptics.com
www.ozoptics.com

219 Westbrook Road
Ottawa, ON, Canada, K0A 1L0

Toll-free: 1-800-361-5415
Telephone: 1-613-831-0981
Fax: 1-613-836-5089
sales@ozoptics.com

Волоконно-оптические датчики Распределения Деформации и Температуры (DSTS)

BOTDA Модуль

Для получения более подробной информации о нашей системе датчиков по мониторингу деформации и температуры и сопутствующей продукции, пожалуйста, посетите www.ozoptics.com

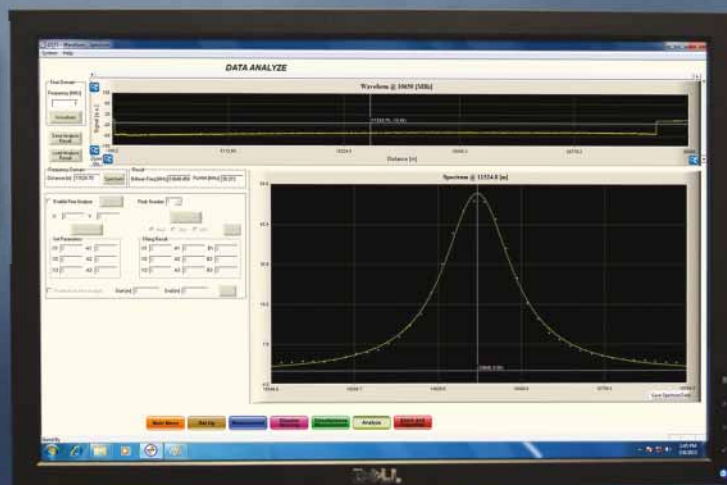


Фото: показан
Компьютер с
2U + 1U шасси

Особенности

- Использует стандартное телекоммуникационное одномодовое волокно
- Измерение деформации и температуры в режиме реального времени
- Высокая точность измерения температуры и деформации, малое пространственное разрешение
- DLL для системного интегратора

Первичные характеристики

- Минимум 0.1 м пространственное разрешение
- Максимум 100 км диапазон зондирования макс. 160 км длина волокна

Описание

OZ Optics' Foresight™ семейство бриллиантовых волоконно-оптических датчиков распределения деформации и температуры. Распределенное зондирование использует прямой метод измерения изменений деформации и температуры по всей длине оптического волокна. Используя сенсорное волокно, которое включает в себя стандартное телекоммуникационное одномодовое волокно, пользователи могут определить, когда и где деформация или температура объекта изменилась и исправить потенциальные проблемы прежде, чем он выйдет из строя. Уникальной особенностью нашей системы Foresight™ DSTS является его способность измерять температуру и напряжение, одновременно и независимо друг от друга, что позволяет определять области индуцированного напряжения/деформации от воздействия температуры.

Использование в нефте-газовой промышленности



Мониторинг трубопроводов

- мониторинг утечек трубопроводов
- До 100 км диапазон для каждого канала
- Высокое пространственное разрешение поддерживает локализованное измерение с большой дальностью зондирования
- Краткое время накопления/отклика



Мониторинг нефте-газовых скважин

- Управление целостностью скважин
- Температура, деформация и контроль давления при надлежущей чувствительности кабеля и установки
- Не чувствителен к водороду, который может изменить затухание волокна



НПЗ Эффективность зондирования

- Повышение эффективности работы нефтеперерабатывающего завода при распределении температурного профиля
- Сокращение простоев, обеспечивая при этом необходимый уровень безопасности
- Использует низкую стоимость телекоммуникационного одномодового оптоволоконного кабеля

Применение в гражданском строительстве



Мониторинг плотин

- Мониторинг внутренней температуры плотин
- Мониторинг трещин/осадка/деформации/просачивания
- До 100 км диапазон для каждого канала



Мониторинг Состояния строений (SHM)

- Мониторинг состояния
- Мониторинг деформации и трещин
- До 100 км диапазон для каждого канала
- Высокое пространственное разрешение поддерживает локализованное измерение с большой дальностью зондирования

Применение в гражданском строительстве - продолжение



Мониторинг Геориска

- Оползень, оседание, деформация дамб/ мониторинг состояния земли/ шоссе
- Можно отслеживать тенденции движения в земле
- До 100 км диапазон для каждого канала



Мониторинг Безопасности Шоссе

- Мониторинг внутренней температуры/ деформации при правильной установке и чувствительности кабеля
- Мониторинг оседания шоссе
- Распределение данных температуры/ деформации по длине волокна до 100 км

Возможности применения с кабелем



Мониторинг линии электропередач

- Удары молнии, обледенение и обрыв проводов могут быть обнаружены
- До 100 км диапазон каждого канала
- Никаких дополнительных компонентов не требуется по линии электропередач
- Простота развертывания



Мониторинг подводного кабеля

- Постоянное качество / мониторинг состояния на протяжении всего срока службы кабеля
- Никаких дополнительных компонентов, необходимых по всему маршруту



