

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 805 772** (13) **C1**

(51) МПК

[G08B 17/103 \(2006.01\)](#)[G01N 21/35 \(2014.01\)](#)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 19.10.2024)
 Пошлина: учтена за 3 год с 11.08.2025 по 10.08.2026. Установленный срок для уплаты пошлины за 4 год: с 11.08.2025 по 10.08.2026. При уплате пошлины за 4 год в дополнительный 6-месячный срок с 11.08.2026 по 10.02.2027 размер пошлины увеличивается на 50%.

(52) СПК

G08B 17/103 (2023.08); G01N 21/35 (2023.08)(21)(22) Заявка: [2023120971](#), 10.08.2023(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.08.2023Дата регистрации:
24.10.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.08.2023

(45) Опубликовано: [24.10.2023](#) Бюл. № [30](#)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2321071 C1, 27.03.2008. RU 2541178 C2, 10.02.2015. US 7109874 B2, 19.09.2006. EP 2752828 A4, 03.06.2015. WO 2012130276 A1, 04.10.2012.

Адрес для переписки:

190000, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 67, лит. А, ГУАП, ЦКНИ

(72) Автор(ы):

Казаков Василий Иванович (RU),
Мосенцов Сергей Николаевич (RU),
Параскун Артур Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения" (RU)

(54) Волоконно-оптический датчик дыма и теплового конвекционного потока

(57) Реферат:

Изобретение относится к оптическим пожарным извещателям и датчикам и может быть использовано для исследования замкнутого пространства на предмет появления в нём дыма, а также появления или изменения теплового конвекционного потока. Устройство содержит оптическую часть, которая включает в себя источник оптического излучения, анализируемое пространство и последовательно соединенные оптический разветвитель и конденсор, фотоприемную часть, включающую первый и второй фотоприёмные блоки, устройство также содержит блок обработки сигналов, блок вывода информации. Техническим результатом является возможность удаленного мониторинга, а также увеличение пространственной разрешающей способности. 2 ил.

Изобретение относится к оптическим пожарным извещателям и датчикам и, может быть, использовано для исследования замкнутого пространства на предмет появления в нем дыма, а также появления или изменения теплового конвекционного потока.

Известно устройство «Пожарный извещатель», (Патент РФ №2336573, МПК G08B 17/117, опубликован 14.12.2006).

Устройство содержит компаратор, источник излучения, две оптические линии, каждая из которых включает в себя оптический канал, соединенный через

фотоприемник с компаратором, отличающийся тем, что оптические каналы оптических линий являются информационными и прозрачными для длин волн источников излучения для одного из них с длиной волны $\lambda_{\text{пог}}$, равной длине волны поглощения контролируемого газа, и для другого с длиной волны $\lambda_{\text{проп}}$, проходящей через контролируемый газ без поглощения, при этом к выходам фотоприемников подключены блоки сравнения, первый из которых в оптической линии с источником излучения $\lambda_{\text{пог}}$ имеет выход «пожар», а второй блок сравнения в оптической линии с источником излучения $\lambda_{\text{проп}}$ - выход «дым», а выход компаратора является выходом «газ».

Недостатком устройства является наличие электронных элементов с открытыми токоведущими частями непосредственно в охраняемой зоне, где может возникнуть очаг возгорания в результате неполадок электронного блока данного устройства контроля.

Известно устройство «Извещатель дыма», (Патент РФ №2321071, МПК G08B 17/10, опубликован 27.03.2008).

Устройство содержит микропроцессор, выход которого соединен через усилитель с источником световых импульсов, фотоприемник, отличающийся тем, что в него введены усилитель с импульсным питанием для усиления, задержки и преобразования принятого прямоугольного импульса в «пилообразный» сигнал, а также компаратор на кремниевом транзисторе, согласующий «пилообразный» сигнал на выходе усилителя с цифровым входом микропроцессора, стабилизирующего чувствительность извещателя в зависимости от динамики изменения интервала от начала принятого импульса тока до момента срабатывания компаратора или принимающего решение о переходе в режим «пожар» с выдачей извещения в шлейф сигнализации и на встроенный и внешний световые извещатели, а также узел приема сигнала устройства дистанционного лазерного тестирования, выход которого связан с микропроцессором.

