

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2007143990/28, 26.05.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.05.2006

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
31.05.2005 NO 20052620

(43) Дата публикации заявки: 27.07.2009 Бюл. № 21

(45) Опубликовано: 20.09.2012 Бюл. № 26

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: ALLEN M. G. Diode laser absorption sensors for gas-dynamic and combustion flows. Meas. Sci. Technol., v.9, №4, 1998, p.545-562. US 5963336 A, 05.10.1999. US 3922656 A, 25.11.1975. RU 2022250 C1, 30.10.1994. US 6479833 A, 12.11.2002. US 3788742 A, 29.01.1974. US 6570159 B2, 27.05.2003. DE 19634191 A1, 27.02.1997.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 09.01.2008

(86) Заявка РСТ:
NO 2006/000197 (26.05.2006)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2006/130014 (07.12.2006)

Адрес для переписки:

191036, Санкт-Петербург, а/я 24,
"НЕВИНПАТ", пат.пов. А.В.Поликарпову,
рег.№ 9

(72) Автор(ы):

БУТТЕ Ренато (NO)

(73) Патентообладатель(и):

Интегрейтд Оптоэлектроникс АС (NO)

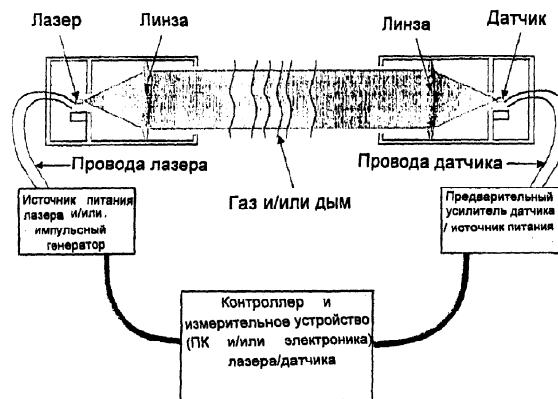
(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ГАЗОВ, ЧАСТИЦ И/ИЛИ ЖИДКОСТЕЙ

(57) Реферат:

Изобретение относится к системам сигнализации и основано на использовании четырехкомпонентного настраиваемого лазера, работающего в средней части инфракрасного (ИК) диапазона для одновременного измерения и частиц, и газа. Измерение выполняют в пределах пространства, в котором газ, представляющий

интерес, поглощает излучение, соответствующее средней части ИК диапазона. Газообразный метан снижает интенсивность излучения на определенной длине волны этого устройства, тогда как частицы/туман снижают интенсивность всех длин волн. В этом случае туман не включает сигнал тревоги, в то время как обнаружение метана включает. Благодаря широкой перестройке излучаемой длины

волны лазера некоторые длины волн могут быть измерены для того, чтобы точно найти и состав газа, и концентрацию частиц с помощью одного датчика, основанного на применении лазера. 2 н. и 40 з.п. ф-лы, 11 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION(21)(22) Application: **2007143990/28, 26.05.2006**(24) Effective date for property rights:
26.05.2006

Priority:

(30) Convention priority:
31.05.2005 NO 20052620(43) Application published: **27.07.2009 Bull. 21**(45) Date of publication: **20.09.2012 Bull. 26**(85) Commencement of national phase: **09.01.2008**(86) PCT application:
NO 2006/000197 (26.05.2006)(87) PCT publication:
WO 2006/130014 (07.12.2006)

Mail address:

**191036, Sankt-Peterburg, a/ja 24, "NEVINPAT",
pat.pov. A.V.Polikarpovu, reg.№ 9**

(72) Inventor(s):

BUGGE Renato (NO)

(73) Proprietor(s):

Integrejtid Optoelektroniks AS (NO)**(54) METHOD AND APPARATUS FOR DETECTING GASES, PARTICLES AND/OR LIQUIDS**

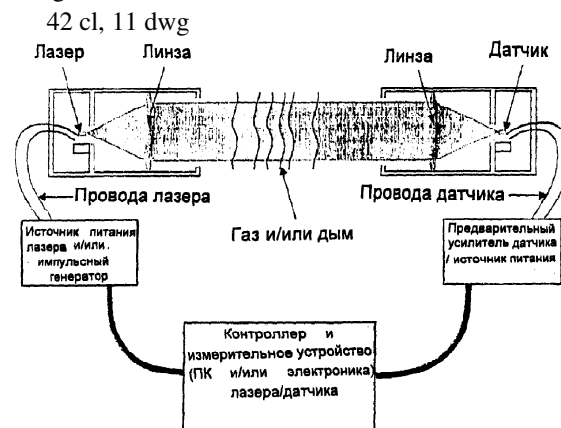
(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: invention is based on using a four-component tunable laser operating in the middle part of the infrared range to simultaneously measure particles and a gas. Measurement is carried out in space where the gas of interest absorbs radiation in the middle part of the infrared radiation. Methane gas reduces radiation intensity at the defined wavelength of the device, while particles/mist reduce intensity of all wavelengths. In this case, mist does not trigger an alarm signal while detection of methane does.

EFFECT: owing to broad tuning of the emitted wavelength of the laser, certain wavelengths may be measured to more accurately determine both

composition of a gas and concentration of particles using one sensor based on use of a laser.



Фиг. 1

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Представленное изобретение относится к использованию настраиваемых инфракрасных лазеров Фабри-Перо, лазеров с расщеплением моды или им подобных для обнаружения CO_2 , CO , NH_3 , NO_x , SO_2 , CH_4 , газообразных/жидких углеводородов или подобных веществ и/или дыма/частиц, к использованию излучения лазера с длиной волны в пределах 1,0-10,0 мкм для обнаружения CO_2 , CO , NH_3 , NO_x , SO_2 , CH_4 , газообразных/жидких углеводородов или подобных веществ и/или дыма/частиц, к использованию AlGaAs/InGaAs- , AlGaAsP/InGaAsP- , AlGaAsP/InGaAsN , $\text{AlGaAsSb/InGaAsSb-}$ или $\text{AlInGaAsSb/InGaAsSb-}$ лазера для обнаружения CO_2 , CO , NH_3 , NO_x , SO_2 , CH_4 , газообразных/жидких углеводородов или подобных веществ и/или дыма/частиц и к использованию лазера и p-i-n датчика или подобных устройств, действующих в диапазоне длин волн 1,0-10,0 мкм для обнаружения и измерения CO_2 , CO , NH_3 , NO_x , SO_2 , CH_4 , газообразных/жидких углеводородов или подобных веществ и/или дыма/частиц.

Изобретение также имеет отношение к использованию таких устройств обнаружения газа и/или жидкости, и/или дыма/частиц в виде одного или двух блоков для обнаружения утечки газа, нарушения состава газа, нарушения состава жидкости или пламени, для использования таких блоков в системах подачи сигнала тревоги в связи с утечкой газа/жидкости/возникновения пламени или в системах подачи сигнала тревоги в связи с утечкой газа/жидкости/возникновения пламени, в которых собранные данные используют для определения характера тревоги.

ПРЕДПОСЫЛКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Недавние достижения в области лазеров средней части ИК диапазона показали, что есть возможность создания лазеров на длине волны больше 2 мкм. Такие лазеры были использованы в газоанализаторах для различных газов и было показано, что их можно перестраивать изменением тока. Современное использование этих лазеров в коммерческих системах было ограниченным вследствие большой стоимости их изготовления и отсутствия больших рынков сбыта, в которых лазеры могли быть использованы.

Исследования показали, что одним таким большим рынком сбыта является обнаружение огня и газа, когда обнаружение газа и/или дыма может быть использовано для того, чтобы поднять сигнал тревоги. В настоящее время устройства для этого обычно изготавливают в виде отдельных блоков, так как современная технология не использует устройства, основанные на ИК лазерах с длиной волны больше 1 мкм для обнаружения, и поэтому должна выбирать, какой параметр следует обнаруживать. Лазерное обнаружение дыма в настоящее время базируется на коротковолновых лазерах (обычно с длиной волны меньше 1 мкм), в которых свет рассеивается частицами дыма, и, таким образом, последние обнаруживают себя (заявка на патент США №2004/0063154). Обнаружение CO обычно производят с помощью электрохимического распознавания или, в небольшом количестве случаев, с использованием ИК ламп для области обнаружения (патент США №3677652). В некоторых системах эти технологии используют отдельно в виде устройств или объединяют в виде нескольких устройств в одной системе для улучшения эксплуатационных качеств, но это делает систему дорогой и менее робастной. Улучшенный вариант должен быть способным анализировать более одного параметра в одном устройстве, но прежде это было невозможно. ИК лампы также обеспечивают значительно меньше света на заданной длине волны и потребляют значительно большую мощность, чем лазер, что делает их менее чувствительными и

более трудно встраиваемыми в экспериментальные станции охранных систем.

