

**ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ЗАВИСИМОСТИ СПЕКТРАЛЬНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ
КОЭФФИЦИЕНТА ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ**

© 2012 г. М.А. БЕСЧАСТНЫЙ

Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»
e-mail: schastlivyy.mikhail@gmail.com

Задача создания оптического-электронного устройства для исследования зависимости спектрального коэффициента излучения $\varepsilon(\lambda, T)$ от температуры сопряжена с необходимостью предварительного измерения температуры объекта. Получение же знаний о температуре бесконтактными методами до сих пор остаётся проблемой, особенно при исследовании сильно нагретых материалов [1]. Классические методы пирометрии по нескольким длинам волн частично решают данную задачу для материалов, чей коэффициент излучения на исследуемом спектральном участке постоянен (так называемые «серые тела») [2]. Однако если спектральный коэффициент излучения имеет монотонный характер, исследовать его температурную характеристику проблематично без знаний о температуре. Определить же температуру бесконтактным методом проблематично без знаний о спектральном коэффициенте излучения. Актуальность проблемы возрастает ввиду того, что монотонным характером $\varepsilon(\lambda, T)$ обладает большинство твёрдых тел и все металлы [3].

Решение данной задачи можно разделить на три части: методическую, аппаратную и программную.

В качестве метода, используемого в разрабатываемом устройстве для определения температуры и спектрального коэффициента излучения, был выбран метод спектральной пирометрии [4] с применением математического моделирования [5]. Алгоритм метода можно условно разбить на три этапа:

1) нахождение функции $f(\lambda)$, моделирующей коэффициент излучения и восстановление с её помощью экспериментально полученного спектра $\Phi(\lambda, T)$:

$$\Phi^1(\lambda, T) = f(\lambda) \times \Phi(\lambda, T), \quad (1)$$

где $\Phi^1(\lambda, T)$ – восстановленное экспериментальное распределение.

2) нахождение вероятной температуры $T_{ВЕР}$ с помощью классического метода спектральных отношений [2], статистически применяемого к массиву $\Phi^1(\lambda, T)$ [6].

3) нахождение распределения $\varepsilon(\lambda, T)$ из уравнения спектральной плотности потока фотонов для окрашенных тел:

$$\Phi_0(\lambda, T_{ВЕР}) = \varepsilon(\lambda, T) \times \Phi(\lambda, T), \quad (2)$$

где $\Phi_0(\lambda, T_{ВЕР})$ – изотерма Планка для абсолютно черного тела.

Для получения оперативных данных об изменении характеристики коэффициента излучения, аппаратная часть должна содержать регистратор, фиксирующий распределение $\Phi(\lambda, T)$ в режиме реального времени. В качестве такого регистратора был выбран сенсор-миниспектрометр с волоконно-оптическим входом FSD8-02-10, позволяющий получать данные об излучении объекта в диапазоне 240÷1000нм с разрешением до 2нм. В состав спектрометра входит волоконный вход, вогнутая дифракционная решётка и высокочувствительная фотодиодная линейка. Конструкция собрана в монолитном блоке и не содержит перемещаемых элементов. Скорость сканирования до 25мс позволяет оперативно получать данные о спектральном составе излучения от объекта. Для вывода данных на компьютер используется USB2.0 интерфейс, питание

также осуществляется от порта USB. Небольшой размер и малое энергопотребление повышают мобильность измерителя по сравнению с лабораторным макетом, собранным на оптической скамье.

Программная часть устройства реализуется в пакете прикладных программ MATLAB. Помимо наличия в нём возможностей для моделирования физических процессов с помощью встроенных функций SIMULINK, данный пакет имеет встроенный компилятор для переложения на язык С. Программа получает экспериментальное распределение $\Phi(\lambda, T)$ в виде оцифрованного изображения с разрядностью 14 бит и обрабатывает его в соответствии с описанной методикой. Полученная в результате вычислений характеристика коэффициента излучения $\varepsilon(\lambda, T)$ выводится на экран монитора.

Разрабатываемое оптико-электронное устройство позволяет бесконтактным методом получить данные о температуре и спектральном коэффициенте излучения объекта. Оно может быть полезно как в лабораторных исследованиях новых объектов, так и при контроле качества материалов на производстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Походун А.И.* Современное состояние и перспективы развития термометрии. // Мир измерений. 2011, № 4(122), с. 7–13.
2. *Снопко В.Н.* Основы методов пирометрии по спектру теплового излучения. // Минск: Институт физики им. Б.И. Степанова, 1999. – 224с.
3. Излучательные свойства твердых материалов. Справочник. // Под общ. ред. А.Е. Шейндлина. – М.: Энергия, 1974. – 472 с.
4. *Бодров В.Н., Лебедев С.В., Рассел М.М., Бесчастный М.А.* К вопросу о возможности определения температуры телевизионным спектропирометром при линейном характере спектральной зависимости коэффициента излучения. // 18-я Международная научно-техническая конференция «Современное телевидение». Труды конференции. – М.: ФГУП МКБ «Электрон», 2010.
5. *Бесчастный М.А.* Применение математического моделирования при исследовании излучательных свойств материалов методами спектральной пирометрии. // VIII Российская ежегодная конференция молодых научных сотрудников и аспирантов «Физико-химия и технология неорганических материалов». – М.: ИМЕТ РАН, 2011
6. *Бодров В.Н.* Применение методов математической статистики в измерениях спектров теплового излучения и температуры. // Теплофизика высоких температур. – М., 2010, т. 48, № 4, с. 623-629.