

## Оптимизация структуры оптического векторного датчика изгибов и напряжений на основе микроструктурированного волокна с тремя сердцевинами

И. А. ГОНЧАРЕНКО\*, М. МАРСИНЬЯК\*\*, А. И. КОНОЙКО\*\*\*, В. Н. РЯБЦЕВ\*

\* Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь, Минск, Беларусь,  
e-mail: v.reabtsev@gmail.com

\*\* Национальный институт связи, Варшава, Польша

\*\*\* Институт физики Национальной Академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

*Предложен оптический датчик с чувствительным элементом в виде микроструктурированного волокна с тремя сердцевинами для измерений направления, величины и локализации изгибов и напряжения в строительных и инженерных конструкциях. Проанализировано распределение полей мод в сердцевинах волокна в зависимости от его структуры и изгиба. Рассмотрена оптимизация параметров чувствительного элемента датчика.*

**Ключевые слова:** оптический датчик, микроструктурированное волокно с несколькими сердцевинами, изгиб волокна, распределение полей мод, метод линий.

*The optical sensor for direction and values measurements and localization of bends and stresses in building and engineering structures is proposed. The sensitive element of the sensor is the microstructured fiber with three cores. The distribution of mode fields in fiber cores depending on fiber structure and bend is analyzed. The optimization of the sensitive element parameters is considered.*

**Key words:** optical sensor, microstructured multicore fiber, fiber bend, mode field distribution, method of lines.

Чтобы обеспечить безопасное функционирование зданий, мостов, туннелей, дамб, строительных кранов и других сооружений, требуется постоянно контролировать их состояние: изгиб, напряжение, деформацию, температуру, вибрации, трещинообразование, однородность конструктивных элементов и т. д. Полученная информация о контролируемых параметрах позволяет рассчитать осадку фундамента и внутренние напряжения в конструкциях сооружений, перемещение элементов конструкций с учетом углов поворота, а также на основе численного моделирования и сопоставления измеренных данных с эталонными сделать вывод о степени безопасности эксплуатации сооружений.

Весьма привлекательными инструментами для контроля строительных и инженерных конструкций различного назначения являются волоконно-оптические информационно-измерительные системы [1—3]. Датчики на основе оптических волокон имеют значительные преимущества перед традиционными устройствами. Они отличаются высокой механической прочностью, стойкостью к повышенным температурам, вибрациям и другим воздействиям окружающей среды, отсутствием электромагнитных помех, химической инертностью, позволяют выполнять бесконтактные и дистанционные измерения. Введение волоконно-оптических сенсоров в структуру сооружений дает возможность отслеживать изменение их состояния в течение длительного времени по большому числу результатов непрерывных измерений, собранных на центральном пункте слежения.

Волоконно-оптические датчики можно условно разделить на три типа: точечные, распределенные и квазираспределенные [1, 3—5]. Точечные датчики позволяют проводить измерения и контролировать параметры в определенной точке объекта, как и большинство неволоконных датчиков. Обычно, такие датчики имеют малые размеры и высокую точность измерения. Чаще всего используют точечные

датчики на основе волоконно-оптических брэгговских решеток (ВБР), длиннопериодных решеток и интерферометров. Они служат в качестве локальных термометров, тензодатчиков, датчиков давления, акселерометров и т. п.

Бесспорное преимущество распределенных датчиков — возможность непрерывного контроля параметров по длине (объему) объекта в любой его точке, где установлен сенсорный световод. Принцип действия таких систем основан на анализе изменения параметров по длине волновода и на нелинейных эффектах. Недостаток распределения измеряемого параметра по длине — относительно невысокая точность фиксации локализации возмущения (несколько метров по длине) и относительно невысокая точность измерения длины. Распределенные сенсорные системы можно применять для контроля больших территорий в качестве датчиков радиации и температуры, анализа градиентов температур и т. д.