Проверка качества опто-волокна

- Более чувствительный к деформации, чем OTDR
- Высокий уровень контроля качества, основан на высоком уровне технологии
- Может контролировать качество питания кабеля/ OPGW модулем с оптическим волокном

Применение в криостатах, при пожарах, для безопасности границ



Безопасность границ

- Быстрое, динамическое измерение
- Высокая точность нахождения места события
- Может работать совместно с системой видеонаблюдения



Криостат, измерения температуры

- Возможность измерения температуры от 25 K
- Может использовать телекоммуникационное одномодовое волокно по низкой цене
- До 100 км диапазон каждого канала
- Высокое пространственное разрешение с хорошим разрешением температуры /точность



Обнаружение пожара в зданиях

- Быстрое, динамичное, и точное измерение температуры
- До 100 км диапазон каждого канала
- Возможно использование обычного опто-волокна

Спецификации

Параметр		Описание		
Показатели	Пространственное разрешение	От 1 м до 50 м	От 0.5 м до 50 м	От 0.1 м до 50 м
	Динамический диапазон	30 дБ	30 дБ	25 дБ
	Количество каналов	От 2 до 25 ¹		
	Конфигурация датчика	Петлевая		
	Максимальная длина волокна	160 км		
	Диапазон зондирования	100 км		
	Точность пространственного разрешения	Минимальный 5 см		
	Пространственный шаг	Минимальный 5 см		
	Температурный диапазон	-270°C до +1000°C (зависит от типа кабеля)		
	Диапазон при деформации	-3% (сжатие) to +4% (удлинение) (зависит от типа кабеля)		
	Разрешение температуры	0.005°C ²		
	Точность температуры (2σ)	± 0.1°C (на всем диапазоне для BOTDA)		
	Разрешение при деформации	0.1 με ²		
	Точность при деформации (2σ)	± 2 με (на всем диапазоне для BOTDA)		
	Время накопления (полное сканирование)	Минимально 1 секунда		
	Усреднение	1 до 60,000 сканирований		
	Обнаружение неисправности	Время накопления	1 секунда на тысячу сканирований	
		Радиус действия туда и обратно	100 км	
	Одновременное измерение деформации и температуры (с использованием запатентованной конструкции кабеля)	Разрешение температуры	0.005°C ²	
Точность температуры (2σ)		± 0.1°C (на всем диапазоне для BOTDA)		
Разрешение деформации		0.1 με ²		
Точность при деформации (2σ)		± 2 με (на всем диапазоне для BOTDA)		
Диапазон зондирования	50 км			
Переменные измерения	Деформация, температура, спектр Бриллюэна			
Основные	Связь и соединения	Вход для Интернета, ЮСБ		
	Исходящие сигналы	Аварийный сигнал прогр.обеспечения через TCP/IP, SPST, SSR relays (Необязательно)		
	Хранение данных	Внутренний жесткий диск (128 ГБ и более)		
	Формат данных	База данных, текстовые файлы, MS Excel, битмап		
	Оптическое соединение	FC/APC or E2000/APC ³		
	Длина волны лазера	1550 нм		
	Рабочий диапазон температур	0°C до 40°C, <85% RH, Без конденсации		
	Энергопотребление	115 или 230 VAC; 50–60Hz; max 300W		
	Размеры (Д x Ш x В)	2U Шасси	390 x 344 x 85 мм (не включая компьютер) ⁴	
		3U Шасси	390 x 344 x 133 мм (не включая компьютер) ⁴	
Вес	2U Шасси	<8 кг (не включая компьютер)		
	3U Шасси	<12 кг (не включая компьютер)		
Особенности	Режимы измерений	Ручное, дистанционное или автоматическое измерения без присмотра		
	Анализ данных	Анализ измерений, аппроксимация, графическое увеличение изображения		
	Сигнал тревоги и оповещения	Автоматическое срабатывание сигнализации, настраиваемые параметры		
	Удаленное управление	Удаленный доступ, настройка и обслуживание через TCP/IP		
	Режим работы	Длительное использование- 24/7 гарантировано автоматическим восстановлением и самодиагностикой		

¹ 2 или 4 канала предусмотрены внутри блока датчика. Дополнительные каналы могут быть добавлены с помощью внешнего оптического переключателя.

² Эта величина оценивается / рассчитывается из неопределенности частоты лазера (5 кГц), и температуры и коэффициента деформации волокон.

³ Переходники и патч-корды доступны для соединения с другими типами оптических соединителей.

⁴ Размеры не включают в себя ручку для переноски. Вентиляционные отверстия на сторонах блока не должны быть закрыты.

