

**Учебный курс**  
**«ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**  
**ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ»**

**Тема :**

**Волоконно-оптические (технические)**  
**каналы утечки информации**

**Модуль 3:**

**Волоконно-оптические**  
**технические средства разведки**

**Лектор:**

**кфмн, доцент Гришачев Владимир Васильевич**

# Программа 3 модуля курса

## ЛЕКЦИИ

- I. Волоконно-оптические технологии в ТСР
- II. ТСЗИ от волоконно-оптических ТСР
- III. Коллоквиум

# Лекция 19-20

## «Волоконно-оптические технологии ТСП»

1. Преимущества и возможности волоконно-оптических ТСП.
2. Волоконно-оптические ТСП: визуальное наблюдение.
3. Волоконно-оптические ТСП: акустические измерения.
4. Волоконно-оптические ТСП: электромагнитные измерения.
5. Волоконно-оптические измерительные системы в ТКУИ.

# Лекция 21

## «ТСЗИ от волоконно-оптических ТСП»

1. Возможные методы обнаружения и нейтрализации волоконно-оптических ТСП

# 1. Преимущества и возможности волоконно-оптических ТСП

## ○ Волоконно-оптические датчики как основа ТСП

---

- ❖ волоконно-оптический датчик или волоконно-оптическая измерительная система – преобразователь воздействий и полей с использованием волоконно-оптических технологий, в котором оптоволокно применяется в качестве
  - чувствительного к воздействиям и полям среды/элемента
  - первичного или промежуточного преобразователя
  - линии передачи измерительной информации
  - линии передачи энергии для питания датчика

# 1. Преимущества и возможности волоконно-оптических ТСР

## ○ Волоконно-оптические датчики как основа ТСР

---

❖ классификация волоконно-оптических датчиков по источнику света

I. пассивные



— антенного типа, т.е. собирающие внешние излучения оптического диапазона, передающие через оптическое волокно в систему регистрации и обрабатывающие по модуляциям параметров излучения;

II. активные



— с собственным источником света с заданными параметрами, используемым для зондирования через оптическое волокно исследуемой области вблизи волокна;

# 1. Преимущества и возможности волоконно-оптических ТСП

## ○ Волоконно-оптические датчики как основа ТСП

---

❖ пассивные волоконно-оптические датчики – оптические схемы

I. волоконно-оптические жгуты для передачи изображения



— фиброскоп , волоконно-оптические технические эндоскопы

II. генерационные (люминесцентные) преобразователи



— на основе люминесценции в волокне под внешним воздействием: термо-, электро-, хемилюминесценция и др.

# 1. Преимущества и возможности волоконно-оптических ТСП

## ○ Волоконно-оптические датчики как основа ТСП

---

### ❖ активные волоконно-оптические датчики – оптические схемы

I. проходящего света



II. отраженного света



III. рефлектометрического типа, в том числе и отраженного света



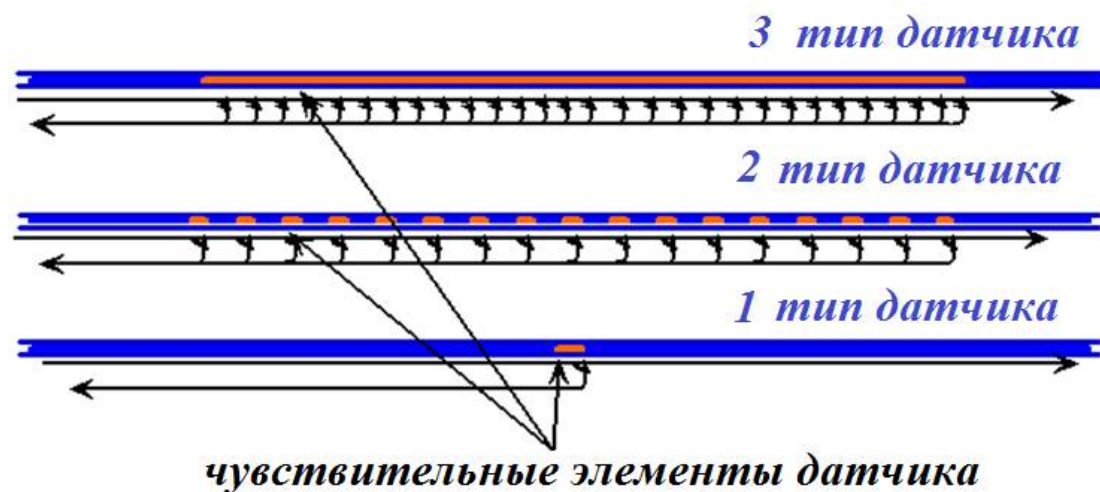
# 1. Преимущества и возможности волоконно-оптических ТСП

## ○ Волоконно-оптические датчики как основа ТСП

---

### ❖ классификация волоконно-оптических датчиков по конструкции

- I. точечные (сосредоточенные) – в волокне формируются локальные чувствительные к внешнему воздействию участки;
- II. квазираспределенные – датчик образуется из непрерывно распределенных по волокну локальных чувствительных к внешнему воздействию участков;
- III. распределенные – все волокно является чувствительным элементом;





# 1. Преимущества и возможности волоконно-оптических ТСР

## ○ Волоконно-оптические датчики как основа ТСР

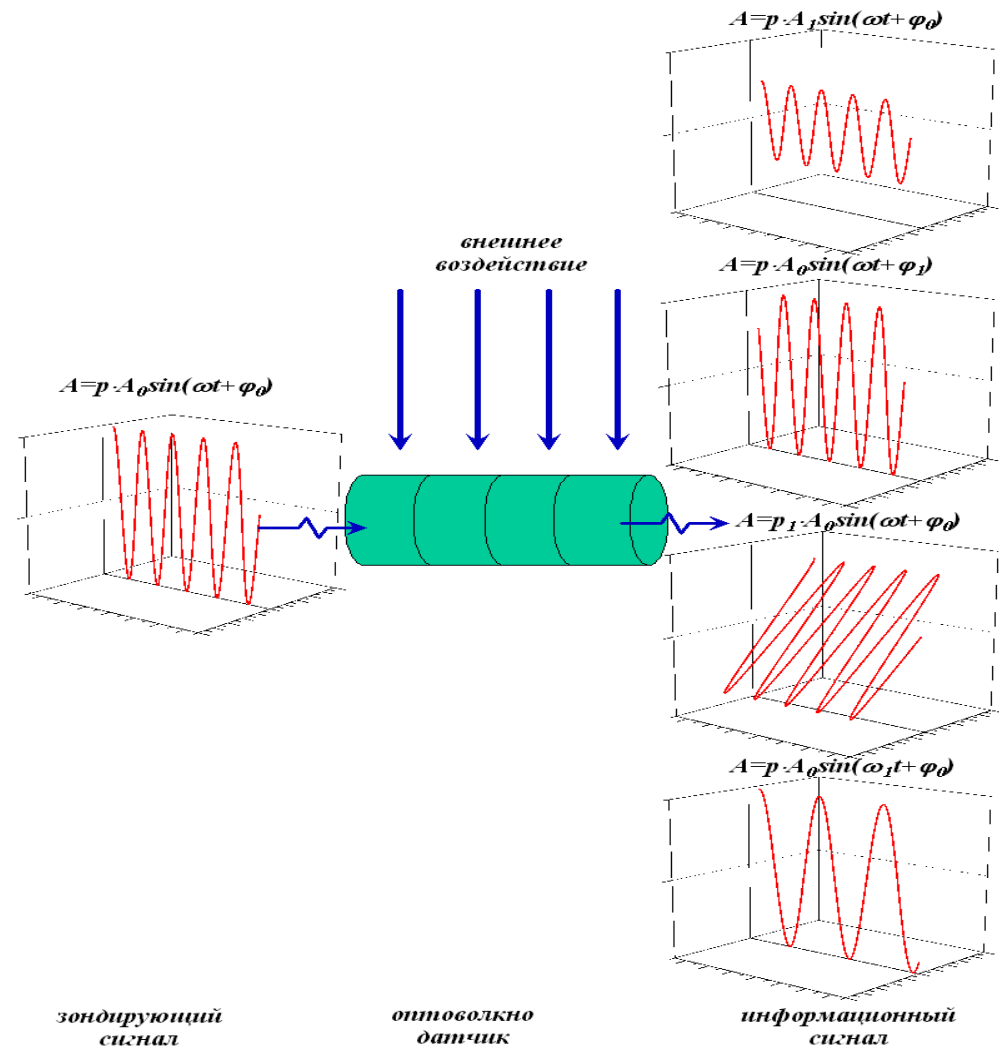
❖ классификация ВОД  
по параметру света

I. амплитудные

II. фазовые (когерентные,  
интерференционные)

III. частотные (спектральные,  
нелинейно-оптические)

IV. поляризационные



# 1. Преимущества и возможности волоконно-оптических ТСП

## ○ Волоконно-оптические датчики как основа ТСП

---

### ❖ *особенности функционирования*

- высокая чувствительность к внешним полям;
- помехоустойчивость к ЭМИ;
- высокая скрытность от поисковой аппаратуры на ЭМИ;
- возможность создания полностью диэлектрических датчиков;
- возможность создания полностью пассивных датчиков;
- малые весогабаритные параметры;
- долговечность и надежность;

### ❖ *возможности реализации*

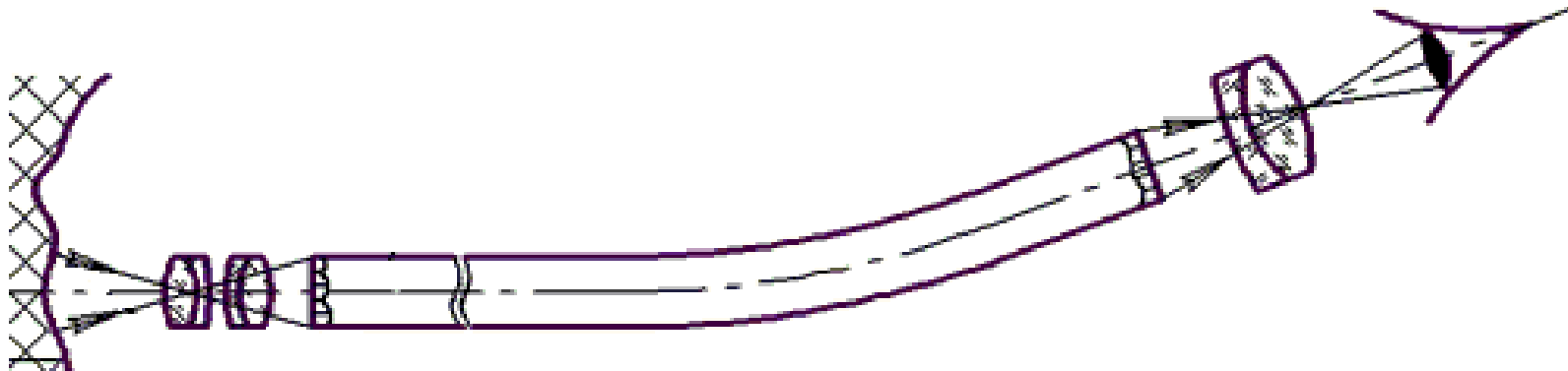
- повышение чувствительности к данному физическому полю выбором материала оптоволокна датчика;
- повышение чувствительности к данному физическому полю выбором конструкции преобразователя датчика;

## 2. Волоконно-оптические ТСР: визуальное наблюдение

### ○ Возможности скрытого визуального наблюдения

---

- ❖ световое излучение, поступающее на торец оптоволокна, собирается и передается оптоволокном/жгутом до точки приема (наблюдения)



#### □ преимущества

- малые размеры и вес, что позволяет скрыть ТСР;
- использование диэлектрических материалов сходных по составу с природными, что исключает помехи ЭМИ и побочные ЭМИ и наводки;