Здесь мы представляем способ обнаружения как СО, так и других газов и дыма с использованием одной технологии/устройства. Основой является то, что мы используем лазер, излучение которого поглощается газом, а также обнаруживаем
 5 рассеяние дымом излучения того же самого лазера, так что мы получаем от одного устройства два обнаруживающих возгорание параметра. Это дает нам возможность создать более дешевую систему, чем современные системы, использующие много технологий, она более робастная, так как мы используем только одну технологию и,
 10 как следствие, это снижает число ложных сигналов о возгорании, так как все блоки обнаружителей обнаруживают большое количество параметров.

Представленная здесь новая технология также является уникальной в том смысле, что использует более длинноволновые ИК лазеры для обнаружения СО или других газов, в дополнение к дыму/частицам. Такие длины волн обладают лучшей
 15 безопасностью для глаз, чем длины волн меньше 1 мкм (Американский Национальный Институт Стандартов (ANSI) 136.1 классификация лазеров), так что могут быть использованы лазеры большей мощности без ущерба для безопасности. Более высокая мощность означает более протяженную область действия лазера и более высокую
 20 чувствительность. В представленном изобретении мы также показываем установку, которую мы использовали для обнаружения газа и дыма. Расстояние между передатчиком (содержащим лазер) и приемником (содержащим датчик) может быть значительно большим, чем для основанной на использовании лазера системы обнаружения дыма, которая использует более короткие волны. Все это благодаря
 25 более высокой мощности, которая может быть использована с таким лазером.

На длине волны ~2,3 мкм, использованной в представленном изобретении, мощность может быть в 54 раза большей, чем у лазера на волне 780 нм, и все еще иметь ту же самую классификацию по безопасности для глаз (ANSI 136.1 класс 1 В или
 30 ему подобный).

Более высокая мощность лазера также позволяет лазерному лучу быть обнаруженным на удалении или опосредованно, так что газ и/или дым/частицы могут быть обнаружены по отраженному свету (от поверхности или от частиц в воздухе).

Другая возможность состоит в том, чтобы поместить и лазер, и датчик в один блок,
 35 так что обнаружение возгорания может быть выполнено в камере. Она может быть оборудована одним или несколькими зеркалами для увеличения длины пути луча лазера и обнаружения газа и/или частиц с более высокой чувствительностью.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Объем притязаний изобретения будет рассмотрен как определенный в
 40 приложенных независимых пунктах формулы изобретения.

Изобретение состоит из одного лазера с излучением в ближнем, среднем или дальнем ИК диапазоне с длиной волны от 1,0 до 10,0 мкм, который используется для
 45 обнаружения газа и частиц, газа и жидкости или жидкости и частиц.

В одном аспекте изобретения ИК лазер представляет собой лазер Фабри-Перо, лазеров с расщеплением моды или ему подобный.

В другом аспекте изобретения газом являются CO_2 , CO , NH_3 , NO_x , SO_2 , CH_4 , газообразные/жидкие углеводороды или подобные вещества с поглощением в
 50 диапазоне длин волн от 1,0 до 10,0 мкм.

В другом аспекте изобретения частицами являются неорганические или органические частицы в текучей среде, такие как песок, зерна, частицы порошка, планктон и тому подобное, которые рассеивают свет лазера.

В другом аспекте изобретения частицами являются находящиеся в воздухе частицы, такие как дым, смог, туман или тому подобные, которые рассеивают свет лазера.

В дополнительном аспекте изобретения лазерное излучение передается через пространство или камеру и обнаруживается одним или несколькими датчиками ИК излучения для измерения газа и частиц, жидкости и частиц или жидкости и пузырьков газа.

В другом аспекте изобретения луч лазера многократно отражается между двумя зеркалами для увеличения длины поглощения до того, как он будет обнаружен датчиком, работающим в средней части ИК диапазона.

В еще одном дополнительном аспекте изобретения лазер представляет собой GaAs-, GaSb-, InAs-, InSb-, InP-, GaN-, GaP-, AlGaAs-, InGaAs-, AlGaSb-, InGaSb-, InGaAsP-, InGaAsN-, AlGaAsSb-, InGaAsSb-, AllnGaAsSb-лазер или им подобные.

В еще одном дополнительном аспекте изобретения ИК лазер испускает излучение в диапазоне длин волн от 2,0 до 5,0 мкм.

В еще одном дополнительном аспекте изобретения ИК лазер испускает излучение в диапазоне длин волн 2,2 до 2,6 мкм.

В еще одном дополнительном аспекте изобретения лазер представляет собой лазер на гетероструктуре, лазер с квантовыми ямами или квантовый каскадный лазер, построенный на одном или нескольких этих материалах.

В другом аспекте изобретения для облегчения выполнения требований по юстировке используют активную юстировку датчика и лазера.

В дополнительном аспекте изобретения для активной юстировки используют адаптивную оптику, MEMS или электрические моторы.

В другом аспекте изобретения для облегчения выполнения требований по юстировке используют пассивную юстировку датчика и лазера, такую как большое количество датчиков.

В другом аспекте изобретения один датчик используют на оси прямого луча лазера для обнаружения газа, а второй датчик, расположенный не на указанной оси, используют для обнаружения дыма по рассеянному свету.

В одном аспекте изобретения ИК датчики выполнены с использованием таких полупроводников, как InGaSb, InGaAs, InGaAsSb, InAlGaAsSb или им подобных.

В другом аспекте изобретения для создания узкого параллельного пучка или фокусирования лазерного пучка от лазера и на датчике используют одну или несколько линз.

В дополнительном аспекте изобретения обнаружение производят в камере, стенки которой перфорированы каким-либо образом для того, чтобы дать возможность окружающей атмосфере, газу и/или дыму войти в камеру.

В другом аспекте изобретения обнаружение производят в камере, которая сообщается с окружающей атмосферой, газом и/или дымом через трубопровод для газа/воздуха и насос.

В дополнительном аспекте изобретения обеспечивается обнаружение в нескольких точках путем создания в одной камере нескольких трубопроводов для газа/воздуха.

В другом аспекте изобретения луч лазера проходит через одно или несколько окон, так что может быть измерена более чем одна область пространства.

В другом аспекте изобретения лазер перестраивают по длине волны для сканирования спектра газа с тем, чтобы можно было собрать больше данных о поглощении (излучения лазера газом).

В дополнительном аспекте изобретения данные о поглощении используют для

определения наличия и концентрации газа с целью подачи звукового сигнала тревоги.

В дополнительном аспекте изобретения данные о поглощении используют для определения наличия и концентрации частиц с целью подачи звукового сигнала тревоги.

В еще одном дополнительном аспекте изобретения лазер работает в импульсном режиме, а датчик соединен с синхронным услителем или с устройством быстрого преобразования Фурье (БПФ) сигнала для уменьшения фона.

В другом аспекте изобретения второй или третий датчик устанавливают вблизи лазера для использования в качестве контроля для спектра поглощения.

В другом аспекте изобретения какой-либо известный материал - жидкость и/или газ помещают между лазером и контрольным датчиком для использования их в качестве контроля для спектра поглощения.

В дополнительном аспекте изобретения разницу между спектрами поглощения окружающего газа, жидкости и/или атмосферы и контрольного датчика используют для подачи звукового сигнала тревоги.

В другом аспекте изобретения измеряющий датчик используют как контрольный датчик путем введения на короткие интервалы времени контрольного материала в промежутки между лазером и измерительным датчиком.

В другом аспекте изобретения длину волны колебаний лазера изменяют с помощью изменения силы тока, длительности импульса тока и/или частоты тока, питающего лазер.

В другом аспекте изобретения на пути луча лазера используют подогреваемые линзы, окна или зеркала для предотвращения образования обмерзания на одном или нескольких из них.

