



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2016114757, 15.04.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
15.04.2016

Дата регистрации:
04.04.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 15.04.2016

(45) Опубликовано: 04.04.2017 Бюл. № 10

Адрес для переписки:

199034, Санкт-Петербург, Университетская наб.,
7/9, Университет, Управление-Центр
интеллектуальной собственности и трансфера
технологий, Матвееву А.А., Матвеевой Т.И.

(72) Автор(ы):

**Иванов Михаил Павлович (RU),
Толмачев Юрий Александрович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский
государственный университет" (СПбГУ)
(RU)**

(56) Список документов, цитированных в отчете

о поиске: RU 2287736 C2, 20.11.2006. US
2006146326 A1, 06.07.2006. US 5751420 A1,
12.05.1998. US 2003197861 A1, 23.10.2003.

(54) **Источник оптического излучения с согласованным спектром для измерения концентрации молекул метана в атмосфере**

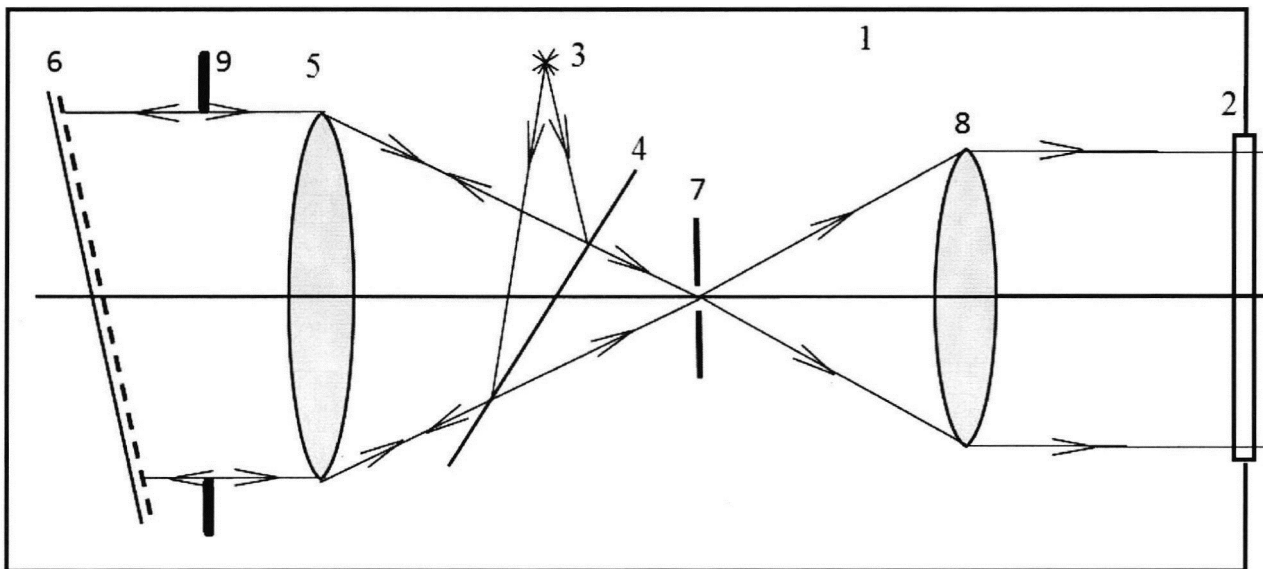
(57) Реферат:

Полезная модель относится к области оптических измерений и касается источника оптического излучения с согласованным спектром для измерения концентрации молекул метана в атмосфере.

Источник излучения включает в себя корпус, светоизлучающий элемент, блок питания, устройство регулирования тока, текущего через светоизлучающий элемент, оптические элементы для управления геометрическими и

спектральными характеристиками пучка, дифракционную решетку эшелле и средства ее позиционирования. При этом в освещающем дифракционную решетку параллельном пучке размещена ограничивающая его апертурная диафрагма ромбической формы, диагональ которой параллельна штрихам решетки.

Технический результат заключается в повышении надежности обнаружения и точности определения концентрации молекул метана. 2 ил.



Фиг. 1

RU 169833 U1

RU 169833 U1

Полезная модель относится к устройствам для обнаружения молекул или измерения их концентрации в атмосфере по спектрам поглощения. Поиск минимальных количеств некоторых молекул в сложной системе, какой является атмосфера, является актуальной задачей техники, медицины экологии и техники безопасности. Малые концентрации некоторых молекул смертельны для человека (например цианиды) или могут вызывать крупномасштабные аварии, как метан в шахтах. Во всех этих случаях имеется необходимость не только в определении и контроле малых концентраций различных молекул и атомов, но и в возможности обнаружить их наличие. Наиболее распространенным надежным методом обнаружения многих молекулярных примесей в атмосфере является измерение поглощения света.