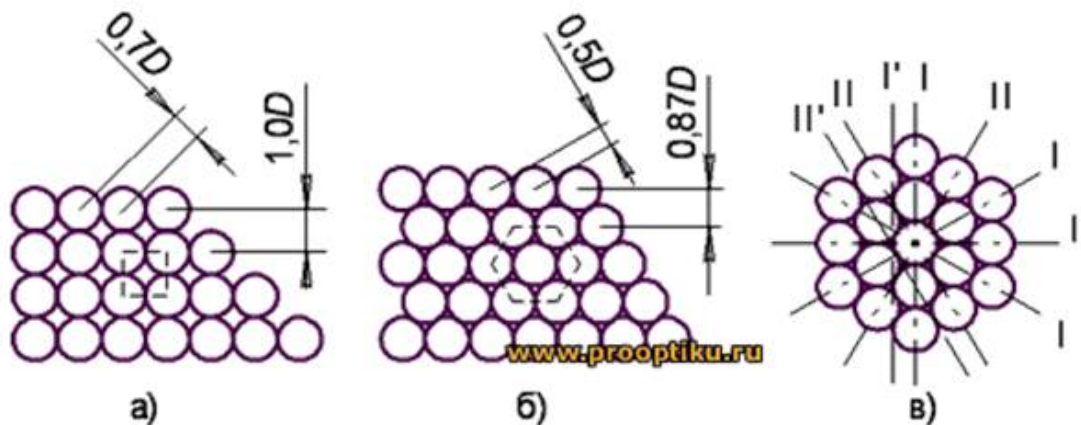
#### □ недостатки

- искажение передаваемого светового потока вследствие дисперсии, поглощения и т.д., что ограничивает дальность передачи;

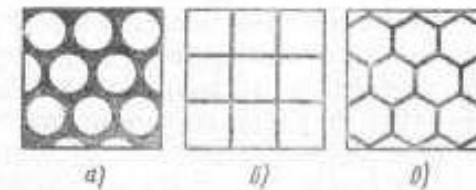
## 2. Волоконно-оптические ТСП: визуальное наблюдение

### ○ Возможности скрытого визуального наблюдения

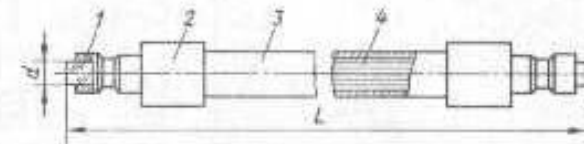
- ❖ аналоговая передача изображения с помощью волоконно-оптических жгутов – пучков оптических волокон с регулярной укладкой



Элементарные периоды для трех топологий укладки волокон в пучке:  
а) квадратная; б) гексагональная горизонтальная; в) гексагональная вертикальная



Сечение световодных жгутов



Гибкий волоконный жгут: 1- торец; 2- фасонный наконечник; 3 - поливинилхлоридная оболочка; 4 - световоды

позволяет проводить скрытное наблюдение, освещение изучаемых объектов

## 2. Волоконно-оптические ТСР: визуальное наблюдение

### ○ Гибкие волоконно-оптические жгуты с регулярной укладкой волокон

Характеристика		Значение
Числовая апертура, не менее		0,5
Сечение светового торца жгута: диаметр, мм		от 1,0 до 15,0
прямоугольник со сторонами, мм		от 1,0 до 15,0
Разрешающая способность, мм <sup>-1</sup>		до 18,0
Светопропускание для жгутов длиной, % до 500 мм		50
от 500 до 1000 мм		40
от 1000 до 1400 мм		30
Температура эксплуатации, °С исполнение I		от -50 до +60
исполнение II		от -50 до +200
Плотность стекловолокна в жгутах, г/см <sup>3</sup>		2,81
Тип защитной оболочки: поливинилхлоридный, силиконовый, металлорукав		

Общее число жил в жгуте может составлять 14 000 – 25 000, а сами жгуты имеют диаметры от 0,5 до 400 мм и длину от 0,5 до 4 000 м и более

Хацевич Т.Н., Михайлов И.О. Эндоскопы: Учеб. пособие. – Новосибирск: СГГА, 2002. – 196 с. ISBN 5-87693-108-X

## 2. Волоконно-оптические ТСР: визуальное наблюдение

### ○ Технические гибкие эндоскопы (волоконно-оптические)

#### ❖ конструкция

Схема визуальной системы

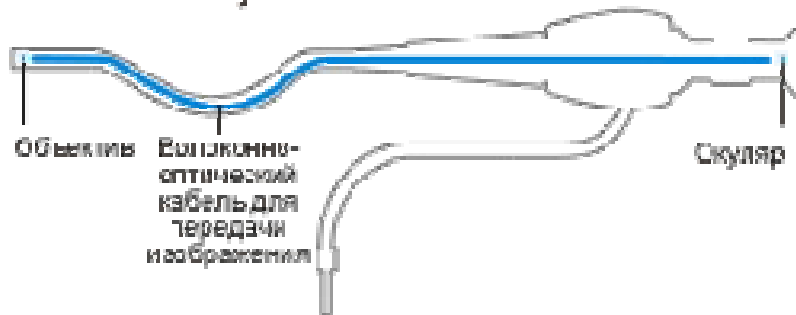
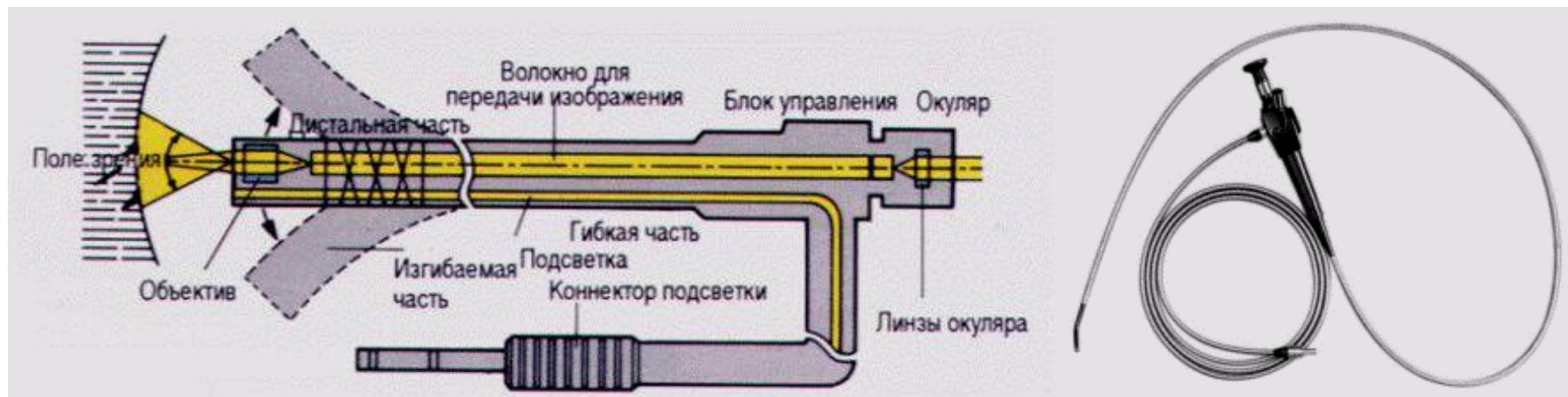
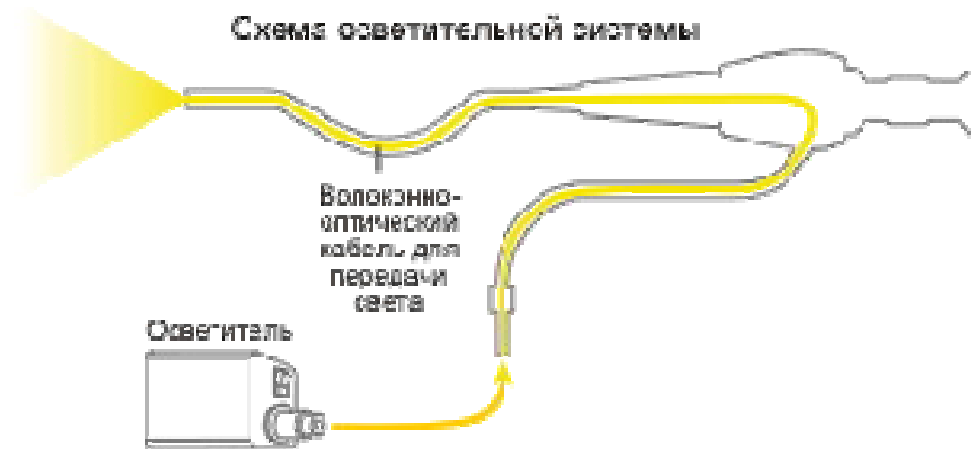


Схема осветительной системы



## 2. Волоконно-оптические ТСП: визуальное наблюдение

### ○ **Волоконно-оптические технические эндоскопы**

---

#### ❖ назначение

- осмотр в нестационарных условиях труднодоступных затемненных мест, пустот и внутренних полостей различных объектов, конструкций;
- осмотр полостей конструкций и двигателя автомобиля;
- осмотр различных механизмов;
- осмотр пространств за преградами со сложной геометрией доступа;
- обеспечивает возможность осмотра ёмкостей с жидкостями, в том числе агрессивными;
- неразрушающий контроль внутренних полостей различных объектов;
- контроль работоспособности сложных технических систем;
- таможенный и милицейский досмотр транспортных средств и грузов;
- осмотр без разборки двигателя и трансмиссии автомобиля в автосервисе;
- скрытое наблюдение и мониторинг.

## 2. Волоконно-оптические ТСР: визуальное наблюдение

### ○ Применение волоконно-оптических эндоскопов

---

#### ❖ обследование труднодоступных мест





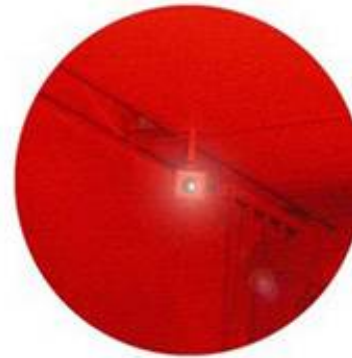
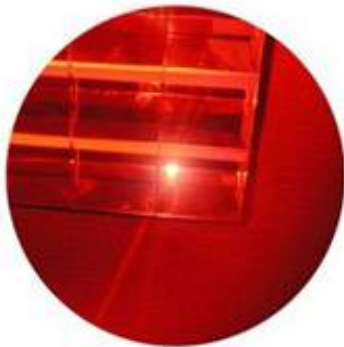
## 2. Волоконно-оптические ТСП: визуальное наблюдение

### ○ Применение волоконно-оптических ТСП

❖ волоконно-оптическая техника скрытого наблюдения позволяет создать системы не обнаруживаемые обычными средствами  
обычно видеокамеры обнаруживаются по



- электронным составляющим – электромагнитному излучению, индуцированному электромагнитному отклику;
- оптическим компонентам – блики оптики и другие индуцируемые отклики отражающих оптических элементов;
- наблюдению конструкции камер – инфракрасными камерами