Измерительные системы на основе квазираспределенных датчиков объединяют в себе преимущества первых двух схем. Квазираспределенный датчик представляет собой массив точечных сенсорных элементов объединенных одним общим волноводом. Каждый элемент отличается уникальными характеристиками, что позволяет проанализировать его состояние независимо от других сенсорных элементов. Точность таких систем зависит от точности отдельных датчиков, а массив может содержать более 100 элементов. Сенсорные массивы позволяют проводить мониторинг сложных объектов, анализировать градиент распределения температуры, нагрузок, давления, контролировать большое количество точечных объектов. Однако квазираспределенные датчики не обеспечивают измерения в произвольной точке объекта по всей длине волокна и поэтому не заменяют полностью распределенные датчики. Кроме того, для передачи данных от набора датчиков по одному волокну необходимо

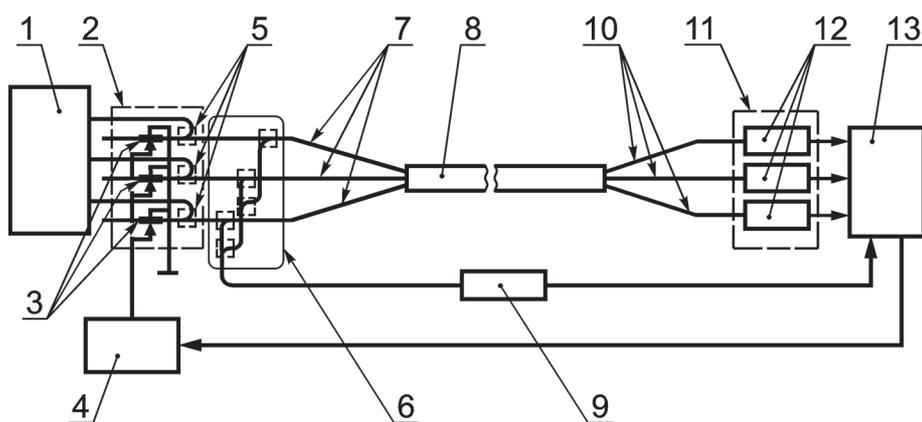


Рис. 1. Структурная схема волоконно-оптического векторного датчика изгибов и напряжений:

1 — широкополосный источник излучения; 2 — управляемый спектральный фильтр; 3 — волоконно-оптические брэгговские решетки; 4 — блок управляющего напряжения; 5, 6 — Y-образные разветвители; 7, 10 — входящие и выводящие оптические волокна; 8 — микроструктурированное волокно (чувствительный элемент); 9 — фотоприемник излучения обратного хода; 11 — блок фотоприемников 12; 13 — измеряющее устройство

использовать системы мультиплексирования сигналов и набор фотоприемников. Число сенсорных элементов ограничено числом каналов по длинам волн.

Практический интерес представляет разработка и оптимизация структуры распределенных датчиков для непрерывного измерения контролируемых параметров объекта. Одним из способов повышения точности распределенных датчиков может быть измерение на нескольких длинах волн и последующее усреднение регистрируемого сигнала. При этом волокна должны работать в одномодовом режиме для всего используемого диапазона длин волн, что может быть достигнуто применением микроструктурированных волокон. Такие волокна сочетают возможности получения сложных микроструктур с относительной простотой их изготовления и работой в одномодовом режиме в более широком спектральном диапазоне, чем обычные волокна [6—9]. В качестве чувствительного элемента предпочтительнее волокна с двумя и более световедущими сердцевинами [10—17]. Изменяя диаметр  $d$  и количество  $N$  слоев воздушных отверстий, расстояния между отверстиями  $\Lambda$  и сердцевинами в микроструктурированных волокнах, можно контролировать свойства оптических волокон (дисперсию, потери, спектральный диапазон одномодового режима работы, числовую апертуру и эффективную площадь моды) и управлять распределением полей мод, тем самым модифицируя характеристики датчика.