В другом аспекте изобретения часть блоков помещают в герметичные оболочки или заполняют пластмассой или подобными веществами для предотвращения вызванного окружающей атмосферой коррозионного повреждения находящихся внутри компонентов.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

На Фиг.1 упрощенно изображен лазер/линзы/датчик устройства подачи сигнала тревоги при обнаружении газа или огня вместе с источником питания, предварительным услителем и управляющей электроникой.

На Фиг.2 изображен спектр на выходе лазера с длиной волны 2,3 мкм, использованного в испытании по обнаружению газа. При токе в 205 мА длина волны излучения лазера была ~2,277 мкм, а при токе 350 мА длина волны была ~2,316 мкм.

На Фиг.3 изображен измеренный датчиком сигнал в зависимости от тока импульсного лазера (длительность импульса 50%). При нахождении CH_4 в газовой ячейке размером 5 см наблюдается частичное поглощение света лазера.

На Фиг.4 изображен рассчитанный спектр поглощения CH_4 по полученным данным, показанным на Фиг.3. Для сравнения (в другом масштабе) изображены данные о поглощении CH_4 по сведениям из базы данных HITRAN. Данные совпадают частично, но применение дешевого ФП (Фабри-Перо) лазера дает более широкие возможности.

На Фиг.5 изображены данные из базы данных HITRAN о поглощении газом CO .

На Фиг.6 изображены результаты испытания лазеров с расщеплением моды при комнатной температуре в импульсном режиме. Лазер излучал единственную моду на длине волны от 2,353 мкм до 2,375 мкм, т.е. перестраиваемый одномодовый режим в диапазоне 22 нм при комнатной температуре. Полная ширина пика излучения на

половине максимальной мощности составила 0,47 нм для длины волны излучения 2,353 мкм и 0,57 нм для длины волны излучения 2,375 мкм. Для наглядности спектр, соответствующий 16 мА, сдвинут вниз.

На Фиг.7 упрощенно изображен лазер/линзы/датчик газа и/или жидкости и/или частицы датчика тревоги/аномальности вместе с источником питания, предварительным усилителем и управляющей электроникой.

Фиг.8 изображает измеренную спектральную поглощательную способность воды, метанола и этанола для колебаний в окрестности длины волны, равной 2,3 мкм. На чертеже также изображено, как разные углеводородные текучие среды создают разные спектры поглощения, которые могут быть обнаружены.

На Фиг.9 показано, как газ или материал сравнения использован вместе со вторым датчиком для калибровки измерений. Такая работа с самокалибровкой приводит к улучшению точности без необходимости точного контроля тока лазера и температуры.

На Фиг.10 показан дополнительный датчик, измеряющий отраженное/рассеянное в обратном направлении излучение ИК лазера от частиц/препятствий для получения объемной информации. При затенении туманом датчика в приемнике (показано с правой стороны) дополнительный датчик имеет возможность измерения спектра поглощения газа.

На Фиг.11 приемник изъят, так что газ измеряют по отражению/обратному рассеянию излучения ИК лазера частицами или препятствиями, такими как туман, снег, лед, песок и тому подобными. Датчик может быть наклонен одним или двумя способами для того, чтобы отъюстировать его для наблюдения газа в требуемой области/точке или для обзора.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Представленное изобретение описано со ссылкой на следующие, не ограничивающие примеры выполнения. Предполагается, что в объем охраны патента будут входить все возможные изменения и поправки, которые могут быть произведены, основанные на прилагаемой формуле изобретения.

ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ

Система была построена на основе FPCM-2301 лазера Фабри-Перо с излучением в середине ИК диапазона и длиной волны ~ 2,3 мкм (от Intopto A/S, Норвегия), который был установлен в кожух «передатчика» с коллимирующей линзой и источником питания, как изображено на Фиг.1. Источник питания испытываемой системы на самом деле был установлен на задней стенке кожуха (в отличие от того, что изображен на чертеже, где он показан имеющим отдельный кожух), так чтобы расстояние между источником питания и лазером было меньше. Перед лазером мы укрепили плоско-вогнутую линзу, в которой находится точка фокуса лазера, так что луч лазера коллимируется в параллельный луч. Это делает простым настройку расстояния между передатчиком (содержащим лазер) и датчиком. Как изображено на Фиг.1, датчик был установлен в кожухе «приемника» с плоско-вогнутой линзой таким образом, что большая часть луча лазера была сфокусирована на датчике, p-i-n датчик в корпусе (p-i-n - датчик от Sensor Unlimited Ltd., USA с длиной волны 2,3 мкм) был присоединен к предварительному усилителю, который был установлен на приемнике для уменьшения расстояния между датчиком и предварительным усилителем.

Для улучшения отношения сигнал/шум мы также пытались присоединить лазер и датчик к импульсному генератору и синхронному усилителю. Это уменьшает шумовой фон, так что измерения были намного более чувствительными. Для простых

измерительных устройств импульсный генератор и синхронный усилитель не требуются.

Для спектральной настройки лазера мы использовали изменения и тока, и длительности импульса для изменения длины волны на выходе лазера. При низких постоянных токах (~200 мА) лазер излучал с длиной волны примерно 2,27 мкм, тогда как при больших постоянных токах (~350 мА) длина волны излучения лазера изменялась до 2,316 мкм (см. Фиг.2). Так как испытываемая система была построена на лазере Фабри-Перо, то лазер имел от одной до трех мод, причем обычно одна мода намного мощнее, чем две остальные. Разнесение мод лазера по длине волны было примерно 3 нм, так что перестройка между 2,27 мкм и 2,32 мкм могла быть выполнена с инкрементом 3 нм. Между двумя такими «шагами» на выходе лазера наблюдалось увеличение мощности одной моды, тогда как уменьшалась мощность другой моды, так что собранные данные представляли собой результат поглощения в импульсе с полной шириной кривой распределения на половине высоты (FWHM) порядка 3-6 нм.

Другой способ перестройки лазера состоит в использовании импульсного генератора и в изменении длительности импульса от 1% до 99% вместо изменения тока. Это дало более или менее одинаковые результаты, что и перестройка изменением тока, но так как ток можно поддерживать большим во всей области перестройки, это улучшало мощность сигнала для наиболее коротких длин волн. Такая «импульсная перестройка» может также быть объединена с синхронным усилителем для увеличения отношения сигнал/шум, но здесь это не было испытано. «Импульсная перестройка» имеет и другое преимущество, состоящее в том, что она может быть легко контролируема и собрана с использованием цифровой обработки (микроконтроллер или ПК), что уменьшает потребность в аналоговом управлении током лазера (и таким образом снижает стоимость).

При испытании поглощения газом ПК был использован как управляющее устройство для лазера и датчика, так что данные могли быть собраны автоматически. ПК мог быть заменен аналогичным программируемым микроконтроллером или электронной схемой для выполнения анализа/обнаружения газа.

В зависимости от длины волны лазера такой установкой могут быть обнаружены несколько газов. На Фиг.3 и 4 изображены собранные данные и результирующий спектр поглощения газа импульсного лазера после прохождения через газовую ячейку с размером 5 см, содержащую CH_4 . При снятии этих данных лазер, перестраиваемый изменением тока, показывал пики поглощения в окрестностях линий поглощения газа. Пики намного шире и имеют меньше подробностей благодаря тому, что излучение этого лазера шире, чем линии поглощения газа. Из этого спектра можно рассчитать концентрацию CH_4 , а путем качания частоты лазера и сбором данных по многим точкам мы рассчитали чувствительность порядка ~5 м.д. за одну секунду. Следовательно, 10 метров длины передачи будут иметь чувствительность 0,5 м.д. за одну секунду времени интегрирования.