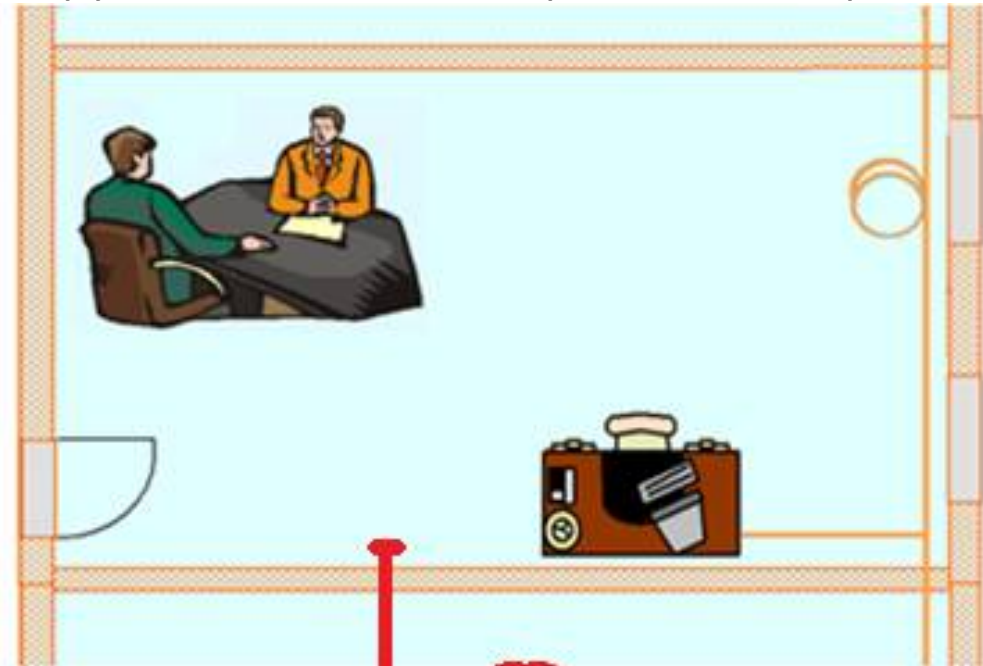
## 2. Волоконно-оптические ТСР: визуальное наблюдение

### ○ Применение волоконно-оптических ТСР – качественный анализ

❖ скрытое наблюдение, не обнаруживаемое стандартной электронной поисковой аппаратурой,

□ возможности

- отсутствует ПЭМИН (в месте установки объектива);
- возможность использования не жгута, а оптоволоконна с собирающей линзой;
- дальность вывода км;
- оптическое разрешение определяется оптикой;



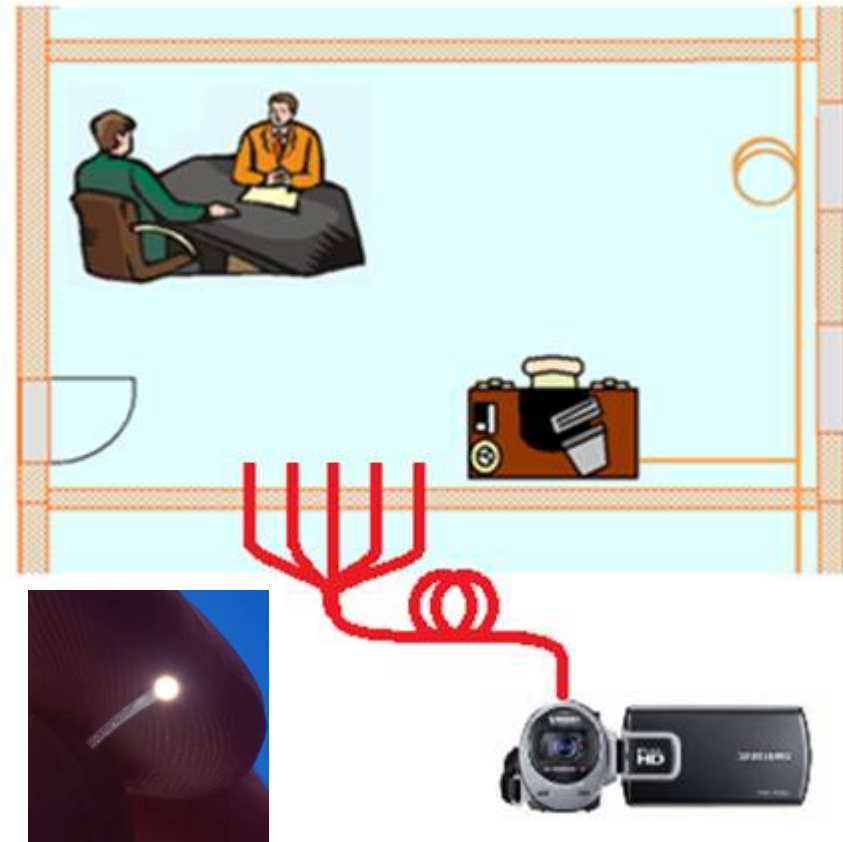
## 2. Волоконно-оптические ТСР: визуальное наблюдение

### ○ Применение волоконно-оптических ТСР – качественный анализ

❖ скрытое наблюдение, не обнаруживаемое стандартными оптическими поисковыми устройствами,

□ возможности

- отсутствует ПЭМИН (в месте установки объектива);
- возможность использования вместо жгута, а оптоволоконна с линзой;
- дальность вывода км;
- оптическое разрешение определяется оптикой;
- **отсутствуют блики оптики,**  
**необходимо использовать метод апертурного синтеза изображения**



## 2. Волоконно-оптические ТСП: визуальное наблюдение

### ○ Выводы

---

- ❖ скрытое наблюдение, не обнаруживаемое обычными средствами, реализуемо на основе волоконной оптики,
  - оно позволяет проводить скрытое наблюдение, не выявляемое как электронной поисковой аппаратурой; так и оптической поисковыми устройствами;
  - оно позволяет выводить информативный визуальный сигнал на большие расстояния, составляющие несколько км;
  - разрешение (качество) визуального сигнала определяется параметрами оптического жгута и регистрирующей электронной аппаратурой далеко за пределами контролируемой зоны;

### 3. Волоконно-оптические ТСП: акустические измерения

#### ○ **Волоконно-оптические датчики акустического поля как основа ТСП**

---

- ❖ акустический ВОД и ВОД давлений – волоконно-оптическое измерительное устройство, предназначенное для регистрации упругих волн, механических деформаций, механических напряжений, создается

на основе различных волоконно-оптических схем

- интерференционных схем;
- внутренних периодических структур в волокне;
- внешних периодических структурных элементов;

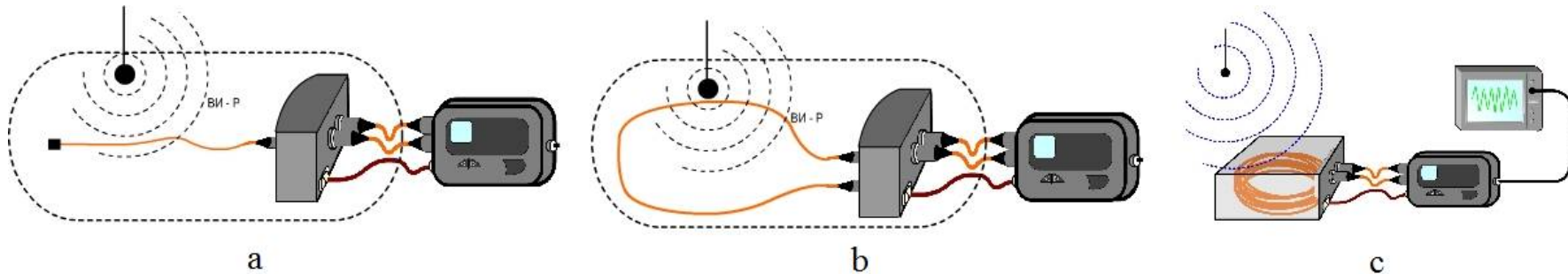
на основе оптических волокон

- с повышенной фотоупругостью;
- с улучшенной эластичностью, гибкостью;

### 3. Волоконно-оптические ТСП: акустические измерения

#### ○ Акустический волоконно-оптический датчик

❖ Акустический ВОД НПП «Система» [www.system-spb.com](http://www.system-spb.com)



схемы датчиков с (а,б) распределенными (до 100 м) и (с) сосредоточенным волоконными чувствительными элементами

**подтвержденная разрешающая способность измерений:**

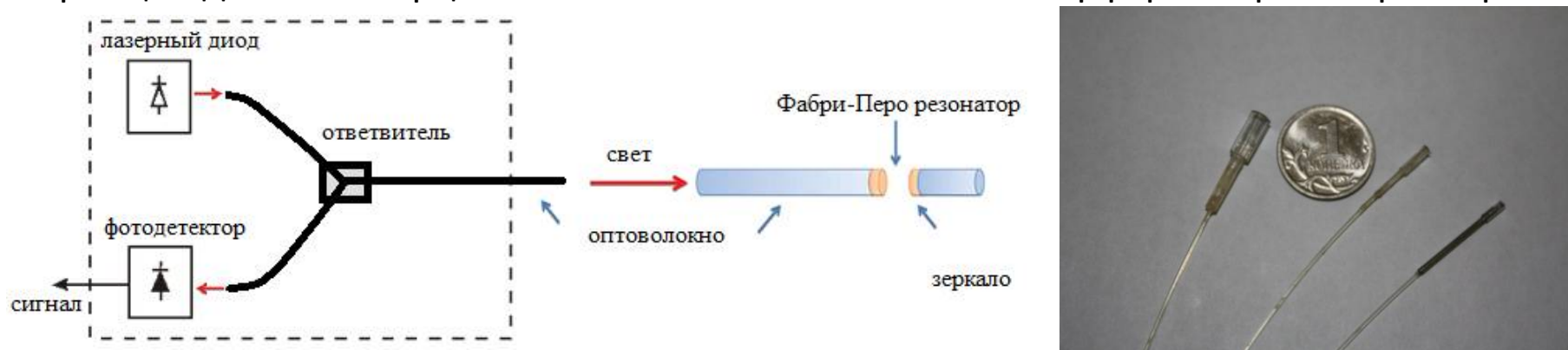
- акустических сигналов - до  $10^{-5}$  Па/МГц;
- гидроакустических сигналов - до  $3 \cdot 10^{-5}$  Па/МГц;
- разности фаз интерферирующих лучей -  $10^{-3}$  радиан в диапазоне частот  $0 \div 1000$  Гц,  $10^{-4}$  радиан в полосе частот  $0,3 \div 10$  кГц;

### 3. Волоконно-оптические ТСП: акустические измерения

#### ○ Волоконно-оптический датчик давления

❖ ООО ИП «НЦВО – Фотоника» <http://www.forc-photonics.ru>

принцип действия торцевого волоконно-оптического интерферометра Фабри-Перо

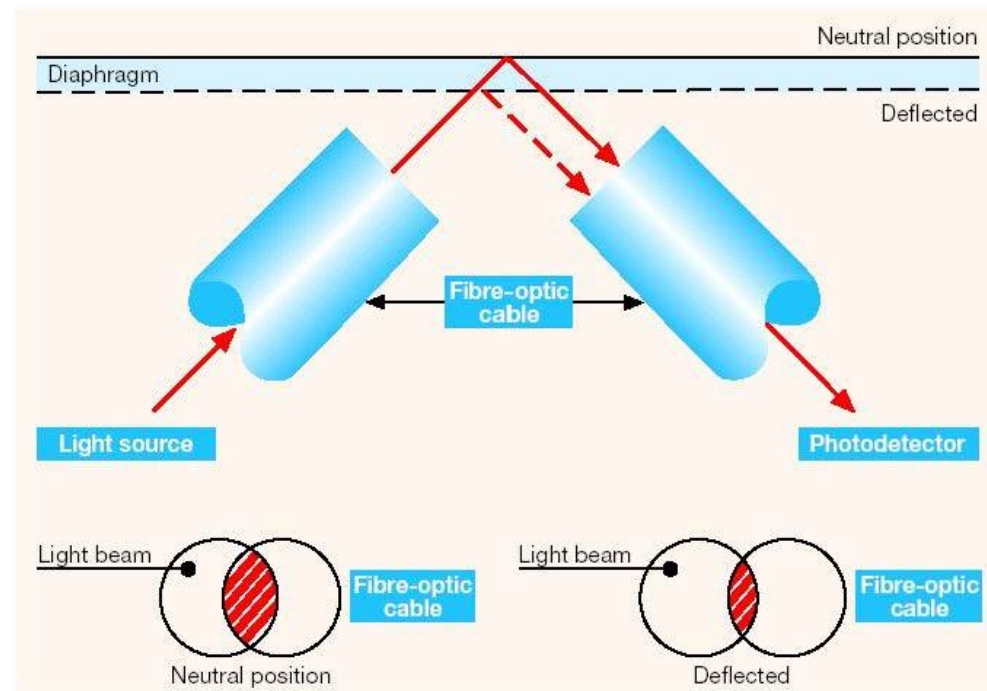
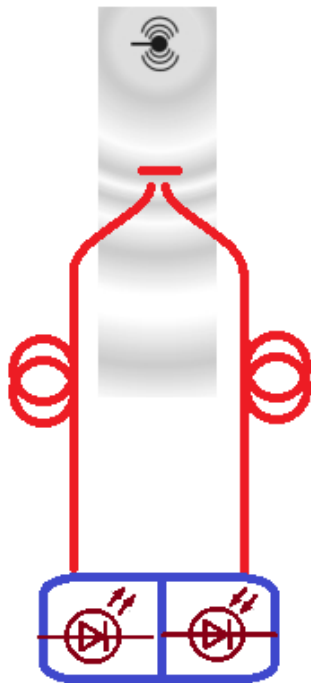