Один из недостатков существующих датчиков — отсутствие возможности определять направление изгиба, что важно, например, при использовании датчиков для мониторинга состояния мостов, строительных кранов, лопастей ветровых турбин и т. д. Таким образом, существует необходимость разработки датчиков, которые позволяют измерять как величину, так и направление деформаций по всей длине контролируемого объекта с достаточной для практики точностью.

Ниже описан векторный датчик изгибов и напряжений на основе микроструктурированного волокна с тремя сердцевинами, рассмотрены его структурная схема и принципы функционирования. Подобный датчик можно использовать как в качестве точного измерителя величины и направления

изгибов и смещений строительных конструкций, так и для измерений их внутренних усилий и напряжений. Отсюда возникает необходимость оптимизации параметров сенсорных элементов датчиков в зависимости от их назначения. Для этого проведен расчет распределения полей мод в сердцевинах волокна и оценена его зависимость от изгибов и структуры волокна.

**Структурная схема и принципы функционирования датчика.** Структурная схема приведена на рис. 1. Датчик состоит из широкополосного источника излучения 1 в виде матрицы из трех светодиодов, управляемого спектрального фильтра 2 на основе ВБР, чувствительного элемента 8, блока управляющего напряжения 4, фотоприемника излучения обратного хода 9, блока фотоприемников 11 и измеряющего устройства 13. В качестве чувствительного элемента датчика использовано микроструктурированное волокно с тремя сердцевинами, что соответствует симметрии гексагональ-

ной структуры волокна и позволяет вычислять направления изгиба по наиболее простому алгоритму [16, 17].

Излучение от широкополосного источника одновременно поступает через подводящие оптические волокна на соответствующие входы сердцевин микроструктурированного оптического волокна. Изгиб волокна вызывает перераспределение оптической мощности световых мод между сердцевинами [14, 15]. Разность между амплитудами мод в различных сердцевинах возрастает с уменьшением радиуса изгиба. Таким образом, сравнивая измеренную мощность в сердцевинах микроструктурированного волокна, можно определить радиус его изгиба, а направление изгиба находить по соотношению амплитуд излучения отдельных диапазонов длин волн в сердцевинах.

Управляемые ВБР служат для измерения частотных составляющих входящих на фотоприемники сигналов. Для повышения точности измерения изгиба микроструктурированного волокна в каждую его сердцевину можно подавать набор сигналов на разных длинах волн, причем их спектральные диапазоны для каждой сердцевины различны. При изгибе волокна оптическая мощность на разных длинах волн будет перераспределяться по всем сердцевинам. По команде от измеряющего устройства на электроды ВБР поступает управляющее напряжение. Под его воздействием изменяется показатель преломления в электрооптическом материале, что приводит к изменению длины световой волны, при которой отражение от ВБР максимально (брэгговской длины волны). Вследствие этого ВБР одновременно отражают излучение одной и той же длины волны в обратном направлении. Таким образом, подавая переменное управляющее напряжение на электроды ВБР, можно последовательно сканировать спектр сигнала, входящего на фотоприемники. Усредняя выходящие из чувствительного элемента сигналы на разных длинах волн, можно определять направление и величину изгиба с большей точностью.

При распространении оптического излучения по микроструктурированному волокну по всей его длине возникает обратное излучение. Временная зависимость интенсивности