Сопутствующая продукция

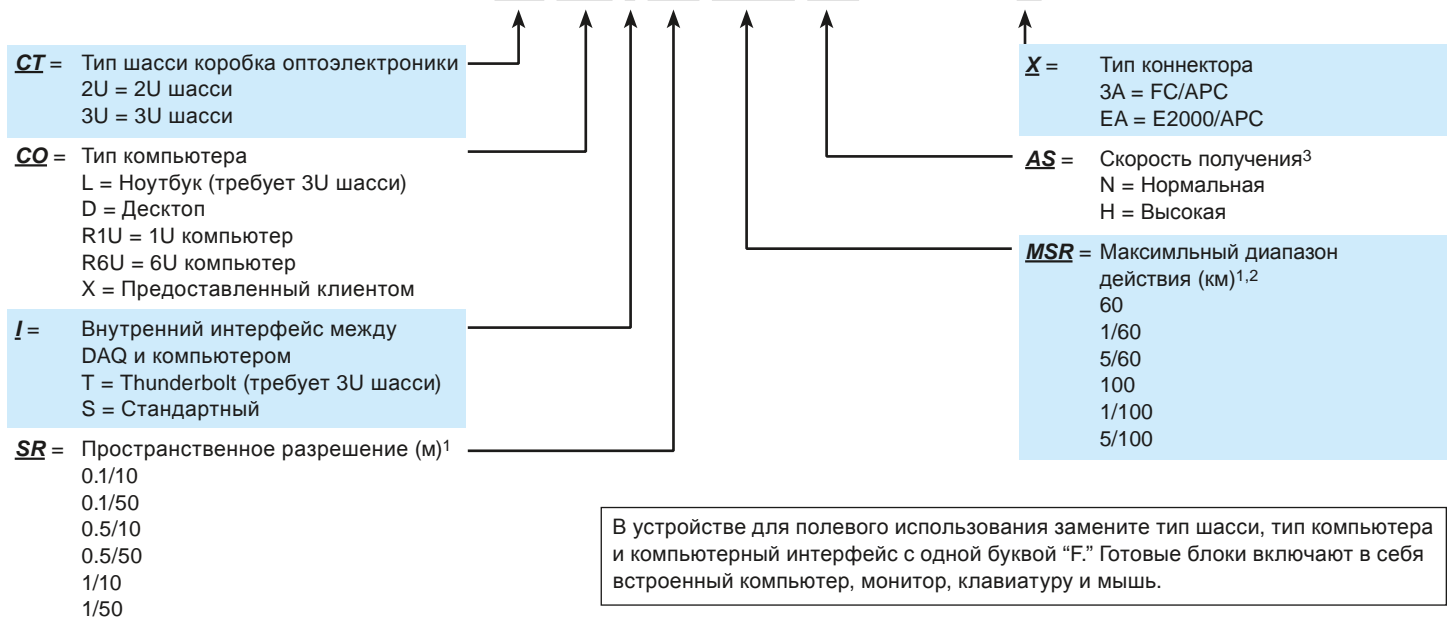
Волоконно-оптические датчики, компоненты, наборы для сборки и обучающий материал

OZ Optics предлагает полный спектр волоконно-оптических датчиков, компонентов, комплектов для оконцовки и материалы для обучения. Стандартная волоконно-оптическая продукция OZ Optics используется во всем мире в сенсорных и телекоммуникационных отраслях с 1985 года. OZ Optics также предлагает специальные волоконно-оптические датчики и кабели для применения при высоких температурах и в других экстремальных и агрессивных средах (коррозия). Системные интеграторы с опытом работы в мониторинге строений и трубопроводов знают, что OZ Optics предлагает полный набор услуг для установки и обслуживания волоконно-оптических систем. Если вы планируете проект по мониторингу трубопровода или строения, пожалуйста свяжитесь с OZ Optics, чтобы узнать больше о наших волоконно-оптических решениях.

Для получения более подробной информации о наших системах датчиков деформации и температуры и связанных с ними компонентах, пожалуйста, посетите www.ozoptics.com.

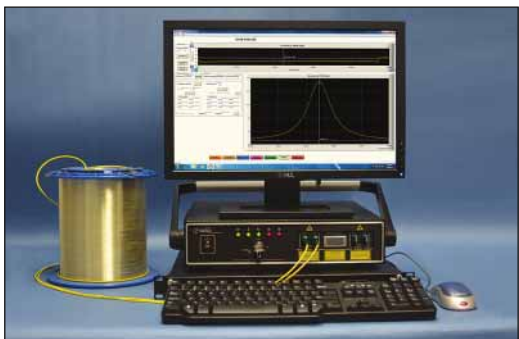
Как заказывать

Описание катал. номера: **DSTS-CT CO I-SR-MSR-AS-BOTDA-X**



Примечание:

1. Каждый модуль DSTS может быть сконфигурирован для работы на короткую протяженность, длинную, и эксплуатацию обоих. Конфигурация должна быть указана на момент покупки. Пространственное разрешение указывает на лучшее разрешение при максимальном диапазоне зондирования. Если DSTS сконфигурирован для измерений как ближне-магистральных так и дальне-магистральных, то будут две цифры с указанием разрешения и максимальное расстояние срабатывания для каждого режима работы. Например, предположим, что блок DSTS должен достичь разрешения 0.1 метра на диапазоне 1 км для ближне-магистрального применения, и 50 метров разрешение на диапазоне 100 км для дальне-магистрального применения. Номер модуля будет указывать пространственное разрешение (SR) в качестве 0.1/50, и максимальный диапазон действия (MSR), как 1/100. SR и MSR параметры относятся только к модулю BOTDA.
2. Максимальный диапазон зондирования составляет 60 км или 100 км для эксплуатации дальне-магистральных. С другой стороны, если выбрано пространственное разрешение 0,1 м, максимальное расстояние срабатывания 1 км отображается для этой резолуции. Максимальный диапазон зондирования описывается как 60, 1/60, 5/60, 100, 1/100 или 5/100.
3. Скорость сбора данных может быть как нормальной так и высокой. N и H используются соответственно. Высокоскоростная версия, как правило, по меньшей мере, в два раза быстрее, чем версия с нормальной скоростью во время сбора данных.