Известно множество различных устройств для определения содержания молекул метана по поглощению инфракрасного излучения на одной или нескольких линиях молекулярной полосы. Чаще всего для измерения поглощения метана в ближней инфракрасной (ИК) области спектра используются источники излучения со сплошным спектром. Чтобы повысить чувствительность спектрального метода, из сплошного спектра этих источников выделяют узкий участок, близкий к полосе поглощения метана. Для этого применяются разнообразные фильтры, например интерференционные [1], однако они дают возможность измерить поглощение лишь совокупности узких линий полосы метана, разделенных широкими прозрачными интервалами, кроме того, сам выделенный фильтром участок спектра широк, что определяет результирующую низкую чувствительность метода по сравнению с возможным пределом.

Известны методы повышения чувствительности устройств для измерения концентрации метана путем применения специальных излучающих диодов [2] и лазеров, настроенных на одну из компонент колебательно-вращательной структуры спектра. Сравнительно низкая эффективность разработанных на этой основе устройств обусловлена тем, что игнорируются все остальные компоненты полосы, содержащей много десятков линий. Применяемая в некоторых системах линейка светодиодов, каждый из которых имеет очень широкую полосу излучения, по указанным выше причинам определяет низкую чувствительность системы измерений концентрации молекул метана по поглощению.

Известно портативное устройство [3], предназначенное для детектирования метана по поглощению света, содержащее в качестве источника излучения лазер, настроенный на одну линию поглощения молекулярной полосы, и не использующее остальные линии, что понижает потенциально высокую чувствительность лазерных методов. Аналогичным недостатком обладает и устройство [4], в котором применяется перестраиваемый полупроводниковый лазер. Кроме того, подобные системы обладают систематическими ошибками, обусловленными температурным дрейфом частоты излучения соответствующих ИК лазеров, что требует регулярной калибровки устройств.

Известно также устройство [5], в котором для измерения концентрации молекул применяется комбинация нескольких независимых источников света с фиксированной частотой излучения. Внешняя универсальность метода и устройства не отвечает требованиям, предъявляемым к реальным, нелабораторным, устройствам в силу своей громоздкости и невозможности устойчивого согласования спектра источников с молекулярной структурой газообразных простых молекул, к которым относится метан.

Известно устройство [6], предназначенное для формирования направленного оптического излучения с заданными спектральными, энергетическими, пространственными, поляризационными и временными характеристиками, поэтому оно принято нами за прототип изобретения.

Техническим результатом заявленного устройства является возможность одновременного измерения поглощения на нескольких линиях спектра метана, что должно приводить к повышению надежности его обнаружения и/или увеличению точности определения его концентрации. В данном устройстве применена линейка 5 светоизлучающих элементов, свойства которых не оговорены, оптические элементы для управления геометрическими характеристиками пучка, дифракционный элемент и средства позиционирования. Указанные средства позиционирования каждого из излучателей имеют реально пять степеней свободы. Недостаток данного источника полихромного излучения является продолжением его универсальности: количество 10 механических степеней свободы, необходимое для применения в спектроскопическом определении концентрации молекул, обладающих всегда сложным спектром, является невообразимо большим. Соответственно, как настройка, так и устойчивая эксплуатация такого устройства даже в лабораторных условиях маловероятна. Кроме того, предложенный авторами способ прецизионного пространственного согласования 15 пучков от множества излучающих и оптических компонентов относительно одного общего дифракционного элемента, обеспечивающего сложение пучков, приводит к потерям мощности излучения, обусловленным уменьшением телесного угла, в котором распространяется излучение каждого из первичных источников.

Техническим результатом заявленной полезной модели является увеличение 20 чувствительности обнаружения метана в атмосфере, а также повышение точности измерения концентрации за счет реализации высокой спектральной селективности и использования абсолютного большинства линий молекулярного спектра. Реализация технического результата осуществляется путем согласованной фильтрации излучения источника сплошного спектра.

Указанный технический результат достигается тем, что спектрально-широкополосное 25 излучение теплового, полупроводникового или газоразрядного источника направляется на одну дифракционную решетку, работающую в очень высоких порядках дифракции, и дополнительные оптические элементы, обеспечивающие одновременное согласование формы и частоты контуров всех линий излучения источника с параметрами линий 30 поглощения. Кроме того, реализуется высокая механическая устойчивость всей системы измерений за счет минимизации числа подвижных деталей.