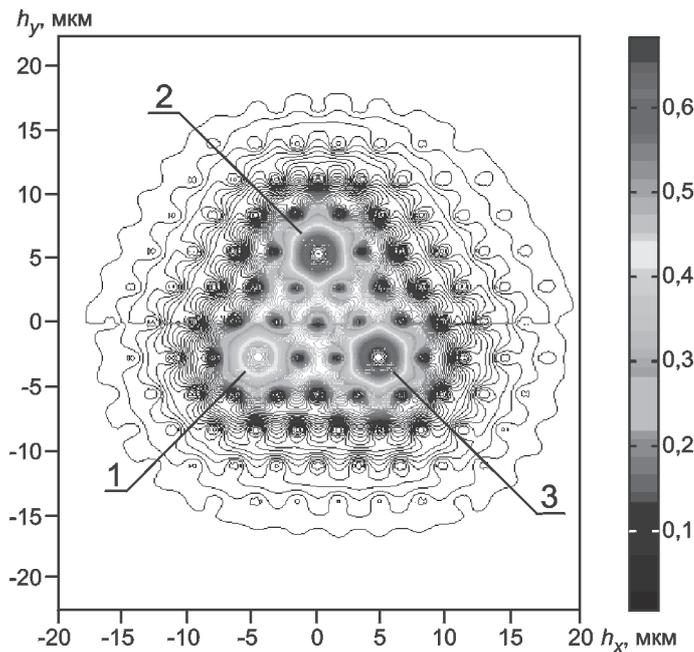


Рис. 2. Поперечное распределение интенсивности оптического излучения в сердцевине микроструктурированного волокна с радиусом изгиба  $R = 10$  см и разнесением сердцевин (1—3) в два отверстия,  $d/\Lambda = 0,2$ ,  $\Lambda = 3,2$  мкм,  $\lambda = 1,5$  мкм;  $h$  — поперечный размер

ти светового потока обратного хода регистрируется фотоприемником излучения обратного хода и позволяет рассчитать местоположение изгиба, т. е. локализацию внешнего воздействия на сенсорный элемент.

**Поле мод и оптимизация конструкции датчика.** Для расчета распределения полей мод и дисперсионных характеристик микроструктурированных волокон с несколькими сердцевинами был разработан алгоритм, основанный на методе линий [14, 15, 18—21]. На базе этого алгоритма было рассчитано поперечное распределение полей распространяющихся по волокну мод при различных радиусах  $R$  изгиба и параметрах волокна (отношениях  $d/\Lambda$ , расстояниях между сердцевинами и т. д.).

Результаты расчетов приведены на рис. 2—4. На рис. 2 представлено контурное изображение распределения интенсивности оптического излучения с длиной волны  $\lambda = 1,5$  мкм в сердцевине изогнутого микроструктурированного волокна с разнесением сердцевин в два отверстия,  $d/\Lambda = 0,2$ ,  $\Lambda = 3,2$  нм,  $R = 10$  см. Как следует из рис. 2, при изгибе волокна энергия моды перераспределяется между сердцевинами. При этом отношение оптических мощностей, распространяющихся по двум сердцевинам, определяет величину изгиба, а относительная доля оптической энергии в каждой из трех сердцевин зависит от направления изгиба. Таким образом, по соотношению интенсивностей оптического излучения в трех сердцевинах волокна можно найти как направление, так и величину его изгиба. Например, на рис. 2 направление изгиба соответствует линии, соединяющей сердцевини 1 и 3, между которыми, главным образом, и происходит перераспределение оптической энергии вследствие изгиба. При изменении направления изгиба на  $60^\circ$  энергия перераспределяется в основном между сердцевинами 1 и 2 и т. д.

На рис. 3 приведены максимальные значения амплитуд полей мод в сердцевинах 1 и 3 волокна, расположенных на

