

УДК 681.7.068

**В.И. Борисов, д-р физ.-мат. наук, доц., Е.М. Силутина, И.В. Шилова****МНОГОЭЛЕМЕНТНЫЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ТЕНЗОДАТЧИКИ**

Предложены две схемы многоэлементного волоконно-оптического датчика деформации растяжения-сжатия, позволяющие увеличить чувствительность и применить некогерентные источники излучения для возбуждения волоконных световодов.

В настоящее время разработано большое количество волоконно-оптических первичных преобразователей различных физических величин [1...3]. Многие из этих схем могут быть использованы в качестве датчиков деформации различных технических устройств. Из большого разнообразия конструкций волоконно-оптических датчиков наиболее простыми и надежными являются амплитудные датчики, использующие изменение потерь в изогнутых волоконных световодах. Главным недостатком таких датчиков является низкая чувствительность по сравнению с интерференционными и поляризационными волоконно-оптическими датчиками. Поэтому не прекращаются поиски возможностей повышения чувствительности изгибных датчиков. Исследования идут в направлении использования многоэлементных конструкций, содержащих в одном датчике различные типы оптических волокон [4], применением микроструктурных волоконных световодов [5] и регистрацией изменения спектральных характеристик излучения под механическим воздействием на изогнутый световод [6].

Для повышения чувствительности таких тензодатчиков в работе предложена схема многоэлементного одноканального волоконно-оптического тензодатчика растяжения-сжатия, которая приведена на рис. 1.

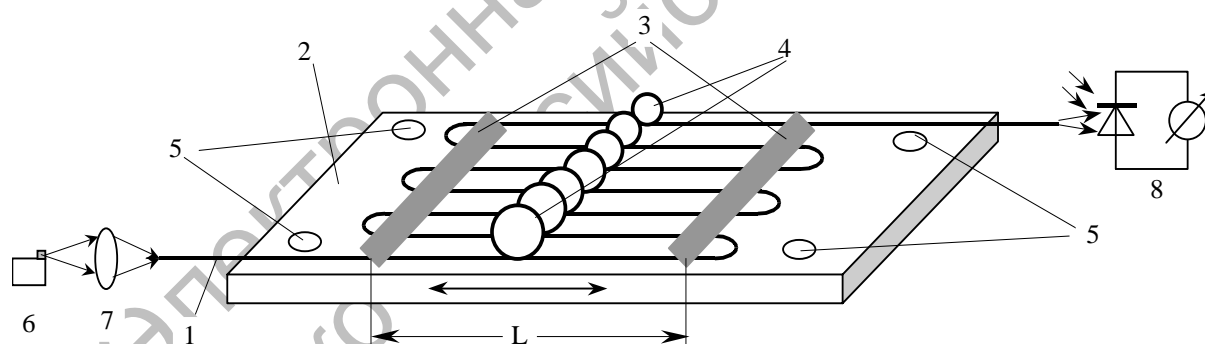


Рис. 1. Схема многоэлементного одноканального волоконно-оптического тензодатчика на одном волоконном световоде: 1 – волоконный световод; 2 – резиновая подложка; 3 – клей; 4 – волоконные петли; 5 – устройство для крепления волокна на контролируемом объекте; 6 – полупроводниковый лазер; 7 – микрообъектив; 8 – устройство регистрации лазерного излучения; L – измерительная база

Основой предлагаемой конструкции волоконно-оптического тензодатчика растяжения-сжатия является зигзагообразный световод 1, который приклеен на резиновой подложке 2 с помощью полосок клея 3. В средней части между приклеенными участками световода образует петли 4, которые представляют собой первичный преобразователь тензодатчика. Резиновая подложка с помощью клея или других механических устройств 5 крепится на деформируемом объекте контроля. В качестве источника излучения применяется полупроводниковый лазер 6, излучение которого с помощью восьмикратного микрообъек-

тива 7 вводится в волоконный световод. Лазерное излучение, прошедшее волоконный световод излучения, измерялось устройством регистрации излучения 8, в качестве которого использовался ваттметр оптический поглощаемой мощности ОМЗ-65. Двухсторонняя стрелка показывает направление деформации резиновой подложки.