2U модель с 1U компьютером

Версии 2U и 3U этих DSTS оснащены съемными рукоятками, которые могут быть заменены пользователем с помощью вкладок, которые позволяют устройству быть установленным в стандартной 19-дюймовой стойке. Монитор, клавиатура и мышь не включены.



Модель для полевого использования

Модель для полевого использования не является обязательной для наших клиентов. Пожалуйста, свяжитесь с OZ Optics для получения подробной информации.

Дополнительные аксессуары

Бар Код	Номер Детали	Описание
48298	DSTS-TRAVEL-CASE-1U/3U	Дополнительный алюминиевый футляр для переноски DSTS. Включает в себя колеса и рукоятку. Предназначен для провоза на самолете. Примерные размеры: 23,75 (В) x 22,5 (Ш) x 15 (Г). {60,3 см x 57,2 см x 38,1 см}.
48979	CI-1100-A2	Комплект с ручным видео микроскопом для инспекции волоконно-оптических коннекторов. Комплект включает в себя 3,5 "TFT LCD-дисплей с видео-зондом. Адаптер питания переменного тока с зарядным устройством и аккумулятором. Она также включает в себя один SC/FC PC "female" разъем, один LC/PC "female" разъем, один универсальный 2,5 мм "male" FC/PC разъем и один универсальный 1,25 мм "male" FC / PC разъем.
48980	CI-1100-A2-PT2-FS/APC/F	Наконечник для чистки SC и FC APC типа "female" разъемов (в розетке) для CI-1100-A2 портативного микроскопа.
48981	CI-1100-A2-PT2-E2K/APC/F	E2000/APC "female" разъем для C1-1100-A2 микроскопа.
36939	HUXCLEANER-2.5	Устройство для чистки FC, SC и ST типа коннекторов внутри адаптера.
5336	Fiber-Connector-Cleaner-SA	Одноразовая катушечного типа "Cletop" кассета для чистки волоконно-оптический коннекторов.
8122	SMJ-3A3A-1300/1550-9/125-3-1	Длиной 1 м, 3 мм внешний диаметр, 1300/1550 нм 9/125 μm Corning SMF 28e волокно, патчкорд с коннекторами FC/APC на обоих концах.
40536	SMJ-3AEA-1300/1550-9/125-3-1	Длиной 1 м, 3 мм внешний диаметр, 1300/1550 нм 9/125 μm Corning SMF 28e волокно, патчкорд с коннекторами FC/APC на одном конце и E2000/APC на другом.
11	PMPC-03	Адаптер для соединения поддерживающих поляризацию коннекторов FC/PC. Ширина ключа 2,03 / 2,07 мм для коннекторов с ключом 2,00 мм (тип R).
19711	AA-200-11-9/125-3A3A	Универсальный "male" коннектор FC/APC на входе и "female" FC/APC на выходе для одномодового волокна SM 9/125.
58974	DSTS-2U-19IN-RACK-MOUNT-KIT	Кронштейны с рукоятками и возможность конвертирования 2U DSTS в стойку.
58975	DSTS-3U-19IN-RACK-MOUNT-KIT	Кронштейны с рукоятками и возможность конвертирования 3U DSTS в стойку.

ПО Интерфейс

Для пользователей, желающих использовать или развить свое программное обеспечение для мониторинга деформации и температуры OZ Optics может обеспечить Библиотекой DLL с под-программами для контроля DSTS. Контактуйте OZ Optics для дополнительной информации.

Оптическое соединение

Большая проблема, с которой сталкиваются клиенты, это как правильно чистить оптические коннекторы перед соединением их к сенсорной системе. В результате этого, поверхность может быть повреждена, что приведет к деградации показаний. Это может привести к дорогостоящему ремонту. По этой причине следует ВСЕГДА использовать патч-корд или адаптер как буфер между DSTS и сенсорным волокном. Соединения всегда должны быть к данному патч-корду или адаптеру, соединительный патч-корд остается все время прикрепленным к DSTS. Патч-корд может быть удален из DSTS только, если он поврежден и нуждается в замене. Следование этой процедуре поможет обеспечить бесперебойную работу датчика. Кроме того, коннекторы и адаптеры должны всегда быть надлежащим образом очищены до соединения. Повреждение волокна коннектора в адаптере на передней панели DSTS не покрывается гарантией. Буферные патч-корды и адаптеры (запасные части) в комплекте каждой DSTS. Дополнительные патч-корды и адаптеры можно приобрести отдельно. OZ Optics предлагает патч-корды с любым типом коннекторов. Контактуйте OZ Optics с вашими конкретными запросами.