Целевые параметры	Значение
Рабочий диапазон давлений, атм	0,5 ÷ 1,5 атм (380 ÷ 1140 мм РТ.ст)
Минимальная чувствительность/ разрешение по давлению, атм	10 <sup>-4</sup>
Температурная стабильность, атм/°С	0,001
Частотный диапазон, Гц	0 ÷ 600 (~ 0 ÷ 100 кГц по заказу)
Внешний диаметр, мм	<1
Длина чувствительного элемента, мм	3 ÷ 5
Выход	аналоговый и/или цифровой
Тип конструкции	на конце одномодового волоконного световода, микрокапиллярный, на основе волоконного интерферометра Фабри-Перо
Особенности	конструктивно устойчив к внешним воздействиям температуры, вибраций, ускорений, не содержит металлов, полностью диэлектрический, не восприимчив к электромагнитным помехам

### 3. Волоконно-оптические ТСП: акустические измерения

#### ○ Волоконно-оптические микрофоны

используют принцип модуляции интенсивности оптического излучения: луч света от источника света направляется по оптоволокну и освещает мембрану микрофона, при колебании мембраны световой поток модулируется (по интенсивности) и возвращается обратно по тому же или второму оптоволокну на фотоприемник, который преобразует сигнал в электрический сигнал;





### 3. Волоконно-оптические ТСП: акустические измерения

#### ○ **Волоконно-оптические микрофоны**

---

в конструкции преобразователя нет электрических частей, как в обычных микрофонах; колебание мембраны регистрируется оптическими методами, которое связано с источником и приемником света диэлектрическим световодом, имеющим малые потери менее дБ/км и низкий коэффициент шума передачи;

преобразователь не генерирует электромагнитное излучение (т.к. не содержит электрических цепей и медных кабелей), нечувствителен к электромагнитным полям, работает при воздействии сильных электрических и магнитных полей, а также электромагнитного поля частотой вплоть до СВЧ и выше;

имеет малые размеры и может быть размещен в любом труднодоступном месте, трудно обнаруживаем традиционными методами, но можно обнаружить прохождение оптических линий передачи при помощи тщательного визуального, рентгеновского, акустического обследования строительных конструкций, внутренних интерьеров;

### 3. Волоконно-оптические ТСП: акустические измерения

#### ○ Волоконно-оптические микрофоны

##### ❖ волоконно-оптический микрофон Kingfisher SOM(4)

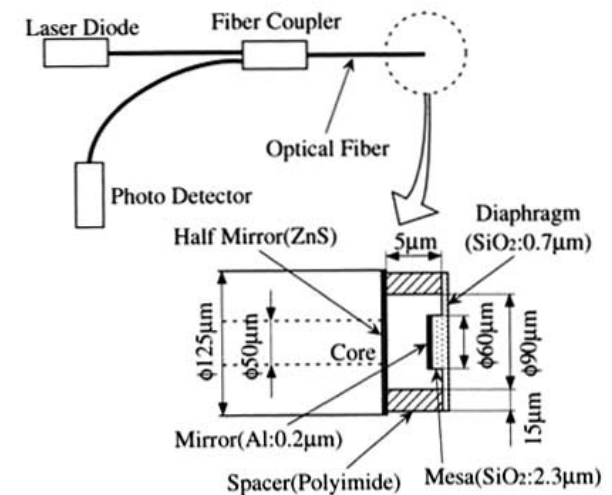
###### *Характеристики*

маленькая легкая конструкция; отличная точность звука; стандартный аналоговый выход; исключительно низкая чувствительность к вибрации экономически эффективное, долгосрочное решение; высокая надежность и устойчивость к внешним воздействиям; абсолютный иммунитет против электромагнитных/радиочастотных помех; полностью пассивный датчик, в котором нет ни металлических, ни электротехнических деталей; волоконно-оптическое соединение на увеличенной длине без потери сигнала



###### *Применение*

высокая точность записи и правоохранительные органы; высоковольтные электрические системы энергообеспечения; зоны высоких радиочастот; сильные электромагнитные поля; промышленные и аэрокосмические измерения; мониторинг и зондирование оборудования; аудио калибровка и измерение (лаборатории по тестированию электромагнитных помех)



### 3. Волоконно-оптические ТСР: акустические измерения

#### ○ Волоконно-оптические микрофоны

##### ❖ волоконно-оптический микрофон Optimic XXXX (Optoacoustics Ltd.)

миниатюрные волоконно-оптические микрофоны Optimic предназначены для внутреннего акустического мониторинга, где площадь размещения микрофонов строго ограничена или когда микрофон является субкомпонентом другого устройства или системы, существуют три разновидности модели с минимальным диаметром следа - 1 мм.



##### Технические характеристики ВОМ Optimic 2170

Тип диаграммы направленности	всенаправленный
Частотный диапазон	30 - 8,000 Hz
соответственно 10 - 10,000 Hz	± 0.5 dB
соответственно 10,000 - 15,000 Hz	± 4.0 dB
Чувствительность	100 mV/ Pa ± 10% на 1 kHz
Эквивалентный уровень собственного шума	≤ 31 dBA
Максимальное звуковое давление	114 dB SPL
Суммарные гармонические искажения	< 1 % на 84 dB SPL
Эквивалентная чувствительность вибрации	max. 45 dB SPL/ g на 1 kHz
Напряжение питания	8 - 15 V DC
Потребляемый ток	80 mA ± 10%
Рабочая температура	от - 50 °C до + 120 °C
Температура хранения	от - 50 °C до + 120 °C
Влажность - 1 000 часов	до 95% относительной влажности при 40 °C
Среднее время безотказной работы	> 100,000 часов
Верхняя часть микрофона	
Материал	поликарбонат
Габаритные размеры: диаметр/ длина	10/ 70 мм
Вес	5 г
Длина оптического кабеля	10 м

### 3. Волоконно-оптические ТСП: акустические измерения

#### ○ Волоконно-оптические микрофоны

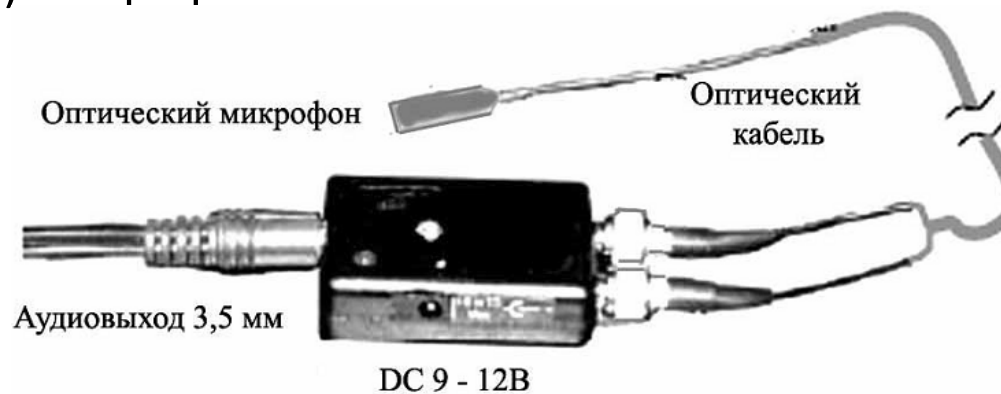
❖ волоконно-оптические микрофоны

— оптический микрофон Sennheiser IAS MO 2000 SET



— оптический микрофон COM

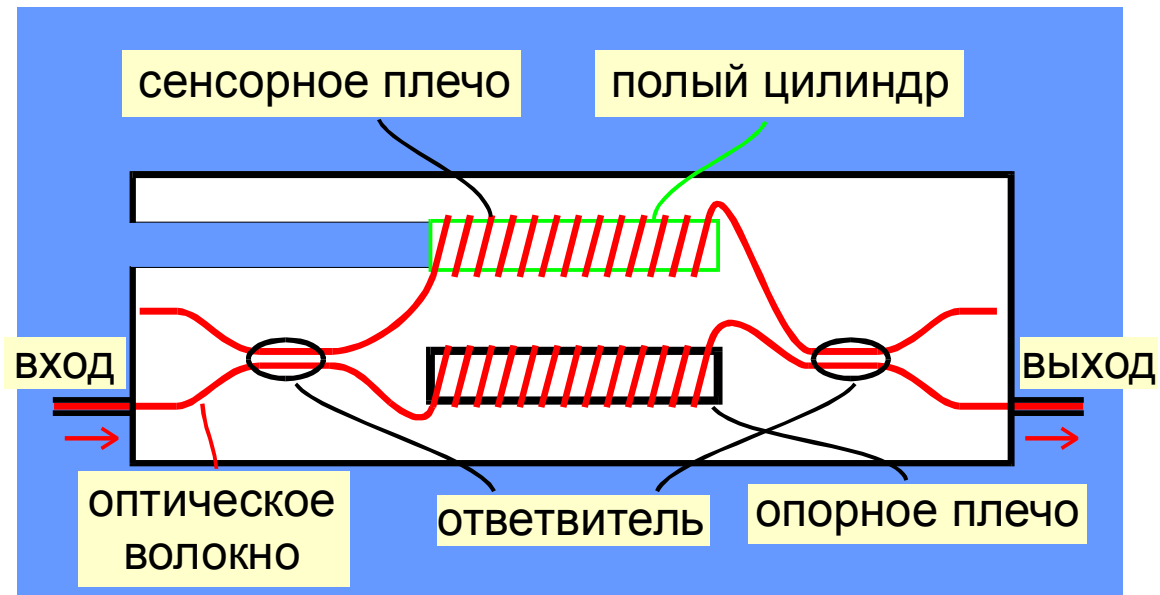
— оптический (оптоволоконный) микрофон системы PKI 2960



### 3. Волоконно-оптические ТСП: акустические измерения

#### ○ Волоконно-оптические гидрофон

- ❖ волоконно-оптический гидрофон на основе интерферометра Маха-Цендера, используются другие интерферометрические схемы измерения