При обнаружении таким же путем CO (поглощение в окрестности длины волны 2,3 мкм) концентрация CO может быть измерена таким же путем, как и CH_4 . На Фиг.5 изображены данные HITRAN о поглощении в окрестности длины волны ~2,3 мкм. Для обнаружения дыма можно или наблюдать относительное поглощение всего спектра, или использовать второй датчик для наблюдения за светом, рассеянным частицами. В таком небольшом интервале длин волн рассеяние в основном нечувствительно к изменению длины волны, так что рассеяние дымом будет проявляться в увеличении поглощения во всем интервале, т.е. не будет проявляться в виде пиков. Например, на

Фиг.4 изображен коэффициент поглощения, равный $4,5 \text{ см}^{-1}$ на длине волны 2,31 мкм, тогда как на длине волны 2,30 мкм он равен 7 см^{-1} (или ~160% от значения на волне 2,31 мкм). Что касается поглощения дымом, то оно будет одинаковым по величине для обеих длин волн (т.е. поглощение на волне длиной 2,30 мкм должно составить 100% поглощения на волне длиной 2,31 мкм). Тогда мы можем рассчитать количество дыма и CH_4 следующим образом:

$$\alpha_{\text{CH}_4}(2,31\text{мкм}) = 1,6 \alpha_{\text{CH}_4}(2,30\text{мкм})$$

$$\alpha_{\text{дым}}(2,31\text{мкм}) = 1,6 \alpha_{\text{дым}}(2,30\text{мкм}),$$

где $\alpha_{\text{CH}_4}(\lambda)$ и $\alpha_{\text{дым}}(\lambda)$ представляют собой коэффициенты поглощения соответственно метана и дыма. Измеренный коэффициент поглощения $a(\lambda)$ может быть представлен через них:

$$\alpha(2,30\text{мкм}) = \alpha_{\text{CH}_4}(2,30\text{мкм}) + \alpha_{\text{дым}}(2,30\text{мкм}),$$

$$\alpha(2,31\text{мкм}) = \alpha_{\text{CH}_4}(2,31\text{мкм}) + \alpha_{\text{дым}}(2,31\text{мкм}) = 1,6 \alpha_{\text{CH}_4}(2,30\text{мкм}) + \alpha_{\text{дым}}(2,31\text{мкм}),$$

что может быть переписано как:

$$\alpha_{\text{CH}_4}(2,30\text{мкм}) = \alpha(2,31\text{мкм}) - \alpha(2,30\text{мкм}) / 0,6,$$

$$\alpha_{\text{дым}}(2,30\text{мкм}) = \alpha(2,31\text{мкм}) - 0,4 \alpha(2,30\text{мкм}) / 0,6.$$

Если длины путей лучей одинаковы, то эти коэффициенты поглощения должны быть прямо связаны с процентным содержанием метана и дыма с калибровкой (то есть с калибровочным корректирующим множителем). Это, в свою очередь, может быть использовано для установки уровней подачи сигнала тревоги.

Приведенный выше пример демонстрирует пригодность этой системы для одновременного измерения и газа, и дыма путем использования перестройки лазера и сравнения поглощения на различных длинах волн для отдельного определения количества газа и дыма/частиц в обследуемом окружающем пространстве. При использовании всего спектра вместо только двух длин волн набирается более полная статистика и повышается чувствительность. Для таких систем соотношение будет следующим:

$$\alpha(\lambda) = K(\lambda) - \alpha_{\text{CH}_4}(\lambda) + \alpha_{\text{дым}}(\lambda),$$

в котором контрольный множитель для газа заменен нормализованным контрольным спектром $K(\lambda)$. Другие способы улучшения обнаружения включают позиционирование пиков (для калибровки длины волны) или рассмотрения производной спектра для разделения пиков поглощения газа (предполагая одинаковым рассеяние дымом в рассматриваемом интервале спектра).

Другой способ измерения поглощения газом и рассеяния дымом состоит в использовании одной моды перестраиваемого лазера с расщеплением моды или ему подобного. На Фиг.6 изображен выходной спектр одного из наших лазеров с расщеплением моды, который излучает одну моду. Преимущество использования одной моды излучения состоит в том, что она имеет наименьшую ширину спектральной линии, так что могут быть выделены индивидуальные линии газа. В данном случае лазер с расщеплением моды, предложенный здесь, имеет ширину линии примерно $0,52 \text{ нм} \pm 0,05 \text{ нм}$, что вполне достаточно для разрешения линий поглощения CO , изображенных на Фиг.5. Например, имеется сильная линия на длине волны 2365,54 нм, которая может быть сканирована лазером с расщеплением моды без помех со стороны линий с длинами волн 2363,12 нм или 2368,00 нм,

расположенных вблизи от указанной линии. Такое сканирование даст даже более высокие пределы обнаружения путем объединения узкого сканирования и широкой перестройки (для сканирования нескольких линий). Что касается лазера Фабри-Перо, то он также может быть использован для обнаружения частиц/дыма и также дает более высокую чувствительность для такого разделения сильных и узких пиков, которые создаются более легко.

На Фиг.7 также изображено, как описанный способ может быть использован для обнаружения смеси газа и/или жидкости и частиц. Как и в случае частиц, переносимых воздухом, частицы в текучих средах или пузырьки газа в жидкостях будут рассеивать свет и могут быть обнаружены таким же способом, какой был рассмотрен выше. По нашим измерениям на Фиг.8 показано, как углеводородные жидкости, такие как метанол, этанол и подобные им, могут быть обнаружены с помощью лазера по их пикам поглощения на средних длинах волн ИК диапазона. Это создает возможность обнаружения критических компонентов в текучих средах, таких как нежелательные химикаты или частицы, для предупреждения оператора. На Фиг.9 изображено, как контрольные значения используются для калибровки данных о поглощении путем сравнения с сигналом от двух датчиков. Это приближение устраняет потребность в точном управлении длиной волны без потери точности системы. На Фиг.10 показан дополнительный датчик, который использован для измерения отраженного/рассеянного в обратном направлении ИК излучения от лазера, работающего на средних длинах волн ИК диапазона. При перестройке длины волны датчик также может быть использован для измерения газа и частиц, но будет зависеть от рассеивающих/отражающих свойств среды, такой как туман, пыль, снег или твердая среда, как лед, или тому подобное. В этой установке также использован в качестве калибровки контрольный сигнал от калибрующего газа. На Фиг.11 изображена такая же установка, что и на Фиг.10, но без приемника. Вместо него дополнительный датчик на Фиг.10 использован для измерения и частиц, и газа. Такая установка имеет преимущества в случае длинных измеряемых расстояний или если требуется сканирование диапазона. Сканирование может быть выполнено путем юстировки лазера в различных направлениях с использованием двигателей, адаптивной оптики или MEMS. Таблица 1 представляет список идентифицированных газов и длин волн, которые могут быть измерены с применением предложенного изобретения.

Таблица 1		
Список нескольких газов, которые могут быть обнаружены с помощью предложенного изобретения.		
Газ	Соответствующий диапазон обнаружения	Главные опасности. Где используют, встречается
NH ₃ Аммиак	2,2-2,35 мкм	Очень ядовит / Коррозионный, Промышленность
N ₂ O Веселящий газ	2,1-2,13 мкм	Опасен в больших дозах / Окисляет, Фарма / Лаб
NO ₂ Двуокись азота	-2,38 мкм	Крайне ядовита/Окисляет, Выхлоп дизеля
CO ₂ Углекислый газ	1,9-2,1 мкм и 2,6-2,9 мкм	Опасен >10%, Промышленность, Пламя, Выхлоп
CO Угарный газ	2,3-2,4 мкм	Крайне ядовит / Взрывчатый, Горение, Выхлоп
HBr Бромистый водород	1,95-2,05 мкм	Крайне ядовит / Окисляет, Лаборатория
HI Йодистый водород	2,25-2,35 мкм	Крайне ядовит / Окисляет, Лаборатория
CH ₄ Метан	2,2-2,4 мкм и 3,1-3,6 мкм	Ядовит / Взрывчатый, Природный газ, Отбросы
C ₂ H ₆ Этан	2,2-2,5 мкм и 3,2-3,6 мкм	Ядовит / Взрывчатый, Природный газ
C ₃ H ₈ Пропан	2,2-2,5 мкм и 3,3-3,6 мкм	Ядовит / Взрывчатый, Пропан-газ (обогрев, приготовление пищи)
C ₄ H ₁₀ Бутан	2,2-2,5 мкм и 3,3-3,6 мкм	Ядовит / Взрывчатый, Бутан-газ (обогрев, приготовление пищи)
C ₇ H ₁₆ Гептан	2,3-2,5 мкм и 3,3-3,7 мкм	Очень ядовит / Взрывчатый, (газовые станции)

