

Пьезоэлектрический тепловой приемник излучения с частотным выходным сигналом

Роман ГОШЛЯ
goshliay_roman@mail.ru
Владимир ЗАХАРЕНКО,
к. т. н.

В настоящее время наблюдается бурное развитие нового поколения датчиков с частотным выходным сигналом, так как данные типы датчиков обладают определенными преимуществами по сравнению с датчиками с аналоговым выходным сигналом, для преобразования которого в код требуется применение аналого-цифровых преобразователей. Это простота и высокая точность преобразования частоты в цифровой измерительный код, а также помехоустойчивость. В статье рассматривается тепловой приемник излучения с частотным выходом на основе кварцевого пьезоэлемента и приводятся экспериментальные данные изменения резонансной частоты кварцевого приемника излучения от падающего на него теплового потока.

Использование в качестве приемника излучения (ПИ) в диапазоне длин волн от 1 до 34 мкм кристаллического кварца для задач измерения плотностей тепловых потоков в радиометрии обусловлена таким преимуществом пьезоэлектрического кварца, как высокая временная стабильность, независимость показаний от влияния электрических и магнитных полей, повышенная стойкость к механическим воздействиям и простота обработки выходного сигнала.

В работе приведены результаты исследований изменения резонансной частоты кварцевого пьезоэлемента Y-среза с рабочей частотой 5 МГц по основной гармонике, при облучении его лучистым потоком от излучателя типа абсолютно черного тела (АЧТ).

Конструктивно приемник содержит кварцевый пьезоэлемент с нанесенными на его поверхности тонкопленочными электродами, поверх одного из которых нанесено поглоща-

ющее покрытие. Пьезоэлемент смонтирован в корпус типа ТО-5, в крышке которого выполнено входное окно, из кристаллического кремния с оптической прозрачностью 0,84 в диапазоне от 1 до 34 мкм [3]. Для обеспечения долговременной стабильности частоты пьезоэлемента его корпус вакуумируется.

Принцип работы исследуемого приемника излучения базируется на зависимости изменения резонансной частоты от изменения температуры поверхности кварцевого кристаллического элемента, под воздействием падающего на него лучистого потока Φ и поглощенного специальным покрытием, нанесенным поверх тонкопленочных электродов пьезоэлемента.

Исследования проводились на экспериментальной установке, функциональная схема которой показана на рис. 1.

Оптическая схема установки обеспечивает поле зрения приемника диаметром 4,3 мм на

расстоянии 21 мм от входной диафрагмы до излучателя (6). При этом диаметр излучающей полости составляет 8 мм.

Электрическая схема приемника излучения содержит электронный генератор (7) для возбуждения колебаний кварцевого пьезоэлемента и электронно-счетный частотомер (8) для фиксирования отклонения частоты кварцевого резонатора. Мощность теплового потока от излучателя Φ (Вт·м²) (6), величина которой рассчитана в соответствии с законом Стефана-Больцмана, попадающая на кварцевый чувствительный элемент (5), расположенный по нормали к источнику излучения, рассчитывалась согласно выражению [2]:

$$\Phi = (\epsilon \times \sigma [(T)^4 - (T_0)^4] S \times S_{\text{ПР}}) / (\pi \times L^2), \quad (1)$$

где ϵ — коэффициент черноты излучающей поверхности источника излучения; σ — постоянная Стефана-Больцмана; $S_{\text{ПР}}$ — площадь поверхности приемника излучения; S — площадь, визируемая диафрагмой оптической системы; T_0 — температура окружающей среды; T — температура поверхности излучателя; L — расстояние от источника излучения до электрода пьезоэлемента.

При этом излучающая площадь S (м²) из геометрических представлений вычислялась согласно выражению (2):

$$S = \pi [((L(d-d'))/L) + d']^2, \quad (2)$$

где d — диаметр чувствительного элемента ПИ; d' — диаметр входной диафрагмы оптической системы; L' — расстояние между чувствительным элементом и входной диафрагмой.