В экспериментах в качестве чувствительного элемента использовался многомодовый кварц-кварцевый волоконный световод в полимерной защитной оболочке диаметром 300 мкм с диаметром световедущей сердцевины 50 мкм и диаметром стеклянной оболочки 125 мкм. Диаметр петель был выбран 4...5 мм, так как проведенные эксперименты показали, что для данного типа волоконного световода при таком радиусе изгиба датчик имеет наибольшую чувствительность. Исследовались датчики с количеством петель от 1 до 20. Измерительная база составляла 20 мм. Работоспособность датчика проверялась в модельных условиях, когда резиновая подложка растягивалась с помощью винтового устройства, а величина растяжения контролировалась индикатором часового типа.

Волоконно-оптический датчик работает следующим образом. При растяжении объекта контроля растягивается и резиновая подложка. В этом случае в волоконном световоде радиус петель уменьшается, что приводит к преобразованию мод и выходу энергии мод высших порядков в защитную полимерную оболочку и поглощению излучения в ней. Вследствие этого поток излучения, попадающий на устройство регистрации излучения, уменьшается.

На рис. 2 приведены зависимости выходного сигнала от деформации растяжения-сжатия для датчика с одним витком и для датчика с 11 витками.

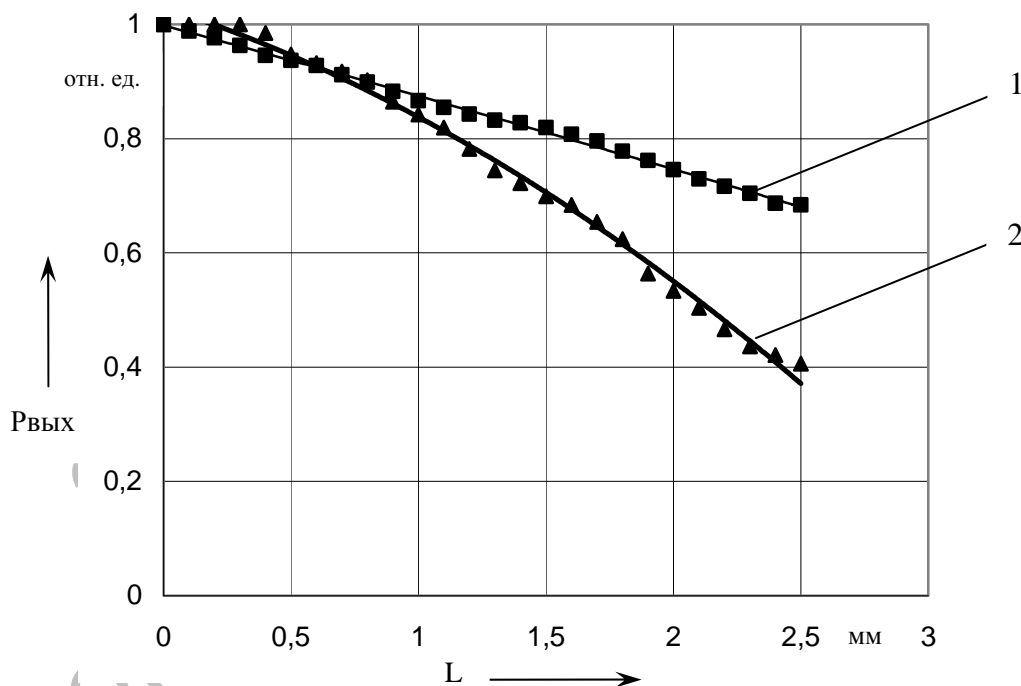


Рис. 2. Зависимость выходного сигнала тензодатчика от деформации растяжения-сжатия: 1 – для датчика с одним витком; 2 – для датчика с 11 витками

Из графиков видно, что чувствительность датчика с 11 витками в 2 раза выше, чем у датчика с одним витком. Таким образом, для повышения чувствительности одноканального тензодатчика следует увеличивать количество витков на подложке.