	Изооктан	2,3-2,5 мкм и 3,3-3,7 мкм	Чрезвычайно ядовит / Взрывчатый, (газовые станции)
	Ксилен (все три)	2,2-2,5 мкм	Ядовит / Легко воспламеняем, Выхлоп
	HDO	2,35-2,36 мкм	Не опасен. Предшественник тяжелой воды
	Дихлорметан	2,2-2,35 мкм	Очень ядовит / Взрывчатый. Природный газ. Промышленность
5	Гидразин	2-2,5 мкм и 2,9-3,1 мкм	Ядовит / Взрывчат, Ракеты, Промышленность
	Формальдегид	2,15-2,25 мкм	Ядовит / Легко воспламеняется, Выхлоп / Природный газ / Пивоваренные заводы
	Этен	2,1-2,4 мкм и 3,1-3,4 мкм	Ядовит / Легко воспламеняем, Выхлоп, Разливы масла
	Бутен (1 и 2)	2,2-2,5 мкм	Ядовит / Легко воспламеняем, Выхлоп
	Профен	2,2-2,4 мкм	Ядовит / Легко воспламеняем, Выхлоп
10	H ₂ S - Сероводород	2,55 мкм	Очень ядовит, Морские платформы / Промышленность
	Бензин	2,4-2,5 мкм	Ядовит / Легко воспламеняем,
			Ракеты / Промышленность
	HCN	~2,5 мкм	Крайне ядовит, Промышленность
	HF-Плавиковая кислота	2,4-2,7 мкм	Крайне ядовита, Промышленность / Лаб
15	O ₃ - Озон	2,4-2,5 мкм	Ядовит / Окисляет, Промышленность
	SC ₂ - Сернистый газ	2,4-2,5 мкм и 2,7-2,8 мкм	Ядовит / Коррозионный, Выхлоп / Промышленность
	NO - Окись азота	2,6-2,7 мкм	Ядовита / Легко воспламеняема/Окисляет, Выхлоп
	SiH ₄ - Силам (Кремневодород)	2,2-2,4 мкм и 3,1-3,4 мкм	Самовоспламеняется / Взрывчатый / Стекланная пыль (Вредный), Промышленность
20	GeH ₄ - Герман (Тетрагидрид германия)	2,3-2,5 мкм	Самовоспламеняется / Взрывчатый / Стекланная пыль (Вредный), Промышленность
	PH ₃ - Фосфин	2,1-2,3 мкм и 2,8-3,1 мкм	Самовоспламеняется / Взрывчатый / Ядовит, Промышленность
	Никотин (50°C)	3,2-3,6 мкм	Ядовит, Промышленность

25

Формула изобретения

1. Способ обнаружения газов, частиц и/или жидкостей, в котором лазер, построенный на InGaAsP, InGaAsN, AlGaAsSb, InGaAsSb или AlInGaAsSb в диапазоне длин волн от 1 до 10 мкм, перестраивают по длине волны для сканирования спектра, так что собирают данные о поглощении более чем на одной длине волны и сравнивают поглощение на различных длинах волн для одновременного определения наличия и концентрации газа и частиц или жидкости и частиц.

2. Способ по п.1, в котором ИК лазер представляет собой лазер Фабри -Перо, лазер с расщеплением моды или им подобный.

3. Способ по п.2, в котором лазер представляет собой лазер на гетероструктуре, лазер с квантовыми ямами или квантовый каскадный лазер, построенный на одном или нескольких из этих материалов.

4. Способ по п.3, в котором данные о поглощении используют для определения наличия и концентрации газа с целью подачи звукового сигнала тревоги.

5. Способ по п.4, в котором данные о поглощении также используют для определения наличия и концентрации частиц с целью подачи звукового сигнала тревоги.

6. Способ по п.4, в котором газом является CO₂, CO, MN₃, NO_x, SO₂, CH₄, газообразный или жидкий углеводород или тому подобное.

7. Способ по п.5, в котором частицами являются неорганические или органические частицы в текучей среде, такие как песок, зерна, частицы порошка, планктон или тому подобное, или частицы в газе, таком как дым, смог, туман или тому подобные, которые рассеивают свет лазера.

8. Способ по п.5, в котором лазерное излучение пропускают через область или камеру и детектируют с помощью одного или нескольких ИК датчиков для измерения газа и частиц, жидкости и частиц или жидкости и пузырьков газа.

9. Способ по п.8, в котором луч лазера оказывается много раз отраженным между двумя зеркалами для увеличения длины пути поглощения, прежде чем он будет детектирован датчиком, работающим в средней части ИК диапазона.

10. Способ по п.8, в котором для активной юстировки лазера и датчика используют адаптивную оптику, MEMS или электрические двигатели.

11. Способ по п.8, в котором для облегчения достижения требуемой юстировки используют пассивную юстировку датчика и лазера, такую как несколько датчиков.

12. Способ по п.8, в котором один датчик используют на оси лазера для непосредственного обнаружения газа лазером, а другой датчик используют смещенным от указанной оси для обнаружения дыма по рассеянному свету.

13. Способ по п.9, в котором обнаружение производят в камере, которая определенным образом перфорирована для того, чтобы дать возможность окружающей атмосфере, газу и/или дыму проникнуть в камеру.

14. Способ по п.13, в котором обнаружение производят в камере, которая сообщается с окружающей атмосферой, газом и/или дымом через трубопровод газ/воздух и насос.

15. Способ по п.8, в котором доступны несколько точек обнаружения благодаря тому, что имеется несколько трубопроводов газ/воздух в одной камере/области.

16. Способ по п.8, в котором лазер работает в импульсном режиме, а датчик соединен с синхронным усилителем или с устройством, осуществляющим быстрое преобразование Фурье сигнала для уменьшения фона.

17. Способ по п.8, в котором второй или третий датчик устанавливают вплотную к лазеру, чтобы использовать в качестве контрольного для спектра поглощения.

18. Способ по п.17, в котором известный материал, жидкость и/или газ размещают между лазером и контрольным датчиком, чтобы использовать в качестве контрольного для спектра поглощения.

19. Способ по п.17, в котором разницу между спектром поглощения окружающего газа, жидкости и/или атмосферы и показаниями контрольного датчика используют для подачи звукового сигнала тревоги.

20. Способ по п.8, в котором измеряющий датчик используют в качестве контрольного датчика путем перемещения контрольного материала между лазером и измеряющим датчиком в течение короткого отрезка времени.

21. Способ по п.3, в котором длину волны лазера перестраивают путем изменения силы тока, длительности импульса и/или частоты тока лазера.

22. Устройство для обнаружения газов, частиц и/или жидкостей, в котором лазер, работающий в диапазоне длин волн от 1 до 10 мкм, построенный на InGaAsP, InGaAsN, AlGaAsSb, InGaAsSb или AlInGaAsSb, перестраивается по длине волны для сканирования спектра, так что собираются данные о поглощении более чем на одной длине волны и сравнивается поглощение на различных длинах волн для одновременного определения наличия и концентрации газа и частиц или жидкости и частиц.

23. Устройство по п.22, в котором ИК лазер представляет собой лазер Фабри-Перо, лазер с расщеплением моды или им подобный.

24. Устройство по п.23, в котором лазер представляет собой лазер на гетероструктуре, лазер с квантовыми ямами или квантовый каскадный лазер, построенный на одном или нескольких из этих материалов.

25. Устройство по п.24, в котором данные о поглощении используются для определения наличия и концентрации газа с целью подачи звукового сигнала тревоги.

26. Устройство по п.25, в котором данные о поглощении также используются для определения наличия и концентрации частиц с целью подачи звукового сигнала тревоги.

27. Устройство по п.25, в котором газом является CO_2 , CO , NH_3 , NO_x , SO_2 , CH_4 , газообразный или жидкий углеводород или тому подобное.

28. Устройство по п.26, в котором частицами являются неорганические или органические частицы в текучей среде, такие как песок, зерна, частицы порошка, планктон или тому подобное, или частицы в газе, таком как дым, смог, туман или тому подобные, которые рассеивают свет лазера.

29. Устройство по п.26, в котором лазерное излучение проходит через область или камеру и обнаруживается с помощью одного или нескольких ИК датчиков для измерения газа и частиц, жидкости и частиц или жидкости и пузырьков газа.

30. Устройство по п.29, в котором луч лазера оказывается много раз отраженным между двумя зеркалами для увеличения длины пути поглощения, прежде чем он будет обнаружен датчиком, работающим в средней части ИК диапазона.