Анкета вопросов

1. Какое применение? Пожалуйста, опишите кратко
2. Вам нужен модуль BOTDA (требуются оба волокна должны быть подключены к DSTS) или модуль BOTDR (требуется только одно волокно, для подключения к DSTS) или COMBO блок с обеими функциями BOTDA и BOTDR?
3. Каковы ваши требования к разрешению и точности для измерения температуры?
Разрешение: _____
Точность: _____
4. Каковы ожидаемые самые высокие и самые низкие температуры?
5. Каковы ваши требования к разрешению и точности для измерения деформации?
Разрешение: _____
Точность: _____
6. Какова максимальная деформация для измерения?
7. Каков желаемый диапазон действия или длина волокна для применения?
8. Какое пространственное разрешение вы желаете?
9. Вы хотите измерить температуру, напряжение или, и то и другое?
10. Каково желаемое время сбора данных?
11. Необходима ли калибровка волокна, инженерная поддержка/проектирование системы?
12. Где будет располагаться система?
13. Любая дополнительная информация?

Применение волоконно оптических датчиков распределения деформации и температуры (DSTS)

Главное

Волоконно-оптические датчики распределения деформации и температуры производят измерения деформации и температуры на очень большие расстояния и являются отличным инструментом для контроля за состоянием больших строений. Эти датчики позволяют получить огромные экономии за счет эффекта масштаба в телекоммуникации для обеспечения мониторинга на большие расстояния с высокой разрешающей способностью по стоимости на километр, которые не могут быть сопоставлены с любой другой технологией. Современные датчики распределения деформации и температуры предлагают четкие стоимость и технические преимущества в таких применениях, как мониторинг трубопроводов, мостов, плотин, линий электропередач, а также мониторинг безопасности периметра границ. Бриллюэновские датчики также отлично подходят для обнаружения коррозии в больших конструкциях.

Принцип работы

Хотя детальное понимание бриллюэновских датчиков не требуется при использовании сенсорных систем OZ Optics, в типичных случаях применения систем для контроля за состоянием строений, описание основного метода измерения будет полезна для пользователей, которые хотят лучше понять спецификации и компромисы при выборе решения системы датчика.

Наиболее распространенный тип датчика деформации и температуры Бриллюэна использует явление, известное как рассеяние. Принцип показан на рисунке ниже:

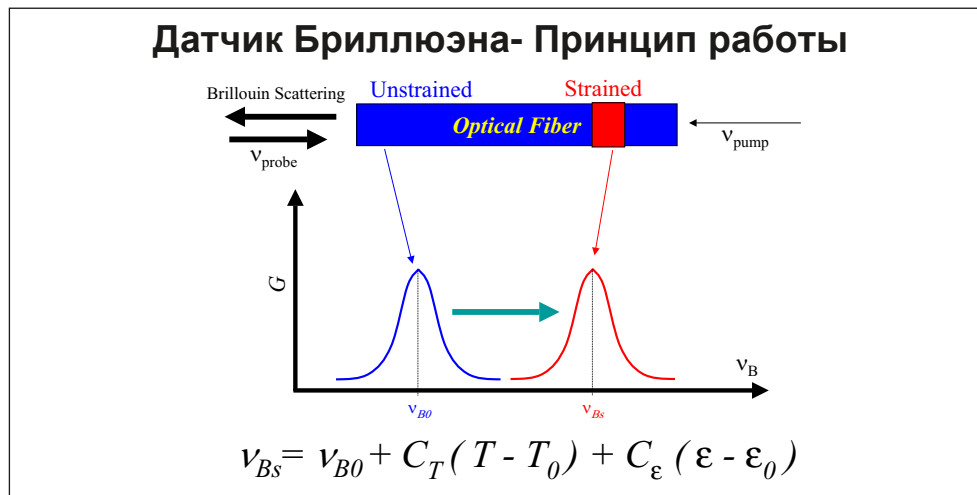


Рисунок 1. Бриллюэн спектральные пики волокна под напряжением и без напряжения.

Типичная конфигурация датчика DSTS BOTDA требует использование двух лазеров, которые направлены в противоположных направлениях через ту же петлю волокна (один лазер непрерывного действия, другой импульсный). Когда разность частот между двумя лазерами равна частоте волокна "Бриллюэна", происходит сильное взаимодействие между 2 лазерных лучей внутри оптических волокон и усиления звуковых волн (фононов), генерируемых в волокне. Это взаимодействие вызывает сильное усиление сигнала, который может быть обнаружен и локализован с использованием устройства типа рефлектометр. Для того, чтобы измерить напряжение/деформацию или температуру вдоль волокна, необходимо, выбрать спектр Бриллюэна путем сканирования разности частот двух лазерных источников и подгонки пик спектра Бриллюэна, чтобы получить информацию о температуре и деформации.