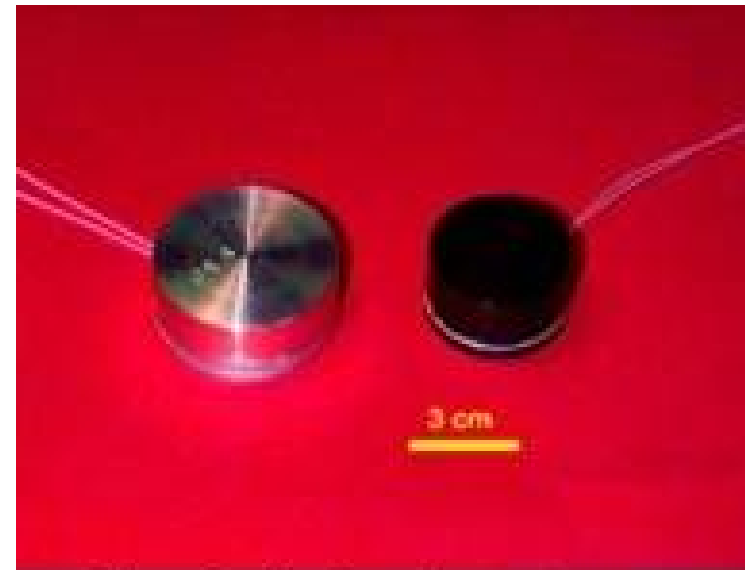
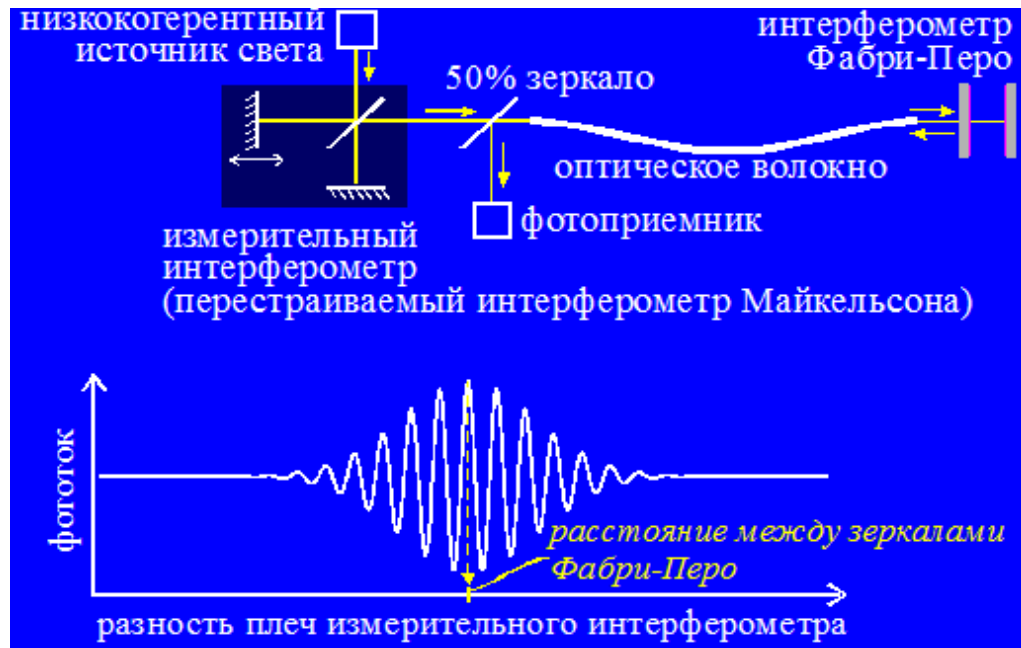


волоконно-оптические гидрофоны позволяют проводить измерения с чувствительностью 100 мВ/МПа, разрешением во времени 10 нс и пространстве 100 мкм (и лучшими параметрами)

### 3. Волоконно-оптические ТСП: акустические измерения

#### ○ Волоконно-оптические датчики акустических сигналов

- ❖ низкокогерентная интерферометрия в оптической схеме Фабри-Перро, используется как датчик гидрофона, давления, ускорения и других систем



Fiber Optic Accelerometers

### 3. Волоконно-оптические ТСП: акустические измерения

#### ○ Волоконно-оптический ТСП: мобильное подслушивающее устройство

---

❖ использует

- волоконно-оптический преобразователь звука;
- экранированное электронное устройство с источником и приемником света, записывающим блоком и питания;



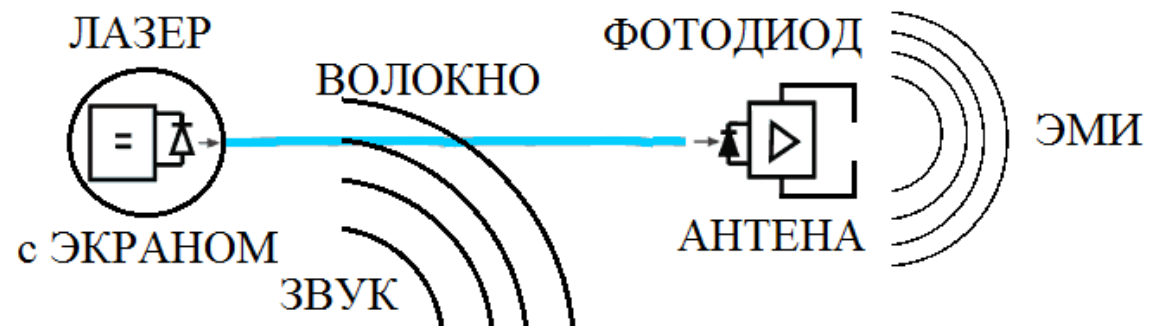
устройство не излучает побочные ЭМИ и не воспринимает наводки ЭМИ

### 3. Волоконно-оптические ТСР: акустические измерения

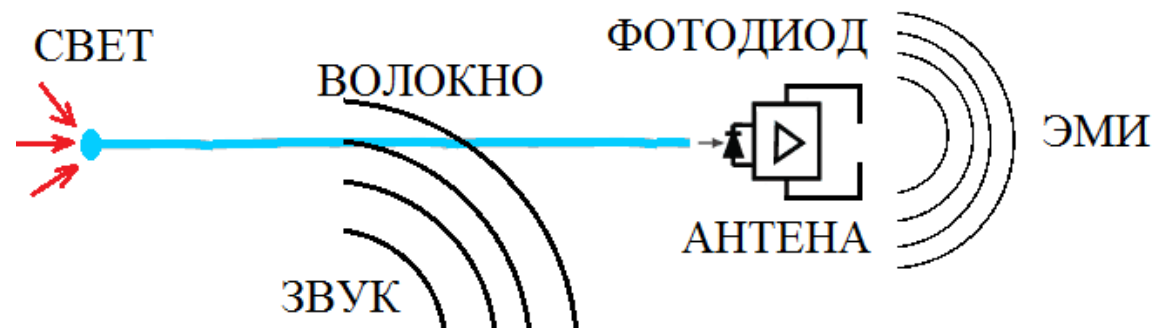
#### ○ Волоконно-оптический ТСР: микрофон с радиоизлучателем

---

##### ❖ А. с собственным источником света



##### ❖ Б. с внешним источником света



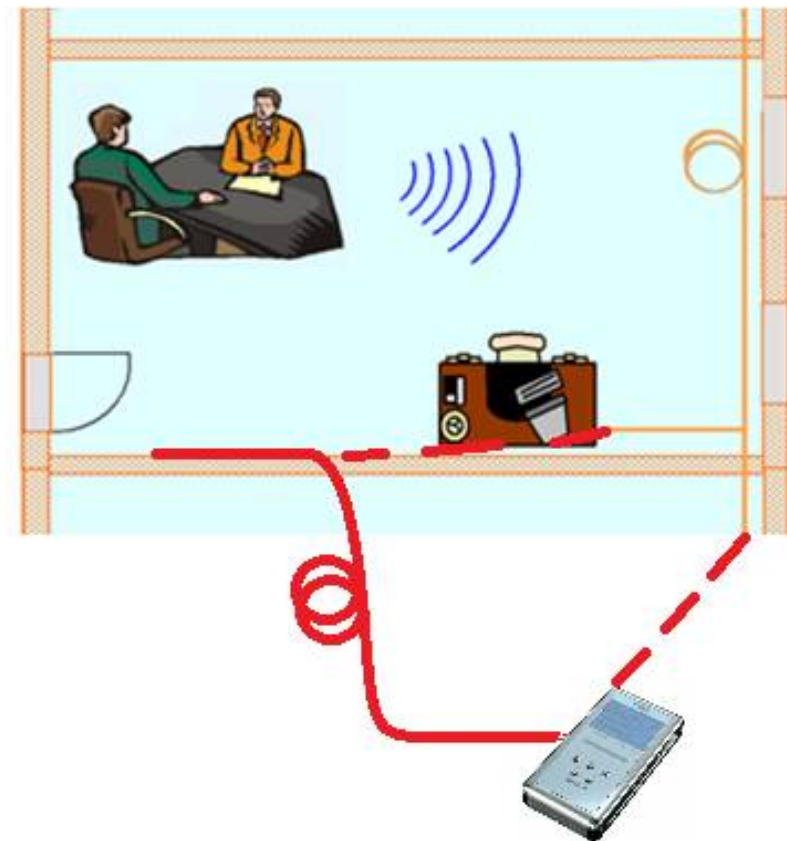


### 3. Волоконно-оптические ТСП: акустические измерения

#### ○ Волоконно-оптический ТСП: стационарное подслушивающее устройство

❖ встраиваемое в конструкции зданий оптоволокно с чувствительным к звуку элементом позволяет проводить подслушивание разговоров

- оптоволокно трудно обнаруживаемо;
- не поддается внешнему воздействию;
- имеет большой длины интерфейс;
- возможно использование ранее подготовленного оптоволокна;
- возможно существенно улучшить акустический контакт волокна со звуком простыми методами;



### 3. Волоконно-оптические ТСП: акустические измерения

- **Волоконно-оптический ТСП: стационарное подслушивающее устройство**

---

- ❖ чувствительный элемент датчика



### 3. Волоконно-оптические ТСР: акустические измерения

#### ○ Выводы

---

#### ❖ речевой ВОД/ТСР имеет

- высокую чувствительность к речи;
- множественность способов повышения акустического контакта;
- не обнаруживаем стандартными методами;
- высокая скрытность вследствие миниатюрности;
- пассивность к внешним воздействиям;
- не требуется питание;
- для работы достаточно любого источника света, в том числе и внешнего;
- большая разнесенность по расстоянию преобразователя и приемника, с помощью оптоволокна;

## 4. Волоконно-оптические ТСП: электромагнитные измерения

### ○ Волоконно-оптические датчики электромагнитного поля

- ❖ электромагнитное поле обладает высокой информативностью в виде
  - побочных электромагнитных излучений и наводок (ПЭМИН) и информационных сигналов передаваемых через медные кабельные системы;



## 4. Волоконно-оптические ТСР: электромагнитные измерения

### ○ **Волоконно-оптические датчики электромагнитного поля**

---

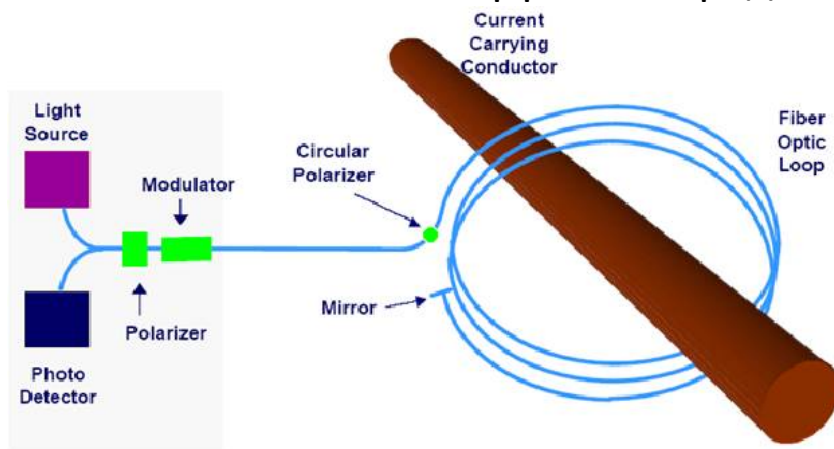
❖ строятся на основе

- электрооптических эффектов Покельса, Керра, заключающихся в появлении или изменении двойного лучепреломления оптической среды под действием электрического поля;
- магнитооптических эффекта Фарадея, состоящего в том, что при намагничивании образца вдоль распространения луча света наблюдается вращение плоскости поляризации и появление эллиптичности у линейно поляризованного света и эффекта Фохта - эффекта двойного линейного магнитного лучепреломления, которое состоит в том, что при намагничивании образца перпендикулярно распространению света комплексные показатели преломления для обыкновенного и необыкновенного луча различны;
- другие электромагнитооптические эффекты;