31. Устройство по п.29, в котором адаптивная оптика, MEMS или электрические моторы используются для активной юстировки лазера и датчика.

32. Устройство по п.29, в котором используется пассивная юстировка датчика и лазера, такая как несколько датчиков, для облегчения достижения требуемой юстировки.

33. Устройство по п.29, в котором один датчик используется на оси лазера для непосредственного обнаружения газа лазером, а другой используется смещенным от указанной оси для обнаружения дыма по рассеянному свету.

34. Устройство по п.30, в котором обнаружение производится в камере, которая определенным образом перфорирована для обеспечения возможности проникновения в камеру окружающей атмосферы, газа и/или дыма.

35. Устройство по п.34, в котором обнаружение производится в камере, которая сообщается с окружающей атмосферой, газом и/или дымом через трубопровод газ/воздух и насос.

36. Устройство по п.29, в котором доступны несколько точек обнаружения благодаря тому, что имеется несколько трубопроводов газ/воздух в одной камере/области.

37. Устройство по п.29, в котором лазер работает в импульсном режиме, а датчик соединен с запертым усилителем или устройством, осуществляющим быстрое преобразование Фурье сигнала для уменьшения фона.

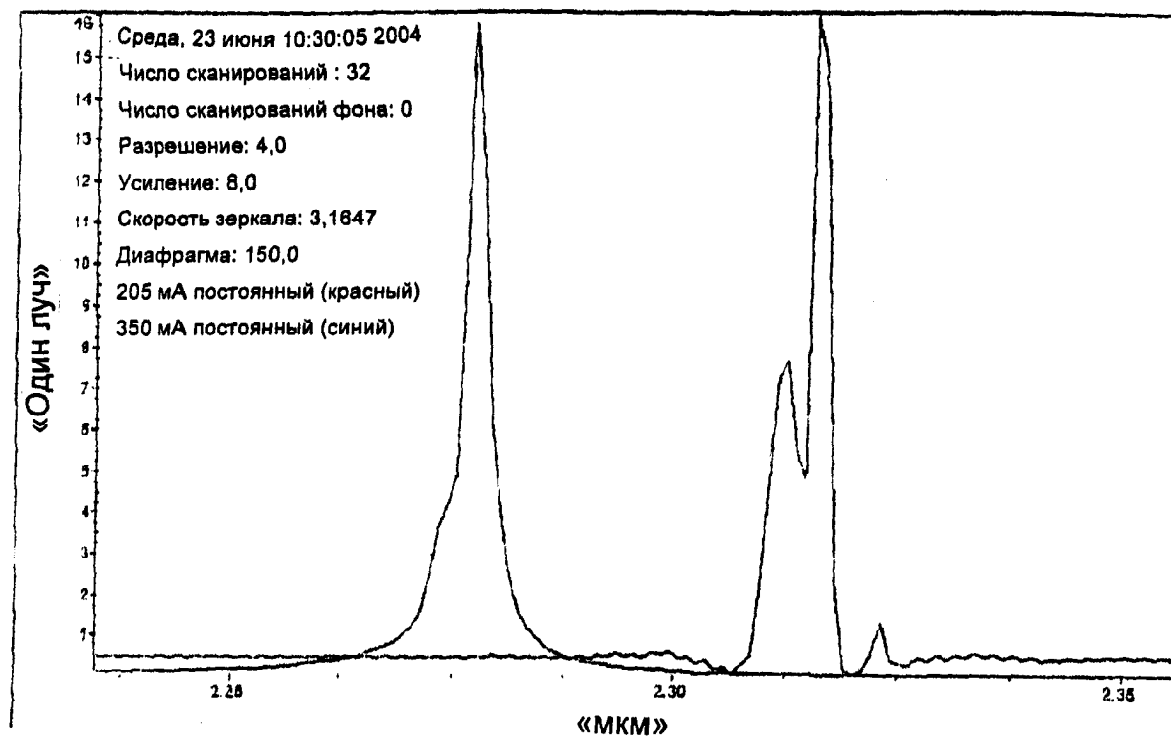
38. Устройство по п.29, в котором второй или третий датчик установлен вплотную к лазеру для получения контрольного значения для спектра поглощения.

39. Устройство по п.38, в котором известный материал, жидкость и/или газ размещен между лазером и контрольным датчиком для использования в качестве контрольного значения для спектра поглощения.

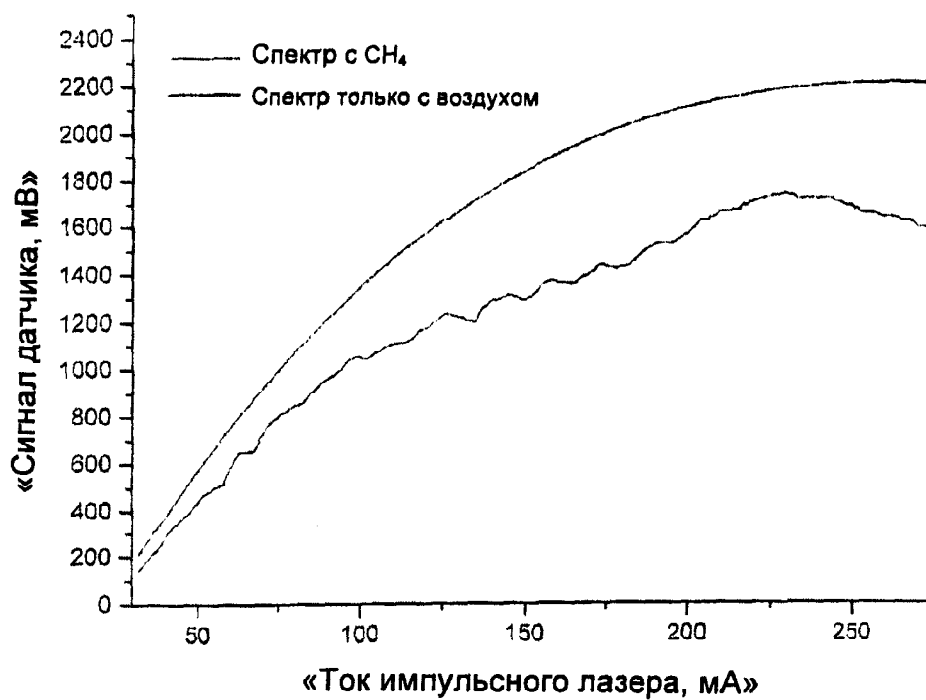
40. Устройство по п.38, в котором разница между спектром поглощения окружающего газа, жидкости и/или атмосферы и показаниями контрольного датчика используется для подачи звукового сигнала тревоги.

41. Устройство по п.29, в котором измеряющий датчик используется в качестве контрольного датчика путем перемещения контрольного материала между лазером и измеряющим датчиком в течение короткого отрезка времени.

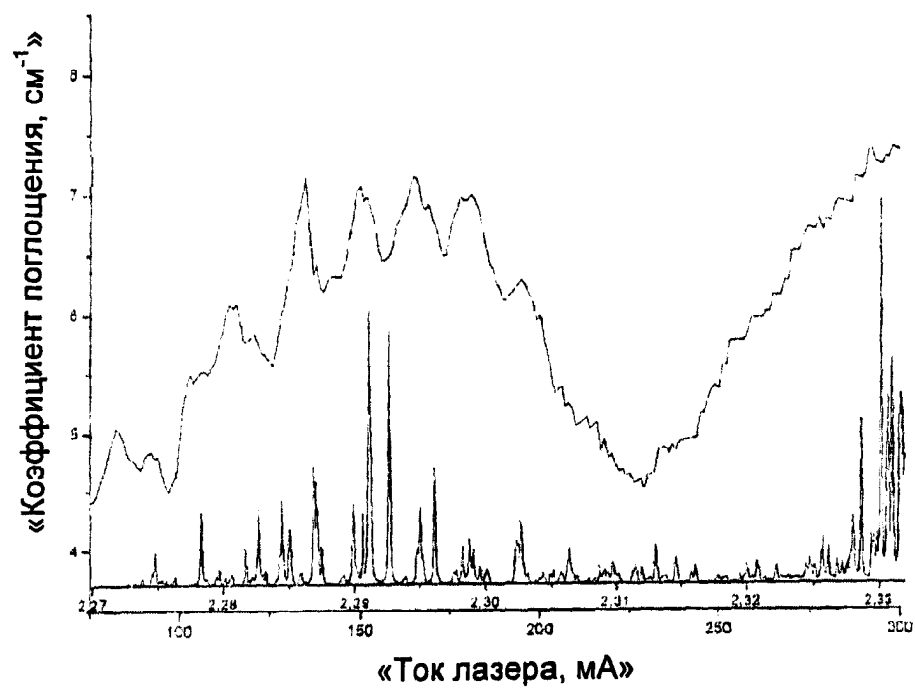
42. Устройство по п.24, в котором длина волны лазера перестраивается путем изменения силы тока, длительности импульса и/или частоты тока лазера.