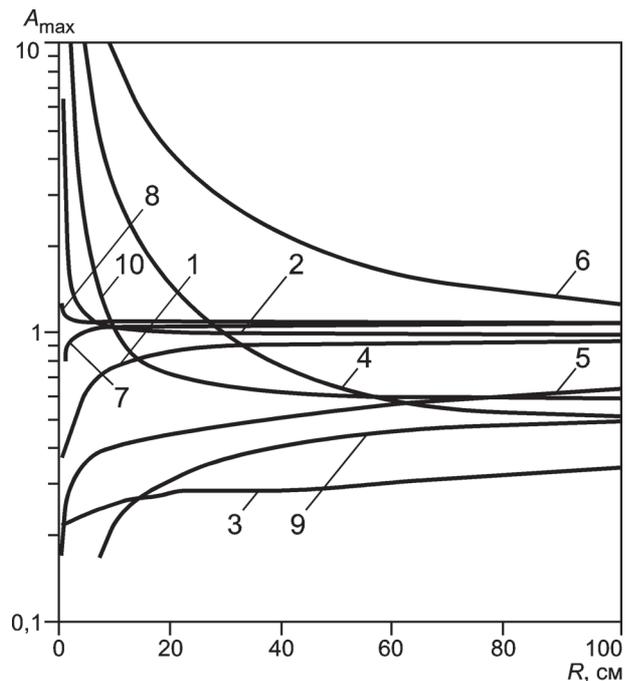


Рис. 3. Максимальные значения амплитуд  $A_{\max}$  полей мод в сердцевинах 1 и 3 (см. рис. 2) волокна, расположенных на оси изгиба радиусом  $R$  при различных разнесениях сердцевин,  $d/\Lambda$  и  $\Lambda$ ,  $\lambda = 1,5$  мкм: 1, 2 — разнесение сердцевин в два отверстия,  $d/\Lambda = 0,2$ ,  $\Lambda = 3,2$  мкм; 3, 4 — в два отверстия,  $d/\Lambda = 0,4$ ,  $\Lambda = 3,2$  мкм; 5, 6 — в пять отверстий,  $d/\Lambda = 0,2$ ,  $\Lambda = 3,2$  мкм; 7, 8 — в два отверстия,  $d/\Lambda = 0,2$ ,  $\Lambda = 1,6$  мкм; 9, 10 — в два отверстия,  $d/\Lambda = 0,2$ ,  $\Lambda = 4,8$  мкм

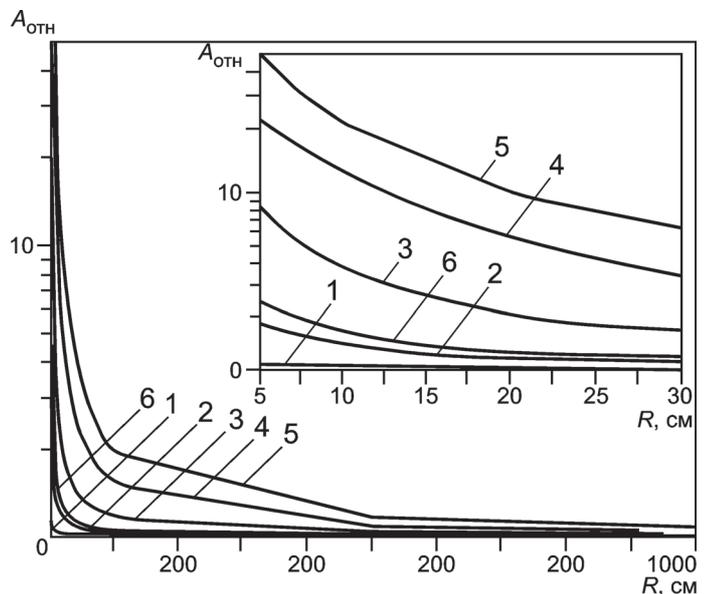


Рис. 4. Зависимость относительных амплитуд  $A_{\text{отн}}$  полей мод в сердцевинах волокна, расположенных на оси изгиба, для волокон с разнесением сердцевин в два отверстия (1 —  $\Lambda = 1,6$  мкм,  $d/\Lambda = 0,2$ ; 2 —  $\Lambda = 3,2$  мкм,  $d/\Lambda = 0,2$ ; 3 —  $\Lambda = 4,8$  мкм,  $d/\Lambda = 0,2$ ; 4 —  $\Lambda = 3,2$  мкм,  $d/\Lambda = 0,4$ ), в пять отверстий (5, 6 —  $\Lambda = 3,2$  мкм,  $d/\Lambda = 0,2$ ) — соответственно для  $\lambda = 1,5$  и  $1,3$  мкм

оси изгиба, нормированных на амплитуду моды в сердцевине 2 (номера сердцевин соответствуют рис. 2), длина волны оптического излучения  $\lambda = 1,5$  мкм. Кривые 1, 2 на рис. 3 описывают соответственно распределение мод в указанных