Полезная модель имеет своей задачей создание простого по конструкции, стабильного устройства, не требующего высоких напряжений питания и удобного в использовании для промышленной и полевой эксплуатации.

35 Сущность заявляемой полезной модели иллюстрируется Фиг. 1, Фиг. 2.

На Фиг. 1 показана оптическая схема предлагаемого устройства.

На Фиг. 2 показан снятый с осциллоскопа спектр излучения от источника сплошного спектра (глобара) на выходе заявленного устройства.

Заявленная полезная модель содержит корпус 1 с оптическим окном 2 для выхода 40 излучения, внутри которого размещены источник питания, блок управления, оптические элементы, источник излучения 3 со сплошным спектром, полупрозрачное зеркало 4 или иной эквивалентный, светоделитель, коллимирующий объектив 5, дифракционную решетку-эшелле 6, ограничивающую малую диафрагму 7, установленная в совместном фокусе объектива коллиматора и выходного объектива, выходной объектив 8 и 45 апертурную диафрагму 9, помещенную между объективом коллиматора и решеткой в параллельном пучке и ограничивающую размеры и форму сечения параллельного пучка, освещающего решетку.

Работа заявляемой полезной модели осуществляется следующим образом. Излучение

источника со сплошным спектром с помощью поворотного полупрозрачного зеркала или конструктивно иного аналогичного по действию устройства направляется на коллимирующий объектив. Образованный параллельный пучок освещает дифракционную решетку эшелле с пространственным периодом b , установленную под

5 углом α к падающему пучку и работающую в высоких порядках дифракции. Сформированные световые пучки, отраженные от компонентов решетки элементарными зеркалами-штрихами, из которых состоит решетка эшелле, имеют разности хода несколько сот длин волн фильтруемого излучения. Они направляются назад на полупрозрачное зеркало через тот же коллимирующий объектив, проходят через малую

10 селективирующую диафрагму, установленную в его фокусе, которая пропускает только пучки, идущие под определенным углом от решетки. Все остальные пучки отрезаются этой диафрагмой и на выходе формируются выходным объективом в виде параллельного пучка излучения, спектр которого состоит из отдельных линий с частотами σ_k , отвечающими условию:

$$15 \quad 2b\sigma_k \sin\alpha = k,$$

где k - натуральное число, не равное нулю.

Излучение, прошедшее через селективирующую диафрагму, выходным объективом 8 превращается в полихроматический параллельный пучок, состоящий из линий по частоте совпадающих с частотами линий поглощения метана, что достигается

20 соответствующим поворотом решетки, и может быть направлено с помощью известных вспомогательных оптических устройств в нужную сторону. Спектр излучения при этом оказывается согласованным со спектром поглощения молекулы, что позволяет измерить концентрацию молекул метана в атмосфере или в специальных кюветках.

Для того, чтобы регулировать амплитуды элементарных пучков, отраженных от решетки, в параллельном пучке, освещающем решетку, между коллимирующим объективом 5 и решеткой 6 устанавливается промежуточная апертурная диафрагма 9 ромбической формы. Одна из диагоналей диафрагмы параллельна штрихам решетки эшелле, а величины диагоналей диафрагмы выбираются равными размерам пучка,

30 чтобы минимально ограничивать площадь его сечения. Диафрагма регулирует рабочую длину штрихов решетки от центра к краям и, таким образом, меняет амплитуды отраженных от разных областей решетки элементарных пучков. За счет этого осуществляется аподизация контуров линий, т.е., уменьшение величины побочных максимумов и, соответственно, повышение контраста линий по отношению к спектральным промежуткам между линиями.

Заявленная полезная модель была апробирована в лаборатории молекулярной спектроскопии Санкт-Петербургского государственного университета в режиме реального времени. В результате экспериментов было подтверждено достижение

40 указанного технического результата: обеспечение на выходе спектра излучения, состоящего из набора эквидистантных в шкале частот линий (Фиг. 2). Как показали результаты апробации, которые представлены данным примером, заявленная полезная модель позволяет эффективно преобразовывать исходный сплошной спектр источника в новый, согласованный по частотам с набором линий колебательно-вращательного спектра метана. Отличие заявленной полезной модели от прототипа состоит в том, что

45 в освещающем дифракционную решетку параллельном пучке размещена ограничивающая его апертурная диафрагма ромбической формы, диагональ которой параллельна штрихам решетки.

Техническо-экономическая эффективность изобретения состоит в повышении чувствительности обнаружения и измерения концентрации молекул метана по

колебательно-вращательному спектру поглощения. Расчеты, приведенные в [7], показывают, что соответствующее повышение может достигать в конкретном случае нескольких десятков раз. Как показывает приведенная на Фиг. 1 оптическая схема, устройство содержит только стандартные оптические элементы, просто в изготовлении и настройке, а требования по его стабильности соответствуют общепринятым в оптике требованиям и выполняются элементарно.

