

Калориметр для измерения мощности инфракрасного излучения

В.Ф. Королёв, О.Я. Шмелёв

Московская Государственная академия информатики и
приборостроения, Проблемная лаборатория молекулярной акустики,
Москва, Стромынка 20

e-mail: shmelyoff@newmail.ru, web: <http://shmelyoff.nm.ru>

Разработан калориметр для измерения мощности и полной энергии непрерывного инфракрасного излучения, как когерентного, так и некогерентного, которое по условиям эксперимента может быть достаточно эффективно сфокусировано в поглощающий элемент прибора. Калориметр обладает встроенной системой калибровки. Погрешность измерения мощности излучения составляет 3 %.

Calorimeter for Measurement of Power of Infrared Radiation

V.F. Korolyoff, O. Ya. Shmelyoff

Moscow State Academy of Instrument Engineering and Computer Science,
Problem Laboratory of Molecular Acoustics. Stromynka 20, Moscow, Russia,

e-mail: shmelyoff@newmail.ru, web: <http://shmelyoff.nm.ru>

Приборы и техника эксперимента, 2005, N 2, с.159-160.

УДК 681.118:535.243

Калориметр предназначен для абсолютного измерения мощности и полной энергии непрерывного излучения. Прибор позволяет производить измерения в диапазоне мощностей излучения от 0.5 до 100 Вт с погрешностью не более 3%. Калориметр обладает встроенной системой калибровки. Используемый метод калибровки позволяет избежать дополнительного учета всякого рода потерь тепла, т.к. они одинаковы и при калибровке и при измерении мощности излучения.

Рис1. Схема устройства калориметра. 1 – сосуд Дьюара, 2 – медное трубчатое колено, 3 – кварцевый датчик температуры, 4 – вывод кварцевого датчика температуры, 5 – привод мешалки, 6 – вывод нагревательного элемента, 7 – теплоизолирующая крышка из пенополистирола, 8 – мешалка, 9 – электрический нагревательный элемент, 10 – резиновое уплотнительное кольцо.

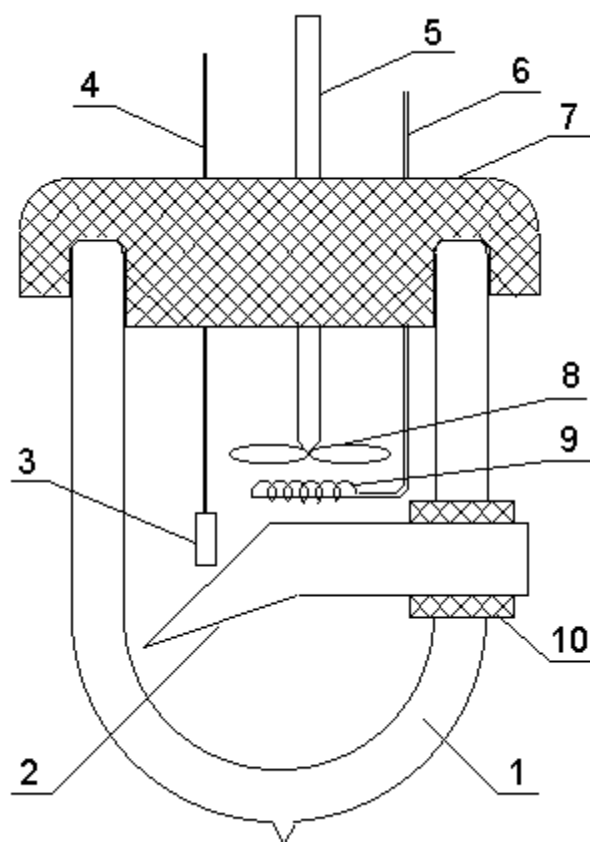


Схема устройства калориметра показана на рис.1. Калориметр представляет собой сосуд Дьюара 1, изготовленный из молибденового стекла. Промежуток между наружной и внутренней стенками Дьюара откачан до давления порядка 10^{-2} Па. Медное трубчатое колено 2, изготовленное из фольги толщиной 100 мкм, служит для приема излучения. Форма колена такова, что луч, попав в него, испытывает множество отражений и практически полностью поглощается как в абсолютно черном теле. Коэффициент поглощения не ниже 99.8% [1]. Сверху сосуд Дьюара закрыт термоизолирующей крышкой 7 из пенополистирола. В качестве рабочего тела калориметра используется дистиллированная вода. Мешалка 8 обеспечивает равномерный по объему прогрев рабочего тела. Температура последнего измеряется при помощи кварцевого датчика температуры 3 и преобразователя температура-частота,

описанного в [2]. Электрический нагревательный элемент 9 служит для калибровки калориметра.

Считая, что вся поглощенная калориметром энергия излучения идет на нагрев рабочего тела, мощность излучения P может быть найдена следующим образом:

$$P = c \Delta T_1 / \Delta t_1, \quad (1)$$

где c – суммарная теплоемкость рабочего тела и внутренних элементов конструкции калориметра, ΔT_1 – изменение температуры за время измерения, Δt_1 – время измерения.

Теплоемкость рабочего тела, включая собственную теплоемкость элементов конструкции калориметра, определяется следующим образом:

$$c = UI \Delta t_0 / \Delta T_0, \quad (2)$$

где U – напряжение на нагревательном элементе, I – ток через него, Δt_0 – время калибровки, ΔT_0 – изменение температуры за время калибровки. Из (1) и (2) имеем расчетную формулу для мощности излучения поглощенной калориметром:

$$P = UI \Delta t_0 \Delta T_1 / (\Delta T_0 \Delta t_1) \quad (3)$$

Оценим погрешность калибровки и непосредственно самого измерения мощности излучения. Погрешности измерения напряжения на нагревательном элементе и тока через него легко могут быть получены не хуже, чем 0.5 %, при помощи распространенных цифровых приборов. Интервал времени

измеряется при помощи обычного секундомера с погрешностью порядка 0.2 секунды, что при длительности интервала 100 с дает относительную погрешность 0.2 %. Кварцевый измеритель температуры обеспечивает погрешность не более 0.001 К. При изменении температуры за время нагревания на величину порядка 5...10 К относительная погрешность изменения интервала температуры составляет 0.01...0.02 %. Таким образом, совокупная погрешность калибровки приблизительно составляет величину не более 1.5 %. Следовательно, оценивая погрешность измерения мощности излучения можно принять в качестве реальной величину порядка 3 %.

Для повышения точности измерений следует проводить калибровку при всяком существенном изменении условий эксперимента, таких как температура окружающей среды, диапазон величин измеряемой мощности, время накопления энергии. При калибровке необходимо задавать мощность калибровочного нагрева соизмеримую с ожидаемой мощностью излучения.

Данный калориметр позволяет производить измерения мощности и полной энергии непрерывного инфракрасного излучения, как когерентного, так и некогерентного, которое по условиям эксперимента может быть достаточно эффективно сфокусировано в поглощающий элемент прибора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козелкин В.В., Усольцев И.Ф. Основы инфракрасной техники. Москва: Машиностроение, 1974, 336 с.
2. Шмелёв О.Я., Прокопьев В.И. Приборы и техника эксперимента 1985, N 5, с.209-210.