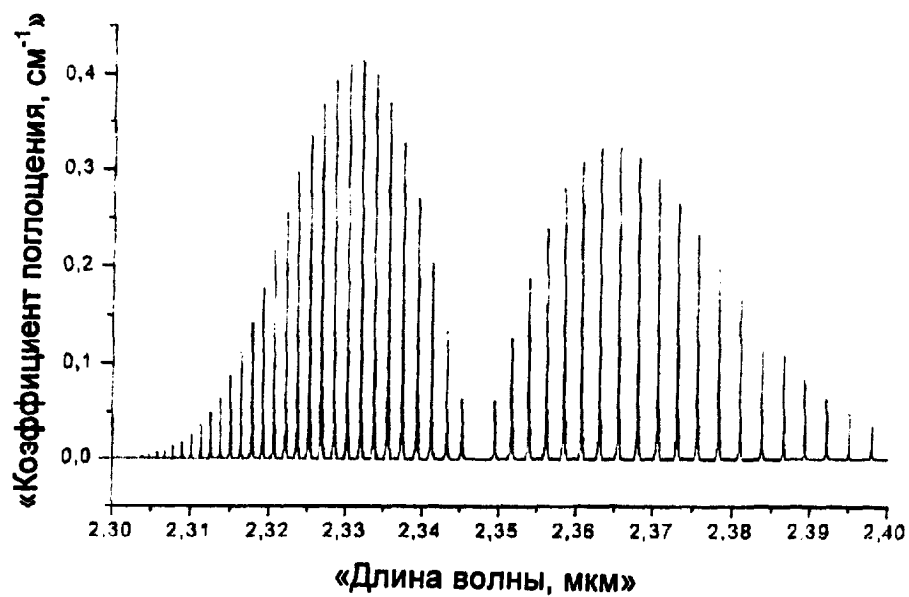
Фиг. 2



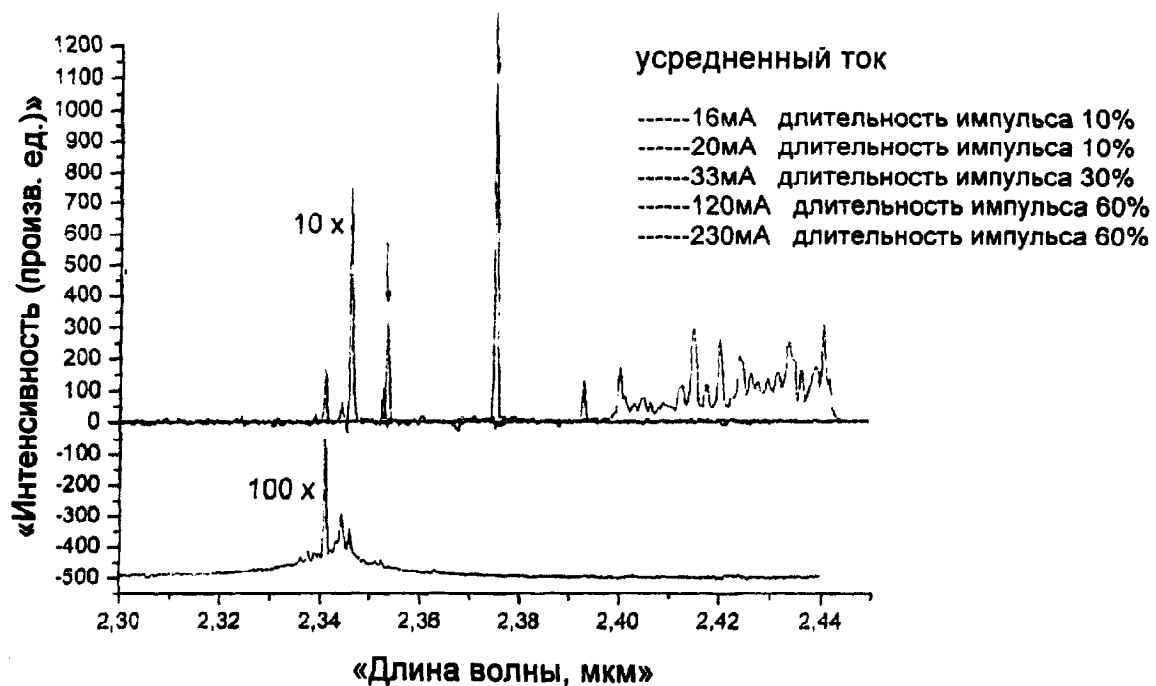
Фиг. 3



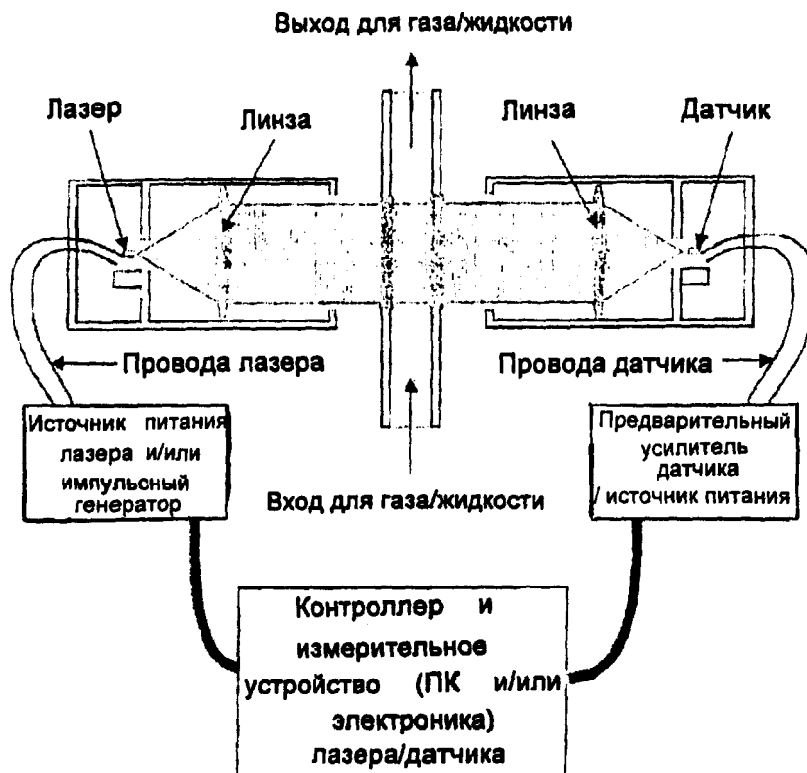
Фиг. 4



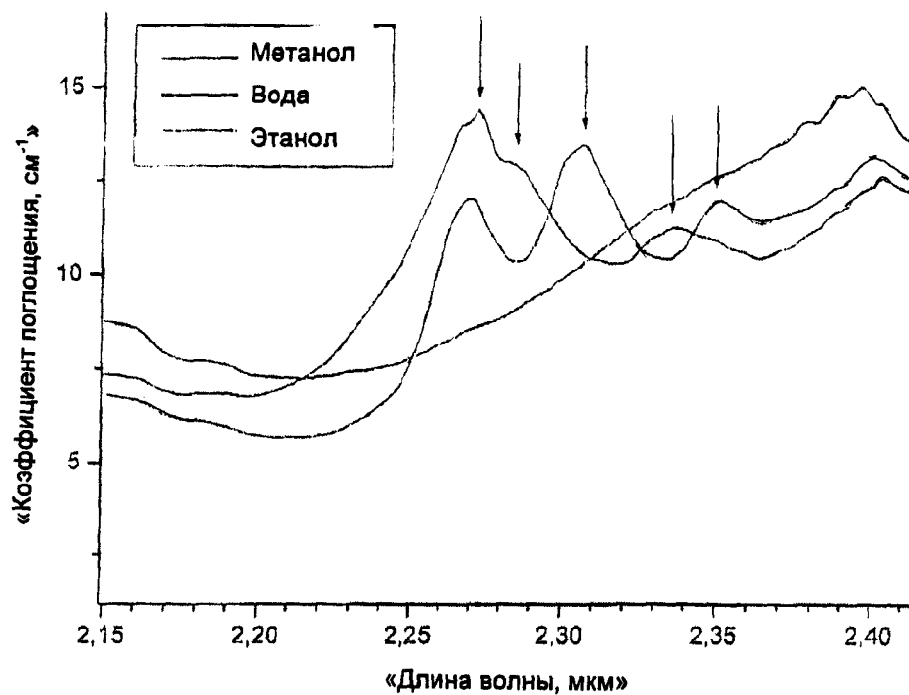
Фиг. 5