сердцевинах волокна с  $d/\Lambda = 0,2$ , кривые 3, 4 — с  $d/\Lambda = 0,4$  и разнесением сердцевин в два отверстия; кривые 5, 6 — в волокнах с  $d/\Lambda = 0,2$  и разнесением в пять отверстий; для всех этих кривых расстояние между отверстиями в волокне составляет  $\Lambda = 3,2$  мкм. Кривые 7, 8 представляют соответственно амплитуды мод в тех же сердцевинах оптического волокна с их разнесением в два отверстия,  $\Lambda = 1,6$  мкм; кривые 9, 10 относятся к волокну с  $\Lambda = 4,8$  мкм; при этом отношение  $d/\Lambda = 0,2$ .

На рис. 4 показаны относительные амплитуды полей в правой и левой по отношению к изгибу сердцевинах для волокон с разнесением в два отверстия,  $\Lambda = 1,6$  мкм,  $d/\Lambda = 0,2$  (кривая 1);  $\Lambda = 3,2$  мкм,  $d/\Lambda = 0,2$  (2);  $\Lambda = 4,8$  мкм,  $d/\Lambda = 0,2$  (3);  $\Lambda = 3,2$  мкм,  $d/\Lambda = 0,4$  (4) и разнесением в пять отверстий для  $\Lambda = 3,2$  мкм,  $d/\Lambda = 0,2$  (5) при  $\lambda = 1,5$  мкм. Кривая 6 построена для параметров, аналогичных кривой 5, но при  $\lambda = 1,3$  мкм.

Как следует из рис. 2—4, волокна с большим отношением  $d/\Lambda$ , т. е. с большим воздушным заполнением, а также волокна с большим разнесением сердцевин оказываются чувствительнее к изгибам. В таких волокнах поля мод сильнее сконцентрированы в отдельных сердцевинах, и любое нарушение стационарных условий приводит к значительной перекачке энергии из одной сердцевины в другую. В волокнах с меньшими  $d/\Lambda$ ,  $\Lambda$  или меньшим разнесением сердцевин взаимодействие полей мод друг с другом в различных сердцевинах оказывается сильнее, и такая конфигурация устойчивее к внешним воздействиям. Так, для волокон с  $d/\Lambda = 0,2$  и разнесением в два отверстия заметная перекачка оптической мощности между сердцевинами происходит при радиусах изгиба  $R \approx 500$  см, а при увеличении разнесения до пяти отверстий — при  $R < 900$  см. Резкое увеличение концентрации мощности в одной сердцевине, которая уже непригодна для измерения, и сопутствующие этому большие потери на излучение наступают для таких волокон соответственно при  $R \approx 1,5$  и 10 см. Для волокон с  $\Lambda = 1,6$  и 4,8 мкм заметное увеличение перекачки мощности мод между сердцевинами происходит соответственно при  $R = 300$  и 600 см. Резкое увеличение концентрации мощности в одной сердцевине возникает при  $R \approx 1$  и 15 см.

Уменьшение  $\lambda$  также приводит к увеличению чувствительности датчика. Однако поскольку изменение  $\lambda$  возможно лишь в ограниченном диапазоне, таким образом можно только незначительно увеличить перекачку мощности мод из одной сердцевины в другую при изгибе волокна.

**Заключение.** Предложена структура и принципы функционирования распределенного оптического векторного датчика изгибов и напряжений на основе микроструктурированного волокна с тремя сердцевинами, имеющего более высокую точность, чем у существующих распределенных датчиков. Это достигается измерением на нескольких длинах волн и последующим усреднением регистрируемого сигнала, что обеспечивается применением в качестве чувствительного элемента микроструктурированного волокна, имеющего широкий спектральный диапазон одномодового режима работы. Использование волокна с тремя сердцевинами позволяет определять направление деформаций, а измерение обратного рассеяния — их локализации по длине волокна.