Для того чтобы получить более стабильные характеристики тензодатчика и упростить его конструкцию в части облегчение ввода излучения в волоконные световоды, в

работе предлагается многоэлементная многоканальная схема волоконно-оптического тензодатчика. Она представлена на рис. 3.

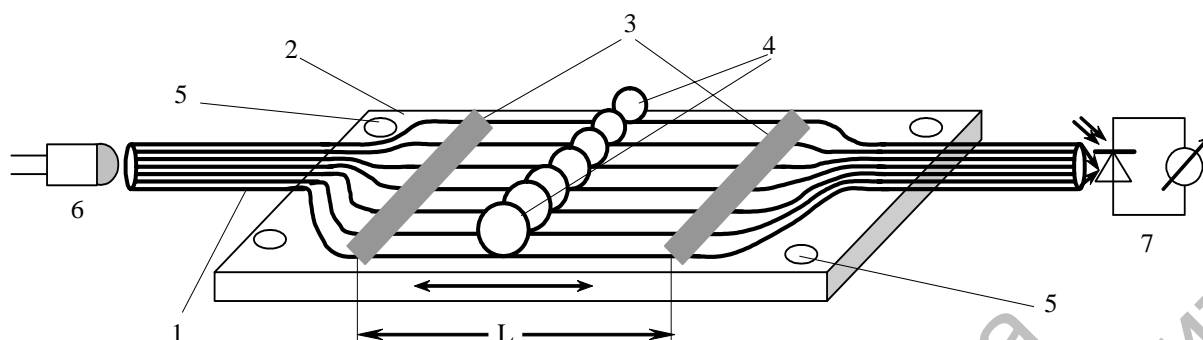


Рис. 3. Схема многоэлементного многоканального волоконно-оптического тензодатчика на волоконно-оптическом жгуте: 1 – волоконно-оптический жгут; 2 – резиновая подложка; 3 – клей; 4 – волоконные петли; 5 – устройство для крепления волокна на контролируемом объекте; 6 – источник излучения; 7 – устройство регистрации излучения; L – измерительная база

Первичным преобразователем и устройством для передачи излучения от источника к фотоприемнику этого тензодатчика является волоконно-оптический жгут 1, содержащий много отрезков кварц-кварцевого волоконного световода в полимерной защитной оболочке диаметром 300 мкм с диаметром сердцевины 50 мкм и диаметром стеклянной оболочки 125 мкм. На концах жгута волокна собраны и склеены вместе в виде цилиндра, а в средней части оптические волокна не соединены друг с другом и по отдельности приклеены к резиновой подложке 2 с помощью клея 3. В этой части между приклеенными участками каждый из отрезков световода образует одну петлю 4 диаметром 4...5 мм. Таким образом, каждый отдельный отрезок световода представляет собой одноканальный изгибный датчик. Резиновая подложка с помощью клея или других механических устройств 5 крепится на деформируемом объекте контроля.

В качестве источника излучения 6 в экспериментах использовались полупроводниковый лазер, лампа накаливания и светодиод, которые непосредственно без всяких согласующих устройств приставлялись к входному концу волоконно-оптического жгута. В качестве приемника излучения 7 использовался ваттметр оптический поглощаемой мощности ОМЗ-65.

Принцип работы этого тензодатчика совершенно одинаковый, как и для одноканального многоэлементного, который описан выше.

Зависимость выходного сигнала от деформации растяжения-сжатия для многоканального тензодатчика с лазером и ИК-светодиодом в качестве источника излучения представлена на рис. 4.

Из графиков видно, что чувствительность датчика с лазером в качестве источника излучения ниже, чем с ИК-светодиодом. Это объясняется тем, что при применении высоконаправленного лазера в качестве источника излучения преимущественно возбуждаются моды низких порядков, а моды высших порядков волоконных световодов возбуждаются не в полной мере. А именно моды высших порядков преобразуются в излучательные моды световода и в большей степени влияют на чувствительность датчика.

