

ИНФРАКРАСНЫЙ ИЗЛУЧАТЕЛЬ С ЗАДАННОЙ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТЬЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СВЕТИМОСТИ

Ю. Н. Снытко (Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург;

ФГУП «СПО «Аналитприбор», г. Смоленск)

Научный руководитель - Л. А. Конопелько, д.т.н., профессор (Университет ИТМО)

Произведена оценка влияния неизмеряемых компонентов на избирательность газоанализатора. Исследованы оптические материалы, обосновано применение лейкосапфира в качестве источника ИК-излучения. Разработана и изготовлена конструкция ИК-излучателя с заданной плотностью энергетической светимости. Получены расчетным путем и измерены с помощью спектрофотометра спектральные плотности энергетической светимости ИК-излучателя использующего в качестве излучающего материала – лейкосапфир.

Принцип работы оптико-абсорбционного газоанализатора основан на поглощении ИК-излучения от 2 до 20 мкм молекулами измеряемого вещества на характеристической длине волны.

На избирательность измерения влияют неизмеряемые вещества (возможное появление которых в пробе влияет на точность измерения целевого вещества). Наибольшее влияние на избирательность оказывает атмосферная влага. Массовая концентрация влаги в пробе может меняться от 0 мг/м³ (подача газовой смеси из сосуда под давлением) до 40000 мг/м³ (влажность 100% и температуре 35 °С), что при контроле ПДК жилой зоны не позволяет обеспечить требуемую погрешность измерения при контроле целевых веществ в диапазоне длин волн от 8 до 10 мкм.

Данная задача является достаточно сложной, т.к. требуется измерять целевой компонент в условиях изменения уровня атмосферной влажности, более чем на три порядка превышающей допустимую погрешность измерения газоанализатора.

В качестве элементов, обеспечивающих селективность измерения целевых веществ, применяются узкополосные интерференционные фильтры. Фильтр позволяет увеличить отношение сигнал/помеха, несмотря на общее ослабление полезного сигнала (потока излучения), проходящего через него, увеличивая тем самым порог обнаружения оптико-электронного прибора.

Измерение малых концентраций контролируемого компонента в дальней ИК-области требует достаточной плотности энергетической светимости, попадающей на приемную площадку приемника оптического излучения (далее-ПОИ), на длине волны, на которой происходит поглощение энергии измеряемым компонентом.

Повысить энергетическую светимость ИК-излучения на длинах волн от 8 мкм до 10 мкм возможно путем повышения температуры излучателя. При этом максимум плотности энергетической светимости будет смещаться в коротковолновую область, что приведет к увеличению чувствительности газоанализатора к неизмеряемым компонентам, спектральные линии поглощения которых находятся в коротковолновой области спектра.

Для исключения излучения в коротковолновой области ИК-диапазона при увеличении температуры излучателя требуется применение материала излучателя, при нагревании которого излучение в коротковолновой области ИК-диапазона будет отсутствовать.

В работе проведены исследования оптических материалов применяемых в оптико-абсорбционных газоанализаторах. Оптимальными физико-химические свойства обладает монокристаллический лейкосапфир. При использовании в качестве излучателя в длинноволновой ИК-области лейкосапфир обеспечивает стабильные оптико-механические характеристики излучателя.

Для оценки спектральной плотности энергетической светимости выполнен расчет

коэффициента излучательной способности лейкосапфира в области от 2,5 до 15 мкм при температуре 297 К.

Рассматривая результаты расчета в области от 3 до 6 мкм, можно отметить значительное уменьшение излучения, что обеспечит полное подавление влияния влажности анализируемой смеси на показания газоанализатора в диапазоне длин волн от 2,5 до 3 мкм, и значительно уменьшит влияние неизмеряемых веществ, имеющих линии поглощения в диапазоне длин волн более 10 мкм.

Для проведения измерения спектральной плотности энергетической лейкосапфира, была разработана и изготовлена конструкция ИК-излучателя. В качестве излучающего элемента используется стержень из лейкосапфира диаметром 3 мм находящийся в герметичном объеме. Излучение выходит через окно из флюорита, что обеспечивает дополнительное подавление излучения на участке спектра более 10 мкм.

Экспериментальным путем получена спектральная плотность энергетической светимости ИК-излучателя использующего в качестве излучающего материала – лейкосапфир. Произведен расчет спектральной плотности энергетической светимости ИК-излучателя при температуре стержня из лейкосапфира 290 °С.

Спектральные плотности энергетической светимости полученные расчетным путем и измеренные с помощью спектрофотометра имеют достаточно точную повторяемость характеристик в диапазоне длин волн от 2,5 до 15 мкм.

Данное техническое решение применяется в серийно выпускаемых газоанализаторах и защищено патентом на изобретение №2417354 «Излучатель инфракрасный», зарегистрированным в Государственном реестре изобретений РФ.