Проведена оптимизация чувствительного элемента на основе численных расчетов параметров и распределения полей мод по сердцевинам микроструктурированного волокна в зависимости от его структуры и изгиба. Показано, что

волоконно-оптические датчики, сенсорным элементом которых служит волокно с малым разнесением сердцевин и малым воздушным заполнением (малым  $d/\Lambda$ ), обладают большим диапазоном измерения  $R$ , и их предпочтительнее использовать для измерения деформаций гибких конструкций. Например, волокна с  $d/\Lambda = 0,2$ ,  $\Lambda = 3,2$  мкм и разнесением сердцевин в два отверстия позволяют измерять изгибы вплоть до  $R = 3$  см. Волокна с большим значением  $d/\Lambda$  и (или) большим разнесением сердцевин более чувствительны к изгибу и обеспечивают большую точность измерения. Поэтому их целесообразнее применять для измерения малых изгибов и отклонений жестких строительных конструкций, т. е. тех эффектов, которые вызывают внутренние напряжения в таких элементах и могут приводить к их разрушениям. Например, волокна с  $d/\Lambda = 0,4$  позволяют измерять изгибы, начиная с  $R = 800$  см.

Следует иметь в виду, что значительное увеличение разнесения сердцевин волокна или воздушного заполнения фотонно-кристаллической оболочки приведет к тому, что сердцевинки окажутся полностью изолированными друг от друга, моды такой структуры будут соответствовать модам отдельных волокон, и перекачка оптической мощности между сердцевинами будет отсутствовать. Следовательно, такие волокна не позволяют выполнять измерения направления изгиба.

Небольшая корректировка параметров чувствительного элемента датчика возможна при изменении диапазона длин волн оптического излучения.

При инсталляции волокна на поверхности контролируемого объекта следует обращать внимание на его регулярную укладку. Это необходимо, чтобы избежать скручивания волокна, которое может привести к неправильному определению направления изгиба.

Работа выполнена в рамках европейского научного сотрудничества COST, проект MP0702 «Toward Functional Sub-Wavelength Photonic Structures».

#### Л и т е р а т у р а

1. **Гуляев Ю. В. и др.** Волоконно-оптические технологии, устройства, датчики и системы // «Фотон-экспресс» — Наука. 2005. № 6. С. 114—127.
2. **Гармаш В. Б. и др.** Возможности, задачи и перспективы волоконно-оптических измерительных систем в современном приборостроении // Там же. С. 128—140.
3. **Connolly C.** Structural monitoring with fibre optics // Europhotonics. 2009. N 2—3. P. 16—18.
4. **Удд Э.** Волоконно-оптические датчики. Вводный курс для инженеров и научных работников. М.: Техносфера, 2008.
5. **Inaudi D., del Grosso A.** Fiber optic sensors for structural control // Proc. 14<sup>th</sup> World Conf. Earthquake Engineering. Beijing (China), 2008. S 25-013.
6. **Broeng J. e. a.** Photonic crystal fibers: a new class of optical waveguides // Opt. Fiber Technol. 1999. V. 5. N 3. P. 305—330.
7. **Broeng J. e. a.** Waveguidance by the photonic bandgap effect in optical fibres // J. Opt. A: Pure & Appl. Opt. 1999. V. 1. N 4. P. 477—482.
8. **Russell P.** Photonic crystal fibers // Science. 2003. V. 299. P. 358—362.
9. **Russell P. St. J.** Photonic-crystal fibers // J. Lightwave Technol. 2006. V. 24. N 12. P. 4729—4749.

10. Roberts P. J., Shepherd T. J. The guidance properties of multi-core photonic crystal fibres // J. Opt. A.: Pure&Appl. Opt. 2001. V. 3. P. S133—S140.

11. Zhang L., Yang C. A novel polarization splitter based on the photonic crystal fiber with nonidentical dual cores // IEEE Photon. Technol. Lett. 2004. V. 16. P. 1670—1672.

12. Mafi A., Moloney J. V. Shaping modes in multicore photonic crystal fiber // IEEE Photon. Technol. Lett. 2005. V. 17. P. 348—350.