Как видно из уравнения в нижней части рисунка 1, частота Бриллюэна в каждой точке волокна линейно зависит от температуры и напряжения, приложенного к волокну. В некоторых оптических волокнах, таких как со смещенной дисперсией волокна, существуют на самом деле два пика в спектре Бриллюэна и можно извлечь информацию температуры и напряжения из одного волокна. Если используется система датчиков с нашим волокном, которое сейчас в стадии патентирования, то можно одновременно измерять напряжение и температуру, и в то же время использовать то же волокно для телекоммуникации.

Сравнение волоконно- оптических сенсорных технологий для мониторинга строений

Бриллюэн волоконно-оптические датчики лучшее решение на длинные расстояния и большую площадь покрытия; в самом деле Бриллюэн датчики должны рассматриваться к применению для любого напряжения или температуры с общей длиной свыше 10 метров. Другой общей технологией волоконно оптического датчика для локализованных измерений являются волоконные Брэгг решетки. Однако для мониторинга строений, когда потенциальные места повреждения или утечки неизвестны, трудно заранее определить места для размещения датчиков с волоконными Брэгг решетками или других типов точечных датчиков. Датчики на основе волоконных Брэгг решеток являются отличным способом локализованного использования, когда известны конкретные области интереса. Распределенные Бриллюэн датчики могут быть использованы для гораздо более широкого охвата и могут найти ошибки не известные до установки датчика.

Существует два типа Бриллюэн волоконно-оптических датчиков. Бриллюэн оптические рефлектометры домена времени (BOTDR) измерение деформации или температуры на основе Бриллюэн рассеяния одного импульса. Бриллюэн оптический анализатор домена времени (BOTDA) использует более сложное явление, известное как стимулированное рассеивание Бриллюэна (SBS).

Для Стокс рассеяния (включая Бриллюэн рассеяния и комбинационное рассеяния) только малая часть света (приблизительно 1 в 103 фотонов) разбросаны на оптических частотах отличающихся от и обычно ниже, чем частота инцидента фотонов. На основе технологии BOTDR, поскольку интенсивность рассеяния Бриллюэн сигнала является минимум 1/103, менее чем у падающего света Бриллюэн рассеяния сигнал является очень слабым. Принимая во внимание затухание оптического волокна, например, 0.22 дБ/км, диапазон измерения не может быть

очень длинным, чем с технологией BOTDA. Основным преимуществом технологии BOTDR является то что, нужен доступ только к одному концу оптического волокна.

Технология BOTDA является значительно более мощной, так как использует расширенное Бриллюэн рассеяние используя два противодействующих луча. Из-за сильного сигнала измерения деформации и температуры являются более точными и диапазон измерений больше, чем при BOTDR технологии. Кроме того Наш запатентованный метод зондирования позволяет определить, одновременно информацию деформации и температуры.

BOTDA метод требует больше оптических компонентов и двухлинейную оптическую сеть, что поднимает общую стоимость системы (датчик волокна должен быть петлевым или с зеркальным отображением). Однако большинство, систем развернутых сегодня являются системы BOTDA, потому что дополнительная точность измерений более чем оправдывает умеренное увеличение стоимости системы.

OZ Optics Foresight™ серия имеет BOTDA, BOTDR и комбо BOTDA+BOTDR. Наши клиенты могут получить более расширенный выбор, на основе их специальных требований. В таблице 1 приводится сравнение общих методов волоконно оптических датчиков деформации и температуры, а также ограничения возможностей для каждого типа:

	Bragg Grating*	BOTDR	BOTDA
Точность напряжения	± 1 µstrain	± 16 µstrain	± 2 µstrain
Пространственное разрешение	0.1 м	1 м	0.1 м
Диапазон длины	Точечный датчик	70 км	100 км
Время сбора	<1 секунды	3–20 минут	минимум 1 секунда
Конфигурация	Множество волокон	Одно волокно	Петля, одно волокон
Точность температуры	± 0.4°C	± 0.8°C	± 0.1°C
Деформации и темп.	Множество волокон	Множество волокон	Одно, Множество волокон
Распределение	Нет	Да	Да

*квази-распределенные с множеством волокон

Таблица 1. Типичные показатели распределенных / квази распределенных волоконно-оптических датчиков

Одновременное измерение напряжения и температуры возможно с помощью нашего запатентованного метода. Стандартное одномодовое волокно используется в больших количествах для высокоскоростных оптических телекоммуникационных сетей и недорогое. Важно принять решение о структуре кабеля и типе волокна в начале любого мониторинг проекта. Хотя тестирующее оборудование может меняться или обновляться в будущем, важно установить правильный тип волокна, если требуется одновременное измерение напряжения и температуры.

Основные области применения волоконно-оптических датчиков распределения деформации и температуры

Волоконно оптические датчики распределения деформации и температуры были применены в многочисленных областях. Как упоминалось ранее, система на базе Бриллюэн как правило, не имеет аналогов в областях, требующих высокое разрешение в мониторинге больших структур (длинных или больших поверхностей). В отличие от конкурирующих сенсорных технологий Бриллюэн системы непосредственно используют эффект масштаба от миллионов километров волоконно оптических телекоммуникаций волокна установленных по всему миру. Как показано в таблице 2 ниже, наиболее распространенные применения для датчиков распределения деформации и температуры включают в себя очень большие линейные или пространственные размеры.