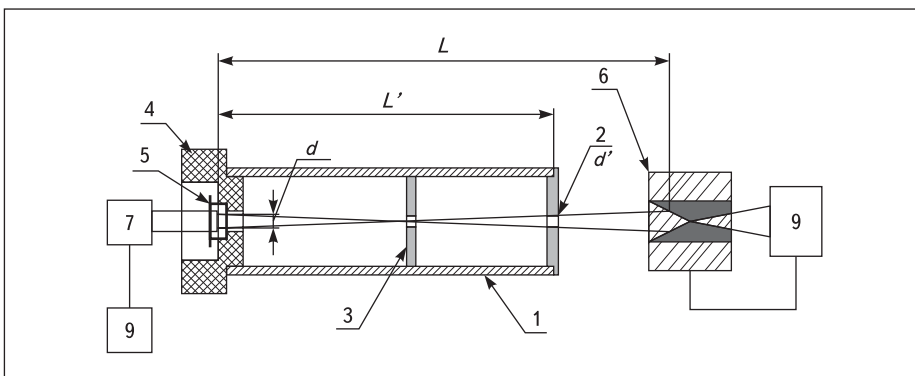


Рис. 1. Экспериментальная установка: 1 — тубус; 2 — входная диафрагма $\varnothing 3$ мм; 3 — промежуточная диафрагма; 4 — теплоизоляционный кожух; 5 — кварцевый пьезоэлектрический чувствительный элемент; 6 — излучатель; 7 — электронный генератор синусоидального напряжения; 8 — электронно-счетный частотомер; 9 — терморегулятор

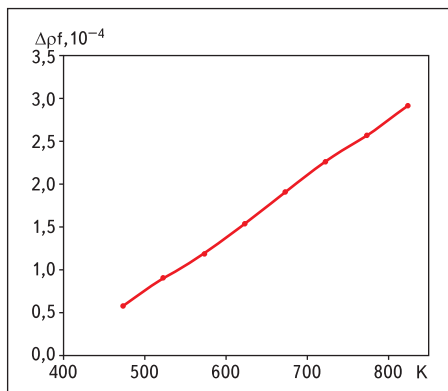


Рис. 2. Экспериментальная характеристика зависимости изменения относительной частоты кварцевого ПИ от температуры излучателя

Измерение изменения частоты кварцевого ПИ под действием теплового излучения проводился в диапазоне температур поверхности излучателя от 473 до 823 К с дискретностью 50 К. Точность поддержания температуры 0,1 К в экспериментальных точках поддерживалась при помощи терморегулятора (9). На рис. 2 приведена экспериментальная зависимость изменения выходного сигнала

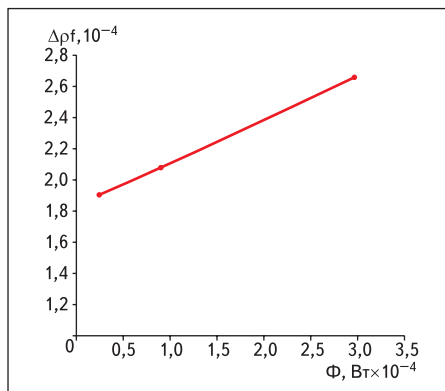


Рис. 3. Экспериментальная характеристика зависимости изменения относительной частоты кварцевого ПИ от мощности падающего лучистого потока

(частоты) от изменения температуры излучающей полости излучателя (6).

На рис. 3 представлена экспериментальная зависимость изменения частоты (в относительных единицах) от мощности падающего лучистого потока при температуре излучающей полости 500 К. Варьирование мощности потока излучения Φ проводилось путем изменения диаметра входной диафрагмы.

Кварцевый приемник излучения по своим характеристикам сопоставим с другими типами тепловых приемников излучения (термоэлементы, болометры и пироэлектрические ПИ [1]). Отличие предложенного ПИ — это его выходной сигнал, изменение частоты последовательного резонанса кварцевого пьезоэлемента, что значительно упрощает входную часть измерительного прибора (пирометра) и программную обработку. Кварцевый приемник излучения обладает высокой стабильностью параметров во времени порядка 1×10^{-6} Гц/год, что обусловлено технологическими приемами его изготовления и материалом чувствительного элемента — кварцем.

Литература

1. Ишанин Г. Г., Панков Э. Д., Андреев А. Л., Польщиков Г. В. Источники и приемники излучения / Учебное пособие для студентов оптических специальностей вузов. СПб.: Политехника, 1991.
2. Криксунов Л. З. Справочник по основам инфракрасной техники. М.: Советское радио, 1978.
3. Винчелл А. Н. Оптические свойства искусственных минералов / Пер. с англ. М.: Мир. 1967.