13. Rothwell J. H. e. a. Photonic sensing based on variation of propagation properties of photonic crystal fibres // Opt. Express. 2006. V. 14. N 25. P. 12445—12450.

14. Гончаренко И. А. Излучение и потери на изгибе в микроструктурированных волокнах с несколькими сердцевинами // Вестник Фонда фундаментальных исследований. 2006. № 3. С. 91—98.

15. Goncharenko I. A., Marciniak M. Analysis of propagation of orthogonally polarized supermode in straight and curved multicore microstructured fibres // J. Telecom. and Inform. Technol. 2007. N 4. P. 63—69.

16. Burnett J. G., Blanchard P. M., Greenaway A. H. Optical fibre-based vectorial shape sensor // Strain. 2000. V. 36. N 3. P. 127—133.

17. Blanchard P. M. e. a. Two-dimensional bend sensing with a single, multi-core optical fibre // Smart Material Structures. 2000. N 9. P. 132—140.

18. Pregla R. The method of lines as generalized transmission line technique for the analysis of multilayered structures // Int. J. Electronics Communications (AEÜ). 1996. V. 50. N 3. P. 293—300.

19. Pregla R. The method of lines for the analysis of dielectric waveguide bends // J. Lightwave Technol. 1996. V. 14. P. 634—639.

20. Helfert S. F., Pregla R. The method of lines: a versatile tool for the analysis of waveguide structures // Electromagnetics. 2002. V. 22. P. 615—637.

21. Goncharenko I. A., Helfert S. F., Pregla R. Radiation loss and mode field distribution in curved holey fibers // Int. J. Electronics and Communications (AEÜ). 2005. V. 59. N 3. P. 185—191.

Дата принятия 29.03.2012 г.

## ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

536.5.081:535.233:535.522.2:53.081.7:536.521.3

### Сравнительные исследования ампул высокотемпературной реперной точки плавления эвтектики кобальт — углерод, созданных во ВНИИМ и ВНИИОФИ

Б. Б. ХЛЕВНОЙ\*, Ю. А. СИЛЬД\*\*, М. С. МАТВЕЕВ\*\*, И. А. ГРИГОРЬЕВА\*,  
В. М. ФУКСОВ\*\*

\* Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физических измерений,  
Москва, Россия, e-mail: khlevnoy-m4@vniiofi.ru

\*\* Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева,  
С.-Петербург, Россия

Разработаны и изготовлены ампулы на основе высокотемпературной реперной точки плавления эвтектики кобальт — углерод (1324 °C), предназначенные для радиационной термометрии. Проведены сличения ампул для определения возможной разности температур плавления. Для измерения температуры реперной точки использованы радиационные термометры яркостного типа с узкой спектральной полосой чувствительности в районе длины волны 650 нм. Представлены детали сличений и предварительные результаты, которые демонстрируют совпадение температур сравниваемых ампул в пределах 20 мК.

**Ключевые слова:** реперная точка, кобальт, углерод, эвтектика, сличение, радиационная температура, термометрия, черное тело.

Two Russian national metrological institutes — VNIIM and VNIIOFI — independently designed and created the high-temperature fixed point blackbody cells of the cobalt — carbon eutectic (1324 °C). A comparison of the developed Co-C cells was carried out for determination a probable difference in the cells melting temperatures. Radiance-mode radiation thermometers with central wavelength of about 650 nm were used for the fixed-point melting temperature measurements. This article presents the comparison details and its preliminary results and shows the coincidence between melting temperatures of the compared cells within 20 mK limits.

**Key words:** fixed point, cobalt, carbon, eutectic, comparison, radiation temperature, thermometry, blackbody.

Два ведущих российских национальных метрологических института — Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева (ВНИИМ) и Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физи-

ческих измерений (ВНИИОФИ) — принимают активное участие в международном проекте, организованном Рабочей группой 5 «Радиационная термометрия» Консультативного комитета по термометрии (ККТ) Международного комитета