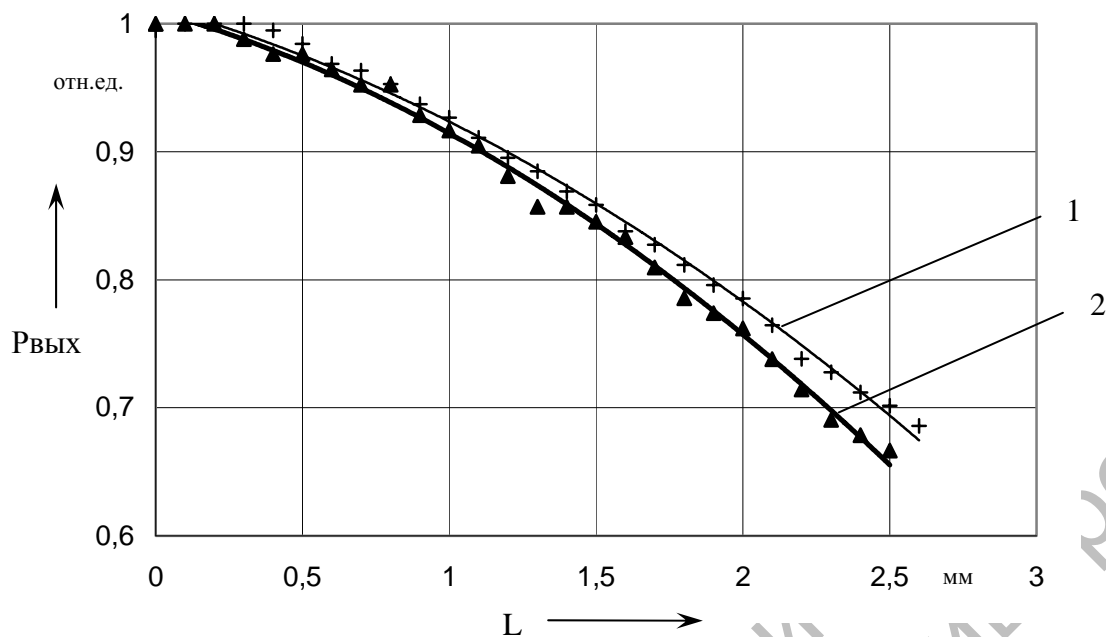


Рис. 4. Зависимость выходного сигнала тензодатчика от деформации растяжения-сжатия при использовании различных источников излучения: 1 – лазер; 2 – ИК-светодиод

Следовательно, для создания высокочувствительных многоканальных волоконно-оптических тензодатчиков предпочтительнее использование некогерентных источников излучения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Окоси, Т.** Волоконно-оптические датчики / Т. Окоси, К. Окамото, М. Оцу ; под ред. Т. Окоси. – Л. : Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1990. – 256 с.
2. **Красюк, Б. А.** Оптические системы связи и световодные датчики. Вопросы технологии / Б. А. Красюк, Г. И. Корнеев. – М. : Радио и связь, 1985. – 192 с.
3. **Бусурин, В. И.** Волоконно-оптические датчики: Физические основы, вопросы расчета и применения / В. И. Бусурин, Ю. Р. Носов. – М. : Энергоатомиздат, 1990 - 256 с.
4. **Donlagic, D.** Fiber-optic microbend sensor structure / D. Donlagic, M. Zavrsnik // Opt.Lett. - 1997. - Vol. 22, № 11. - P. 837-839.
5. Tunable fiber grating fabricated in photonic crystal fiber by use of mechanical pressure / J. H. Lim [etc.] // Opt.Lett. - 2004. - Vol. 29, № 4. - P. 331-333.
6. **Ivanov, O. V.** Wavelength shift and split of cladding mode resonances in microbend long-period fiber gratings under torsion / O. V. Ivanov // Opt. Commun. - 2004. - Vol. 232, № 1-6. - P. 159-166.

Белорусско-Российский университет  
Материал поступил 20.10.2005

**V.I. Borisov, E.M. Silutina, I.V. Shilova**  
**The multiple-unit fiber-optic sensor**  
**of the deformation**  
Belarusian-Russian University

Two schemes of the multiple-unit fiber-optic sensor of the deformation the sprain-compressions allowing enlarge sensitivity and use noncoherent sources of radiation for excitement the optical fibers is presented.