Область применения	Наряжение	Температура	Ссылки по запросу OZ Optics совместных прозтов
Мониторинг утечек трубопроводов	■	■	■
Мониторинг линий электропередач	■	■	■
Управление процессом	■	■	■
Мониторинг состояния строений (бетонные & композитные конструкции)	■	■	■
Мониторинг мостов	■	■	■
Обнаружение возгорания	■	■	■
Обнаружение трещин	■	■	■
Ограждения для безопасности границ	■	■	■

Таблица 2. Применение Бриллюэн волоконно-оптических датчиков

OZ Optics предлагает решения в каждом из рынков, перечисленных выше. Если в таблице отсутствует критическое применение мониторинга, пожалуйста, свяжитесь с нами с вашими требованиями. Чтобы получить более подробную информацию, относящиеся к применению, или запросить статью ссылку, пожалуйста, свяжитесь с OZ Optics.

Волокно обеспечивает отличную гибкость и размещение на больших площадях и больших расстояниях. Например: горно-добывающий конвейер может быть десятки километров длиной для того, чтобы удалять избыток материала. Материал малоценен и обнаружить заедание подшипника по длине будет трудно с помощью средств обнаружения обычного пожара. Когда подшипник начнет заедать, он будет перегреваться вплоть до появления возгорания. DSTS и сенсорное волокно легко устанавливается и будет легко обнаружить это изменение в температуре у подшипника. Хотя прямой ущерб, причиненный в результате пожара является минимальным, потеря доходов от остановки горных работ в то время как требовалось отремонтировать транспортер будет обширной.

Таблица с примерами показателей

Измерения Бриллюэн распределения идут по четырем переменным: точность измерения, колебания измеряемого напряжения и температуры, пространственное разрешение и измеряемая длина волокна. Эти четыре взаимодействуют для определения времени измерения. И наоборот если время ограничено, можно определить другие качества измерения.

Дизайн системы ForeSight™ на основе Бриллюэна позволяет обратить внимание на то, что вызывает опасение. Например, для обнаружения критического дефекта может потребоваться более плотное пространственное разрешение и высокая точность.

Время измерения модуля DSTS BOTDA может варьировать между 1 секундой и 10 минутами зависит от требований и использования. В таблице ниже приведены примеры отражающие некоторые общие требования: лучше чем $\pm 0.5^\circ\text{C}$ и $\pm 10\mu\text{e}$ точность. Все результаты в таблице были получены за менее чем 1 минуту и 40 секунд.

Таблица не является ограничением того, что может быть достигнуто. Различия в четырех проблемных областях, могут быть означены. Например, измерение температуры/деформации на 50 км зондирования, 2 м пространственное разрешение, с точностью до $0,2^\circ\text{C}/4\mu\text{e}$ достижимо, но увеличит время измерения до 3 минут и 45 секунд. Другое сравнение: взаимодействие длины волокна, пространственное разрешение, точность температуры/ деформации и времени измерения: при 100 км зондированного волокна, 6 м пространственное разрешение может составлять $0,4^\circ\text{C}/8\mu\text{e}$, когда время измерения составляет 4 минуты и 38 секунд, однако те же 100 км могут иметь точность $0,1^\circ\text{C}/2\mu\text{e}$, когда пространственное разрешение увеличится до 50 м с временем измерения 3 минуты и 48 секунд.

	10 см	50 см	1 м	2 м	3 м	4 м	5 м	10 м	20 м	50 м
<=1 км	0.3°C/6μe	0.2°C/4μe								
<=2 км		0.3°C/6μe	0.1°C/2μe							
<=4 км		0.4°C/8μe	0.3°C/6μe							
<=10 км			0.3°C/6μe							
<=20 км			0.4°C/8μe	0.06°C/1.2μe						
<=30 км				0.2°C/4μe						
<=40 км				0.3°C/6μe	0.1°C/2μe	0.2°C/4μe				
<=50 км					0.2°C/4μe	0.3°C/6μe	0.2°C/4μe	0.1°C/2μe		
<=60 км								0.2°C/4μe		
<=70 км								0.3°C/6μe		
<=80 км									0.2°C/4μe	
<=90 км									0.4°C/8μe	
<=100 км									0.4°C/8μe	0.2°C/4μe

Таблица 3. Точность измерения стандартного BOTDA модуля (время измерения ≤ 100 секунд)

Режим ускоренного измерения

DSTS BOTDA может использоваться для обнаружения возгорания и в системах управления. Опто-волоконная технология распределения обеспечивает отличную гибкость для обнаружения пожаров. Оптическое волокно не представляет риска искры или риск взрыва, и если надлежащим образом сконструировано, то может находиться в местах, подверженных ионизирующей радиации. Пространственное разрешение зависит от длины волокна. Пространственное разрешение зависит от длины волокна, при длине в 20 км составит 1 м. Чем короче длина, тем лучше пространственное разрешение. Аналогично большую длину можно контролировать за счет разрешения. Для получения более подробной информации обратитесь к таблице 3.