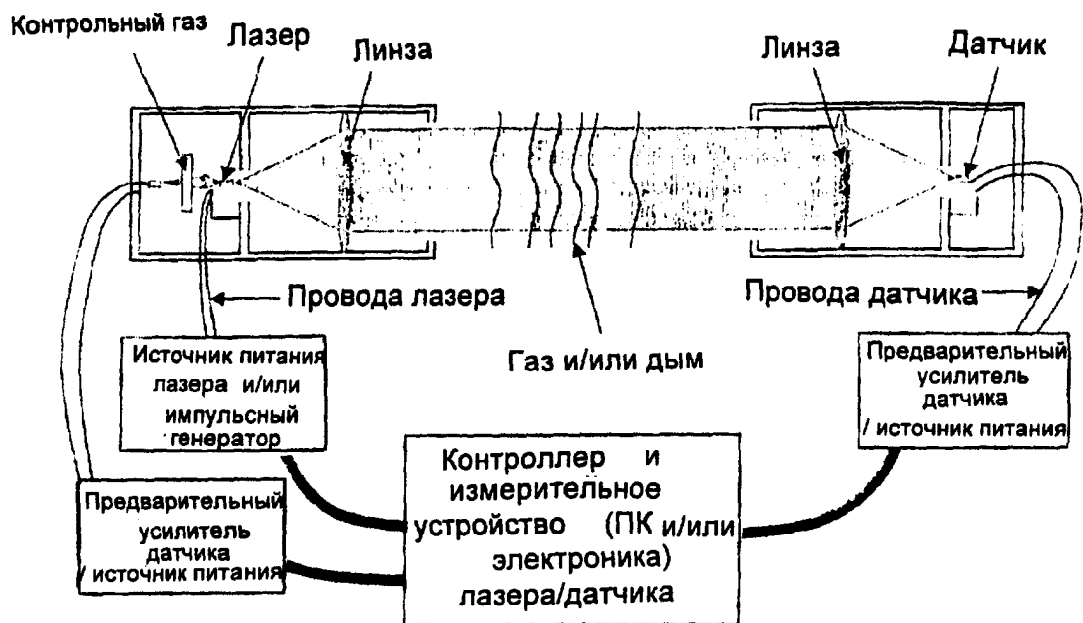
Фиг. 6



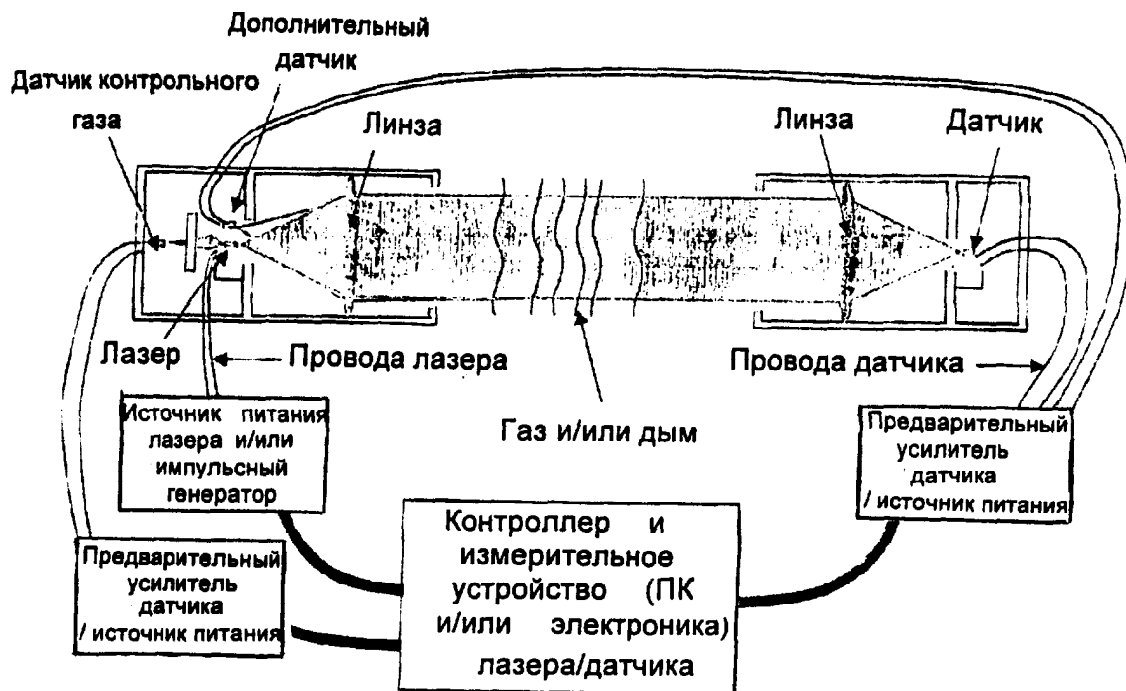
Фиг. 7



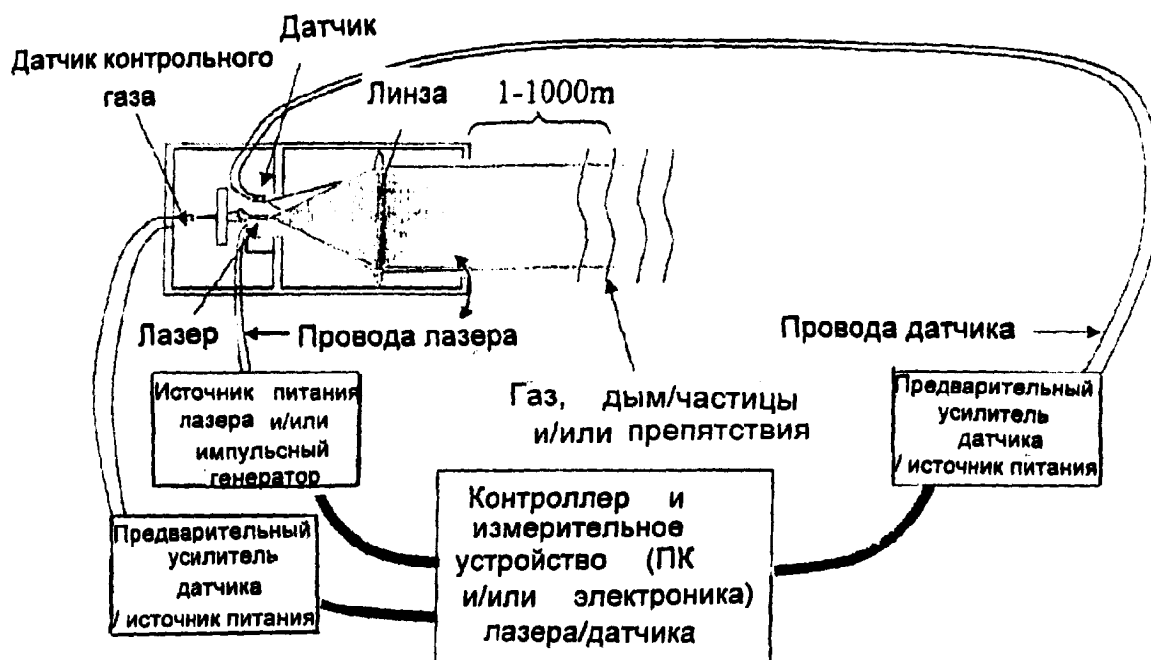
Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг.10



Фиг. 11