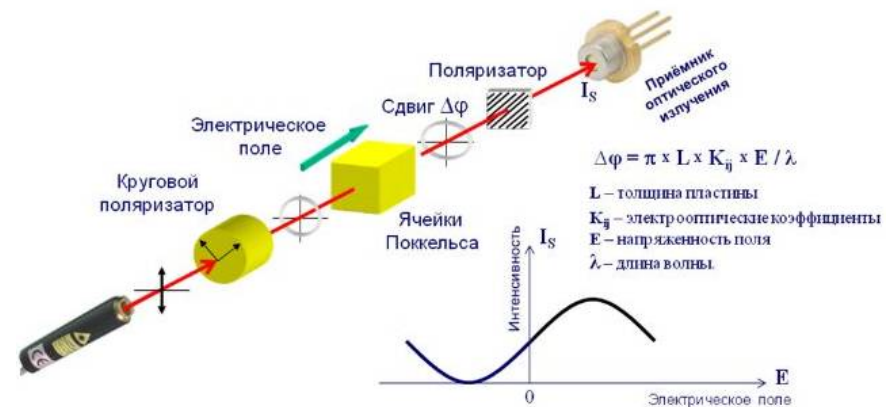
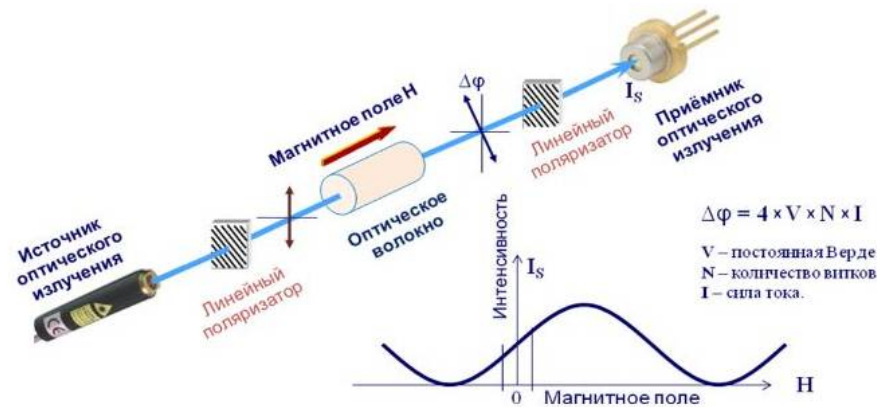
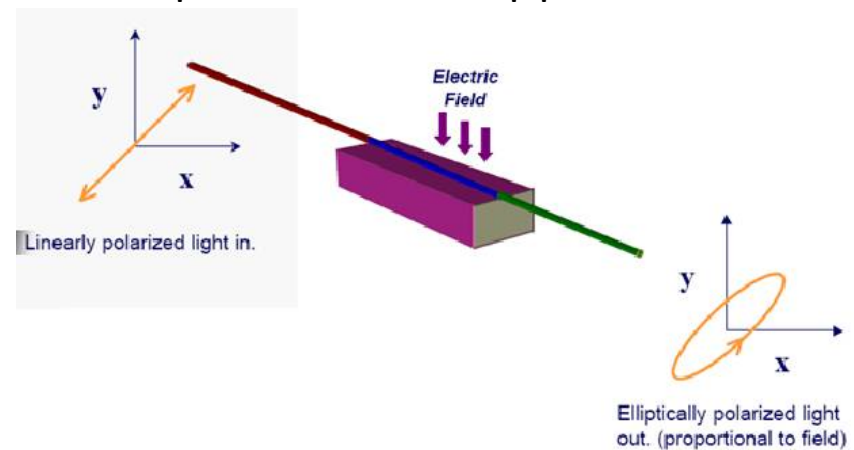
## 4. Волоконно-оптические ТСП: электромагнитные измерения

### ○ Волоконно-оптический датчик электромагнитного поля: принципы

- ❖ волоконно-оптические датчики электрического и магнитного поля



электрооптическом эффекте Покейса



## 4. Волоконно-оптические ТСП: электромагнитные измерения

### ○ Волоконно-оптические датчики тока и напряжения

---

возможности – точность 0,1%, динамический диапазон измеряемых величин 6 порядков, диапазон измеряемого тока от 100 нА до 500 кА, диапазон рабочих температур 20 – 70 °С

применение – без контактное и безопасное измерение параметров тока в высоковольтных ЛЭП, мощных электрических цепях опасных производств (АЭС, электроплавильные печи и др.)

отличительная особенность – отсутствие проводящих цепей вблизи измеряемого объекта

#### **Волоконно-оптический датчик электрического тока (ИРЭ РАН)**

Разработан экспериментальный макет волоконно-оптического датчика тока с уникальными характеристиками. Динамический диапазон измеряемых величин электрического тока не менее  $10^6$ , диапазон измеряемых электрических токов от 100 нА до 500 кА. Датчик тока работает с высокой точностью – лучше 0,5 % при температурах 20 – 70° С и имеет существенные преимущества над традиционными измерителями параметров электрического тока – измерительными трансформаторами тока. Датчик обеспечивает бесконтактное и безопасное измерение параметров электрического тока в энергетике, металлургии, нефтегазовой и химической промышленности.

Изготовлен макет датчика и проведены его испытания. // Основные результаты исследований РАН, готовые к практическому применению.

## 4. Волоконно-оптические ТСР: электромагнитные измерения

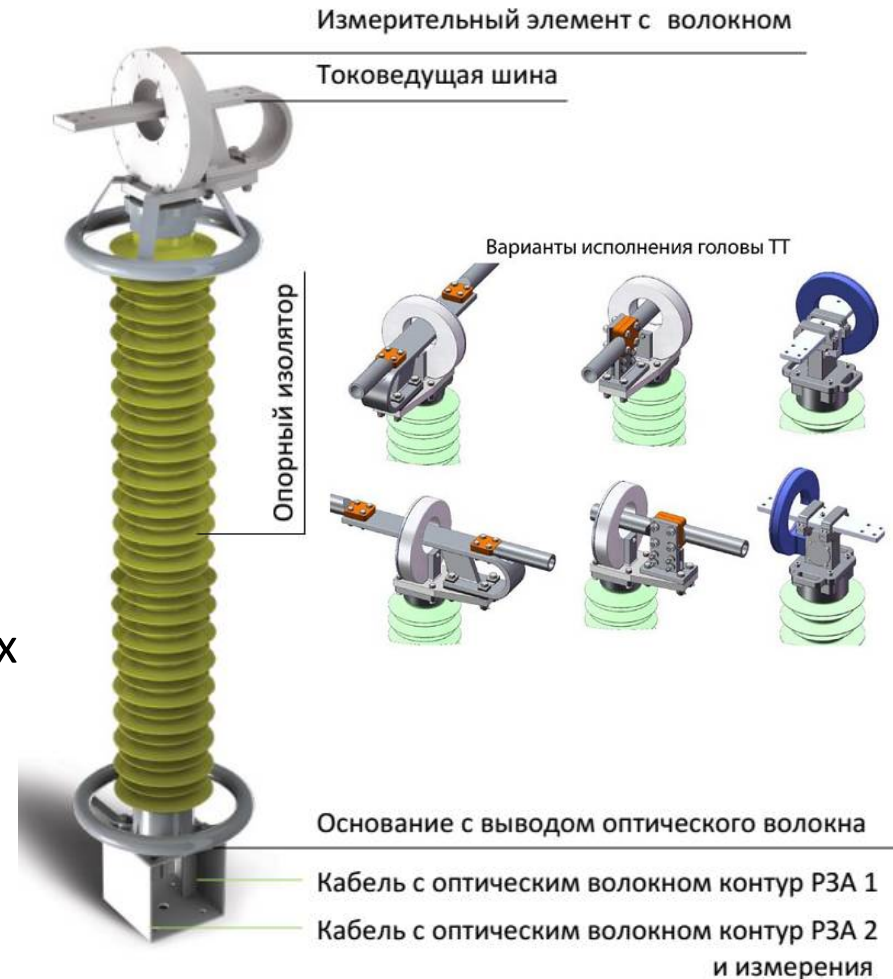
### ○ Волоконно-оптические датчики тока

#### ❖ применение

- электроэнергетика
- металлургия
- транспорт

#### ❖ характеристики

- контроль тока в высоковольтных ЛЭП с высокой точностью
- надежность и безопасность
- снижение веса и габаритов
- помехозащищенность





## 4. Волоконно-оптические ТСП: электромагнитные измерения

### ○ Устройство НСИ с проводных кабельных линий на основе ВОД тока

❖ ООО «Уникальные Волоконные Приборы» (Москва)

$\phi$  – фазовый сдвиг

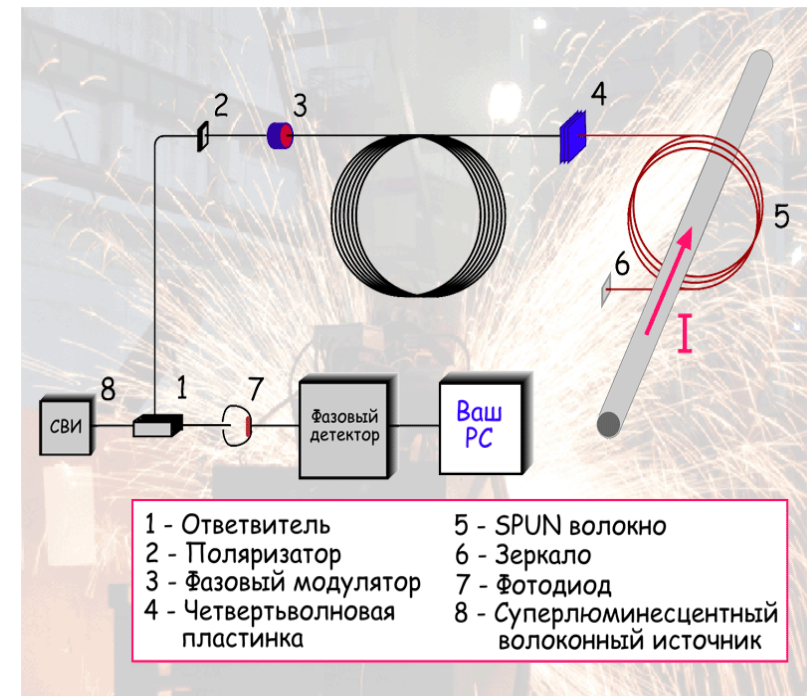
$S/S_{id}$  – относительная магнитооптическая чувствительность волокна

$V=7 \cdot 10^{-7}$  рад/А – постоянная Верде для кварца на длине волны 1,55мкм

$N$  – количество витков на катушке

$I_0$  – измеряемый ток

$$\phi = 4 \cdot (S/S_{id}) \cdot V \cdot N \cdot I_0$$



устройство НСИ электрического сигнала с пассивным чувствительным элементом не регистрируемого приборами и не подверженному внешнему воздействию.

## 4. Волоконно-оптические ТСП: электромагнитные измерения

### ○ Устройство НСИ с проводных кабельных линий на основе ВОД тока

---

Принцип действия датчика тока основан на эффекте Фарадея - вращении плоскости поляризации электромагнитной волны в присутствии магнитного поля.

В приборе используются правая и левая круговая поляризация и их разные скорости распространения в магнитном поле. На схеме оптическая часть до чувствительного волокна формирует необходимые круговые поляризации, а в чувствительном волокне под действием магнитного поля измеряемого электрического тока происходит набег фаз между круговыми поляризациями.