Путем введения дополнительных элементов данное устройство может формировать излучение, в котором частоты испускаемых линий одновременно периодически меняются во времени на всех линиях излучения, что позволяет путем использования узкополосных регистрирующих радиотехнических устройств - узкополосных фильтров и синхронных детекторов - дополнительно повысить чувствительность измерений и понизить чувствительность по отношению к мешающим спектрам иных молекул. В описанном выше виде единственным потребителем электроэнергии в устройстве является источник излучения со сплошным спектром, что позволяет использовать его в условиях повышенной взрыво- и пожароопасности, например, в угольных шахтах.

Список использованной литературы:

1. http://www.elstandart.spb.ru/Core/300/300_2_filters.htm

2. Патент CN 203628508 «Polychromatic light emitter diode ray bright colored lantern signs a legal statement the construction»

3. Патент JP 2013128185 «Camera system and camera mount»

4. Патент US 2007259440 «Measuring low levels of methane in carbon dioxide»

5. Патент CA 2487115 «Light sensor with modulated radiation polychromatic source».

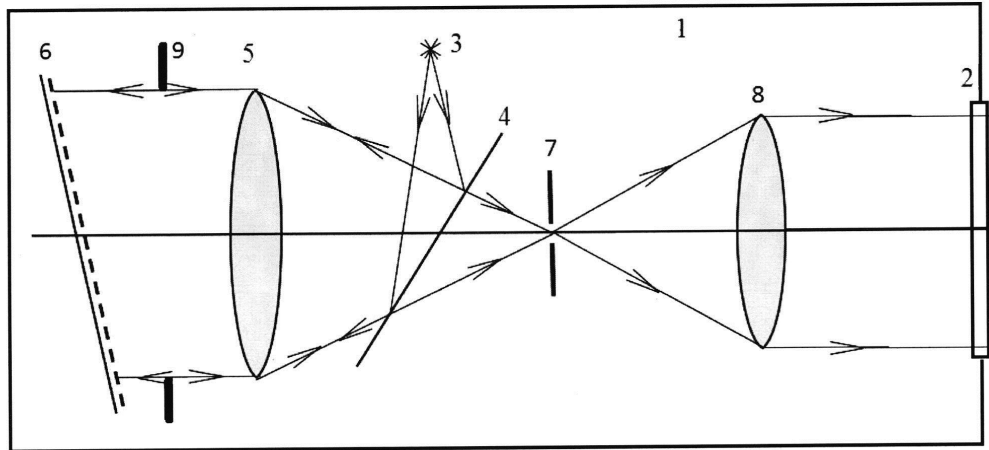
6. Патент RU 2287736 «Универсальный источник полихромного оптического излучения»

7. Пермякова Е.С., Толмачев Ю.А. Применение методов оптимального приема сигналов и импульсного метода анализа работы оптических систем для развития нового метода спектрального анализа// Химическая физика, 2015, Т. 34, №8, с. 78-82.

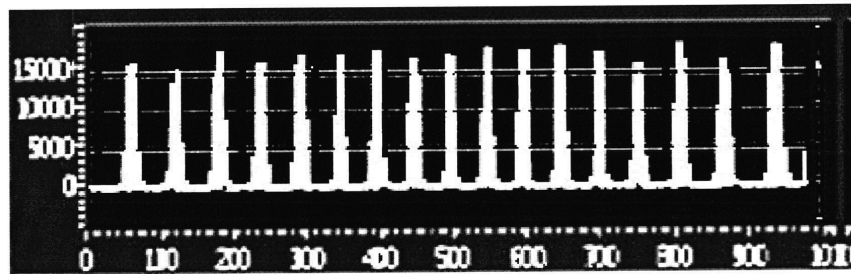
(57) Формула полезной модели

Источник оптического излучения с согласованным спектром для измерения концентрации молекул метана в атмосфере, содержащий корпус, светоизлучающий элемент, блок питания с устройствами, обеспечивающими возможность регулирования тока, текущего через светоизлучающий элемент, оптические элементы для управления геометрическими и спектральными характеристиками пучка, дифракционную решетку эшелле и средства ее позиционирования, отличающийся тем, что в освещающем дифракционную решетку параллельном пучке размещена ограничивающая его апертурная диафрагма ромбической формы, диагональ которой параллельна штрихам решетки.

Источник оптического излучения с согласованным спектром для измерения концентрации молекул метана в атмосфере



Фиг. 1



Фиг. 2