Измерения показаний температуры в ускоренном режиме будет отличаться от номинального Бриллюэн измерения в том, что цели измерения основаны на быстром обнаружении изменения температуры. Общая цель ускоренного режима измерения является точно обнаруживать изменения температуры, связанные с ожиданием возгорания или изменениями температуры в номинальный промежуток времени. Поэтому параметры BOTDA будет соответствовать или быть лучше, чем в следующей таблице:

Начальная Температура	Необходимые измерения Температуры системой	Настройка Температуры нагрева	Время измерения	Точность измерения
24°C	30°C	30°C	9 sec	28 - 32°C
24°C	40°C	40°C	11 sec	38 - 42°C
24°C	50°C	50°C	13 sec	48 - 52°C
24°C	60°C	60°C	14 sec	58 - 62°C
24°C	70°C	70°C	16 sec	68 - 72°C
24°C	80°C	80°C	18 sec	78 - 82°C

Таблица 4. Типичная точность для применения в обнаружении возгорания (режим ускоренного измерения)

Следующие условия применяются для данной таблицы, чтобы быть точными:

- Общая длина волокна: 60 км
- Пространственное разрешение: 6 м
- Базовые линии при 24° C до измерения температуры
- Время измерения не включает время зондирования кабеля
- Все сенсорные волокна должны быть одного типа и без эффекта деформации

Расчет экономии использования волоконно-оптических датчиков Бриллюэна

Как уже говорилось ранее, датчики Бриллюэн предлагают высокое разрешение с большой дальностью покрытия по цене за км непревзойденной любым другим методом измерения. Это создает возможность для быстрого возврата от инвестиций при использовании датчиков Бриллюэн в критических применениях для мониторинга. На рисунке ниже показан пример возможности сбережений:

Опто-волоконный Мониторинг OZ Optics Ltd. Калькулятор экономии

Параметры системы	
Длина трубопровода	50 км
Цена сбоя	\$750,000 стоимость утечки
Стоимость простоя	\$20,000 в час

Сравнение		Мониторинг	Без Мониторинга	Комментарии
Вероятность сбоя	% / год	0.25%	1%	Снижение риска сбоя
Время простоя	часы /год	4.8	24	Автоматизированное проф. обслуживание
Расходы на тех. обслуживание	\$/ год	\$25,000	\$50,000	плановое техническое обслуживание
Общая годовая экономия		\$414,625		Общая годовая экономия

Таблица 5. Примеры экономии

Многочисленные повреждения и выключения трубопровода демонстрируют необходимость непрерывного мониторинга в режиме реального времени. В то время как вычисление в таблице 5 сделано для среднего регионального трубопровода, экономия для магистральных трубопроводов является еще более убедительной. Стоимость остановки на один день, может легко превысить \$10 млн. В дальне-магистральных Бриллюэн системах мониторинга расходы составляют всего лишь \$1 - \$2 за метр, предотвращение одного выключения значительно превышает установку и эксплуатационные расходы всей системы мониторинга. Другие крупные объекты, такие, как линии электропередач, дамбы и мосты также имеют очень высокие издержки, связанные со сбоями и остановкой.

Наиболее важными факторами в экономии средств являются сокращение расходов на осмотр обслуживания (за счет автоматизированного мониторинга), сокращение времени простоя и сокращение возможности катастрофического сбоя. Во многих случаях затраты на время простоя и сбоя значительно выше, чем показано в примере.

Для дополнительной информации о системе датчиков деформации и температуры и сопутствующей продукции, пожалуйста посетите www.ozoptics.com.

Справочные статьи

Обнаружение выпучивания на трубопроводе:

L. Zou, X. Bao, F. Ravet, and L. Chen, "Distributed Brillouin fiber sensor for detecting pipeline buckling in an energy pipe under internal pressure," *Applied Optics* 2006;45:3372–3377.

Обнаружение коррозии трубопроводов:

L. Zou, G. Ferrier, S. Afshar, Q. Yu, L. Chen, and X. Bao, "Distributed Brillouin scattering sensor for discrimination of wall-thinning defects in steel pipe under internal pressure," *Applied Optics* 2004;43:1583–1588.

Мониторинг линии электропередач:

L. Zou, X. Bao, Y. Wan and L. Chen, "Coherent probe-pump-based Brillouin sensor for centimeter-crack detection," *Optics Letters* 2005;30:370–372.

Обнаружение трещин:

L. Zou and Maria Q. Feng, "Detection of micrometer crack by Brillouin-scattering-based distributed strain and temperature sensor," 19th International Conference on Optical Fiber Sensors, Perth (Australia, 14–18 April 2008).

Точность технологии BOTDA:

L. Zou, X. Bao, S. Yang, L. Chen, and F. Ravet, "Effect of Brillouin slow light on distributed Brillouin fiber sensors," *Optics Letters* 2006;31:2698–2700.

Одновременное измерение напряжения/деформации и температуры:

L. Zou, X. Bao, S. Afshar V., and L. Chen, "Dependence of the Brillouin frequency shift on strain and temperature in a photonic crystal fiber," *Optics Letters* 2004;29:1485–1487.