Набег фазы зависит только от циркуляции магнитного поля, т.е. от точности замыкания витка чувствительного волокна. Именно поэтому точность фазового детектирования напрямую влияет на точность измерения электрического тока. При этом прибор с электрической схемой может находиться как угодно далеко от измерительного волокна. Таким образом, прибор имеет абсолютную электрическую изоляцию, что особенно важно на высоковольтных производствах.

## 4. Волоконно-оптические ТСП: электромагнитные измерения

### ○ Устройство НСИ с проводных кабельных линий на основе ВОД тока

---

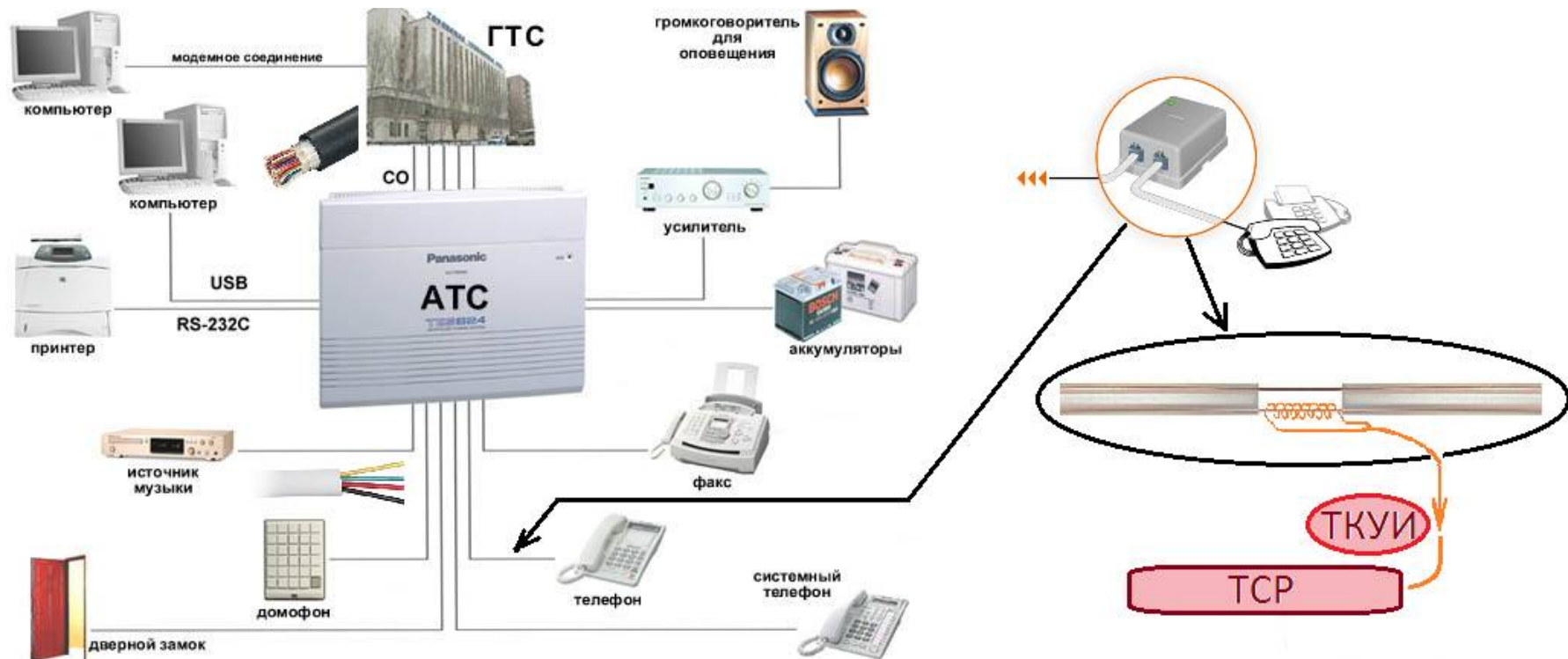
#### ❖ преимущества ВОД тока «КБ современных технологий ИТМО» [kbst-itmo.ru](http://kbst-itmo.ru)

- + Точность 0.1%
- + Динамический диапазон 6 порядков (0..±700 кА) и более
- + Возможность измерения постоянного и переменного тока
- + Масса несколько килограмм и габариты всего десятки сантиметров
- + Возможность установки без разрыва и обесточивания контролируемого проводника с током
- + Полная электроизоляция чувствительного элемента, замыкаемого непосредственно вокруг проводника с током, а также соединительного кабеля (нет металлических частей и проводников)
- + На работу датчика не влияет взаиморасположение проводника с током и волоконного чувствительного элемента
- + ВОДТ легко устанавливается (достаточно замкнуть чувствительный элемент датчика вокруг проводника с током с помощью защелки)
- + Датчик не требует регулярного обслуживания
- + Отсутствуют потери мощности в процессе измерения
- + На датчик не влияют соседние проводники с током и другие электрические цепи
- + Обеспечивается полная взрывобезопасность прибора
- + Чувствительный элемент датчика и соединительный кабель радиационно устойчивы
- + В ВОДТ отсутствуют масло, целлюлоза, элегаз (SF<sub>6</sub>)
- + Нет опасности феррорезонанса измерительной системы
- + Отсутствует магнитный гистерезис (задержки в измерении)
- + Датчик прост в эксплуатации
- + ВОДТ совместим с современными цифровыми системами управления и расхода электроэнергии, обеспечивает простое встраивание в любую SCADA систему

## 4. Волоконно-оптические ТСР: электромагнитные измерения

### ○ Устройство НСИ с проводных кабельных линий на основе ВОД тока

- ❖ перехват речевого трафика с медных телефонных кабельных систем путем использования ВОД тока на эффекте Фарадея



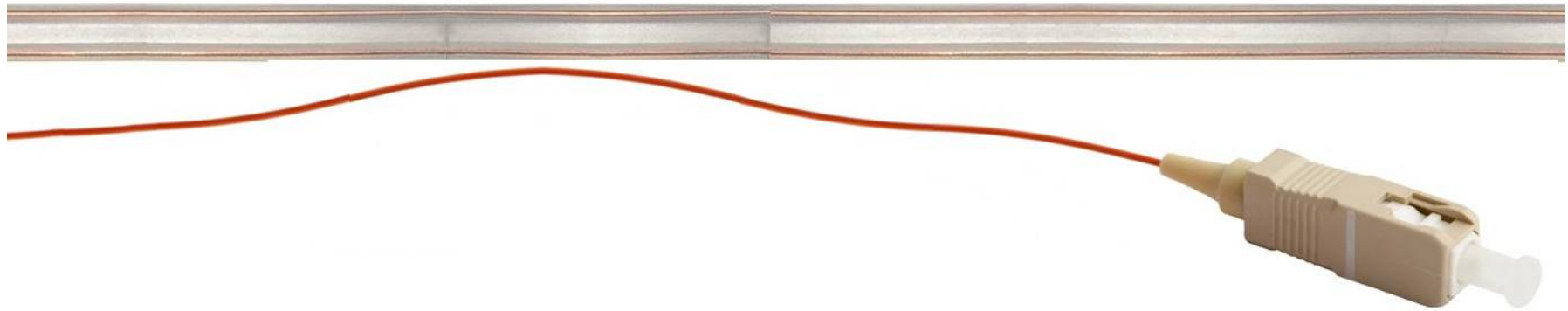
НСИ производится с помощью полностью диэлектрического преобразователя

## 4. Волоконно-оптические ТСП: электромагнитные измерения

### ○ Устройство НСИ с проводных кабельных линий на основе ВОД тока

---

- ❖ перехват речевого трафика с медных телефонных кабельных систем



путем использования электрооптических эффектов при паразитных наводках электрического поля от электронных линий связи на световые потоки в штатных или специально проложенных оптических кабельных системах

использование специального кабеля с волокном с повышенными параметрами по электрооптическому взаимодействию существенно повышает эффективность технического канала утечки информации

## 4. Волоконно-оптические ТСР: электромагнитные измерения

### ○ Устройство НСИ с проводных кабельных линий на основе ВОД тока

- ❖ перехват ПЭМИ от работающего оборудования вблизи штатных или специально проложенных оптических кабельных систем



путем использования электрооптических или магнитооптических ВОД тока или напряжения для регистрации побочных электромагнитных излучений от работающего электронного оборудования

## 4. Волоконно-оптические ТСП: электромагнитные измерения

### ○ Выводы

---

- ❖ волоконно-оптические датчики тока и напряжения позволяют создать ТСП с уникальными возможностями
  - обладающие высокой чувствительностью к электромагнитным излучениям (ПЭМИН);
  - имеющие малые размеры при идентичности используемых материалов с материалами природными и строительными;
  - являющиеся диэлектрическими, поэтому не обнаруживаемые поисковыми электронными техническими средствами защиты информации;
  - позволяющие выносить регистрирующую аппаратуру далеко за пределы контролируемой зоны;

## 5. Волоконно-оптические измерительные системы в ТКУИ.

### ○ Волоконно-оптические измерительные системы

---

- ❖ позволяют создавать уникальные ТСР, с помощью которых регистрируются все информативные сигналы внутри объекта информатизации и контролируемой зоны;
- ❖ позволяют проводить распределенные измерения информативного сигнала;
- ❖ позволяют выводить информативный сигнал далеко за пределы контролируемой зоны;
- ❖ имеют малые массогабаритные характеристики;
- ❖ позволяют создавать не обнаруживаемые стандартными ТСЗИ структуры ТСР;



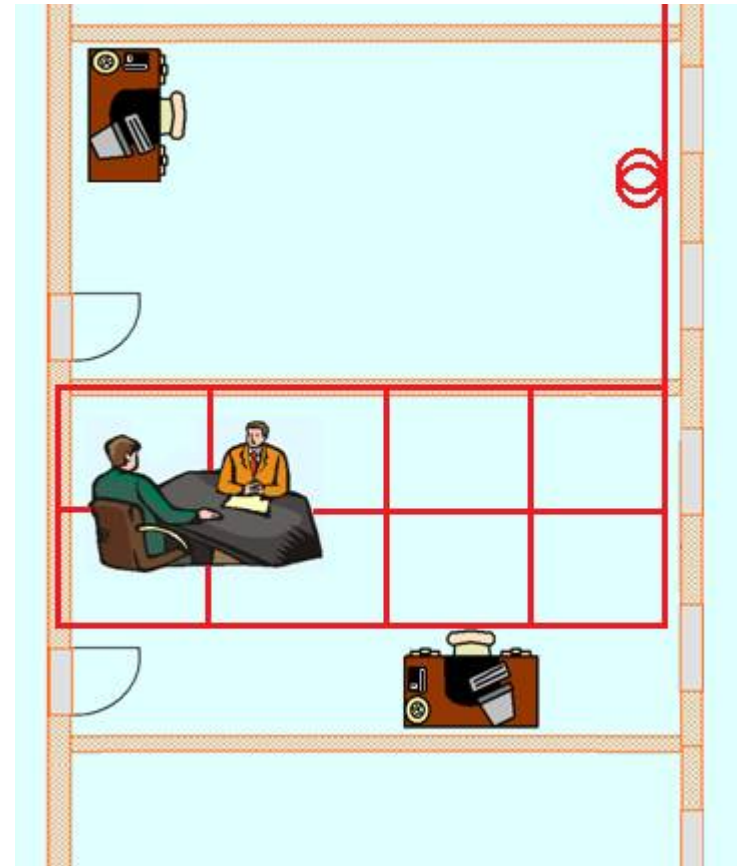
## 5. Волоконно-оптические измерительные системы в ТКУИ.

### ○ **Распределенное волоконно-оптическое ТСП**

использование распределенных измерительных волоконно-оптических сетей для создания ТСП позволяет формировать уникальный ТКУИ,

который обладает

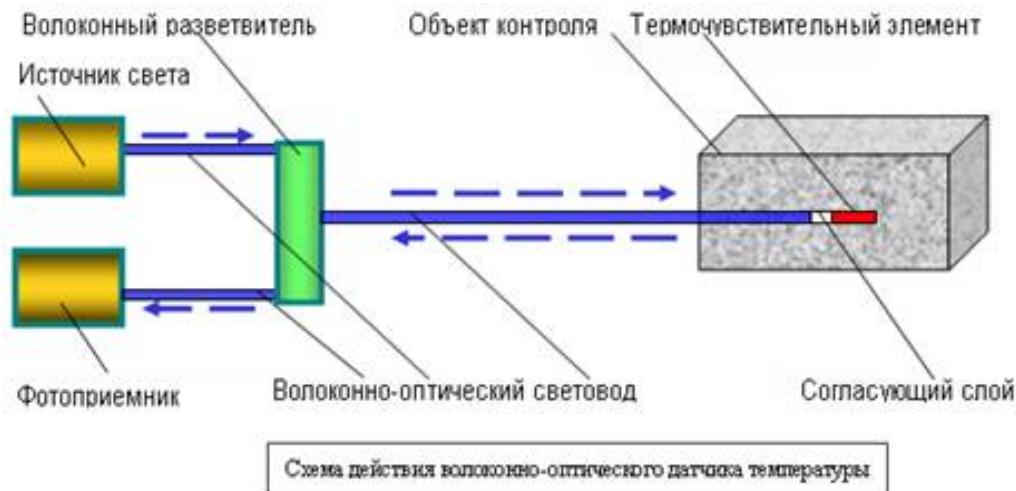
- многофункциональностью по измеряемому параметру информативного сигнала;
- высокой чувствительностью к параметрам информативного сигнала;
- малыми массогабаритными параметрами;
- трудностями для обнаружения ВО ТСП;
- удаленностью от источника информации;



## 5. Волоконно-оптические измерительные системы в ТКУИ.

### ○ Волоконно-оптические датчик температуры

#### ❖ бриллюеновский волоконно-оптические датчик температуры



- возможности: проведение сосредоточенных и распределенных измерения температуры с точностью выше  $0,01^{\circ}\text{C}$  в диапазонах от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $500^{\circ}\text{C}$  и других
- применение: системы мониторинга строительных конструкций, нефтегазовых скважин, пожарной сигнализации и другое

## 5. Волоконно-оптические измерительные системы в ТКУИ.

### ○ Волоконно-оптические брэгговский датчик

---

**Назначение:** предназначен для мониторинга линейных механических деформаций различных объектов – сложных конструкций, инженерных сооружений, для контроля эволюции дефектов конструкций, мониторинга ландшафтных разломов, как внутри, так и вне помещения, а также может применяться в условиях сильных электромагнитных полей, повышенного радиационного фона.

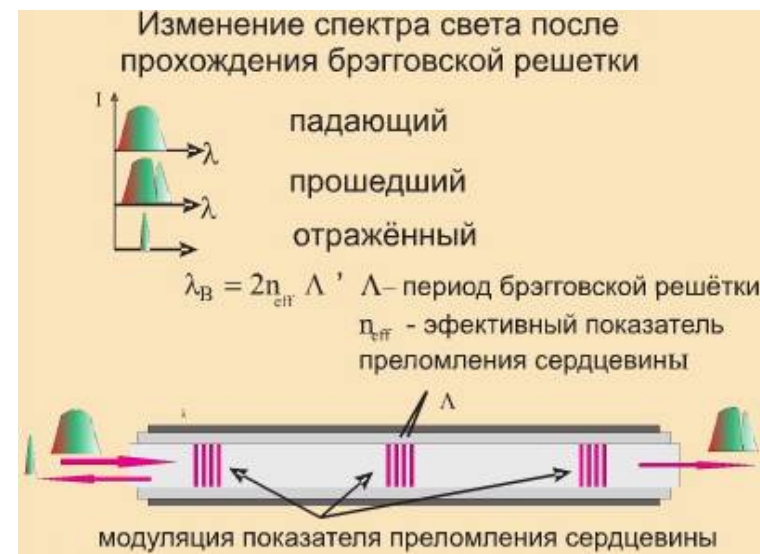
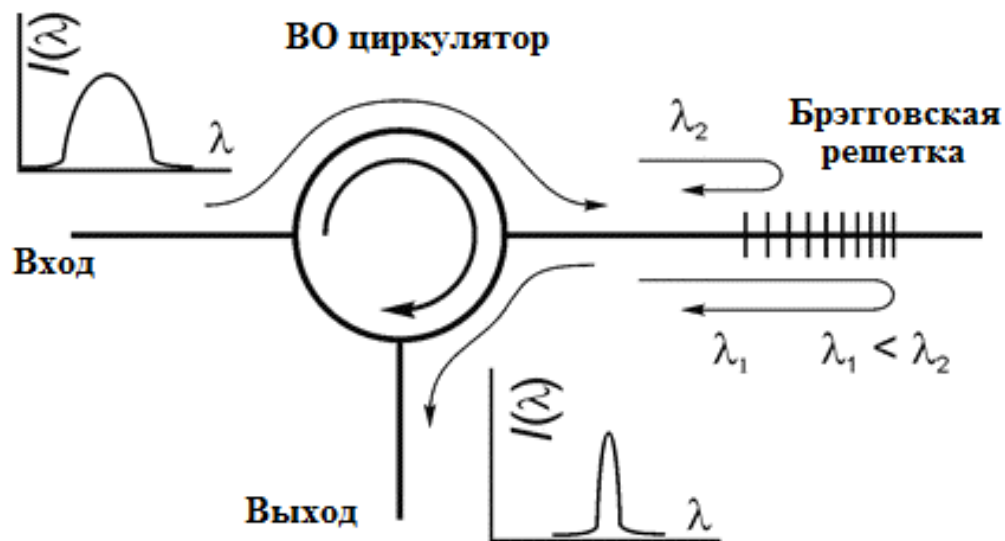
#### Основные технические характеристики датчика

Рабочий диапазон измеряемых деформаций (отн. лин. деформация):	$0 - 2 \cdot 10^{-3}$
Рабочий диапазон температур:	$-60 - +150 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Наработка:	не менее 100000 часов
Стабильность показаний в пределах срока службы (отн. лин. деформация):	$5 \cdot 10^{-6}$
Разрешение (отн. лин. деформация):	$10^{-6}$
Стабильность показаний температурного компенсатора:	$\pm 0.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Рабочая длина волны $\lambda_B$ при температуре 23 $^{\circ}\text{C}$ :	1510 – 1590 нм
Коэффициент отражения на рабочей длине волны $\lambda_B$ :	0.3 – 0.99

## 5. Волоконно-оптические измерительные системы в ТКУИ.

### ○ Волоконно-оптические брэгговский датчик

**Принцип работы:** датчик представляет собой пассивный чувствительный элемент и является спектрально селективным преобразователем оптического сигнала. В основе датчика лежит внутриволоконная брэгговская решетка, имеющая узкий ( $\Delta\lambda \sim 0.4$  нм) спектр отражения. Изменение расстояния между точками крепления датчика (деформация объекта) приводит к линейной упругой деформации датчика, а следовательно к изменению брэгговской длины волны  $\lambda_B$  за счет изменения периода решетки. Датчик также является чувствительным к изменению температуры окружающей среды. Для учета эффекта термического воздействия на сенсорный элемент датчик комплектуется дополнительным брэгговским сенсорным элементом, который выполняет роль датчика температуры.

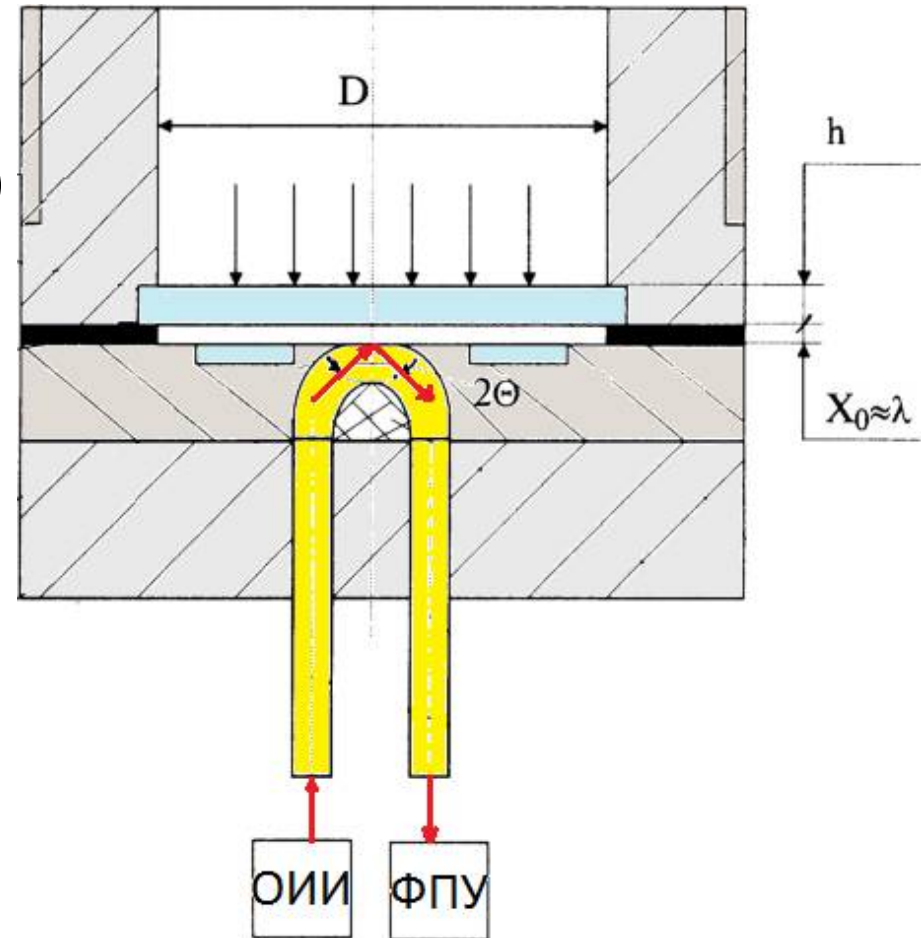


## 5. Волоконно-оптические измерительные системы в ТКУИ.

### ○ Волоконно-оптический датчик на основе туннелирования света

туннелирование света через малый зазор при угле падения света большем критического угла (угла полного внутреннего отражения)

датчики на основе оптического туннелирования обладают высокой чувствительностью



## 5. Волоконно-оптические измерительные системы в ТКУИ.

### ○ Недостатки ВОИС

---

- ❖ высокая чувствительность ко всем внешним воздействиям создает высокую зашумленность информативного сигнала;
- ❖ плохая повторяемость отклика волоконно-оптических измерений на внешнее воздействие приводит к трудностям реализации точных измерений;
- ❖ деградация материала волокна и параметров измерения во времени при не контролируемом воздействии внешней среды;
- ❖ недостатки ВОИС в ТКУИ не являются критичными, так как качество информативного сигнала может быть значительно повышена системами различной обработки и комплексными измерениями

## Темы для обсуждения по лекциям 19-20

«Волоконно-оптические технологии ТСП»

Преимущества и возможности волоконно-оптических ТСП.

Волоконно-оптические ТСП: визуальное наблюдение.

Волоконно-оптические ТСП: акустические измерения.

Волоконно-оптические ТСП: электромагнитные измерения.

Волоконно-оптические измерительные системы в ТКУИ.

## Темы для обсуждения по лекциям 21

«ТСЗИ от волоконно-оптических ТСП»

Возможные методы обнаружения и нейтрализации волоконно-оптических ТСП

<http://www.analitika.info/>

размещены дополнительные материалы по теме «ИБВОТ»