Недостатком устройства является малая величина изменения длительности цикла заряда (разряда) в зависимости от светового потока у недорогих широко применяемых фотоприемников и, как следствие, сложность и экономическая нецелесообразность применения данного технического решения. Извещатель требует ручной настройки порога срабатывания.

Наиболее близким из числа известных технических решений является «Способ и устройство для обнаружения газов, частиц и/или жидкостей», (Патент RU №2461815, МПК G01N 21/39, опубликован 20.09.2012).

Устройство содержит четырехкомпонентный настраиваемый лазер, работающий в средней части инфракрасного (ИК) диапазона для одновременного измерения и частиц, и газа. Измерение выполняется в пределах пространства, в котором газ, представляющий интерес, поглощает излучение, соответствующее средней части ИК-диапазона. Газы снижают интенсивность излучения на определенной длине волны этого устройства, тогда как частицы/туман снижают интенсивность всех длин волн. В этом случае появление тумана не приводит ко включению сигнала тревоги, в то время как обнаружение газа приводит ко включению. 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.

Недостатком данного устройства является наличие в контролируемой зоне электротехнических элементов, входящих в состав самого измеряющего устройства. Данное обстоятельство не позволяет использовать устройство во взрывоопасных зонах, а также в зонах, в которых присутствуют горючие газы и взвеси, а также отсутствие способности оценивать изменение или появление теплового конвекционного потока, указывающего на появление объектов с высокой температурой или очагов возгорания.

Задачей изобретения является создание оптического пожарного извещателя, который позволит удаленно определять в исследуемом пространстве наличие дыма и теплового конвекционного потока, при этом работа которого не будет вносить изменения в исследуемую среду.

Техническим результатом является возможность удаленного мониторинга, а также увеличение пространственной разрешающей способности.

Технический результат достигается тем, что волоконно-оптический датчик дыма и теплового конвекционного потока, содержащий оптическую часть, которая включает в себя источник оптического излучения и анализируемое пространство, а также блок обработки сигналов и фотоприемную часть, включающую в себя первый

фотоприемный блок, оптически связанный с анализируемым пространством, а его выход соединен с первым входом блока обработки сигналов, отличающийся тем, что устройство дополнительно содержит блок вывода информации, а в оптической части последовательно соединенные оптический разветвитель и конденсор, а также второй фотоприемный блок, который является составным блоком фотоприемной части, при этом вход второго фотоприемного блока соединен со вторым выходом оптического разветвителя, вход которого соединен с выходом источника оптического излучения, при этом конденсор оптически соединен с анализируемым пространством, а выход второго фотоприемного блока соединен со входом блока усиления входных сигналов, выход которого соединен со входом блока аналого-цифрового преобразователя, а его выход соединен со вторым входом блока обработки сигналов, выход которого соединен со входом блока вывода информации.

Технический результат достигается за счет введения новых блоков и связей между ними, которые позволяют одновременно регистрировать тепловой конвективный поток и дым, за счет введения дополнительного опорного оптического канала, что в свою очередь позволяет уменьшить число ложных срабатываний, а также осуществлять удаленный анализ среды и тем самым исключить непосредственный контакт электронных компонентов прибора с анализируемой средой.

Сущность изобретения поясняется чертежами, где на фиг. 1 - общая структурная схема волоконно-оптического датчика дыма и теплового конвекционного потока, на фиг. 2 - временные диаграммы сигналов блока обработки сигналов, и введены следующие обозначения:

- 1 - оптическая часть;
- 1.1 - источник оптического излучения;
- 1.2 - оптический разветвитель;
- 1.3 - конденсор;
- 1.4 - анализируемое пространство;
- 2 - фотоприемная часть;
- 2.1 - первый фотоприемный блок;
- 2.2 - второй фотоприемный блок;
- 3 - блок усиления входных сигналов;
- 4 - блок аналого-цифровой преобразователя;
- 5 - блок обработки сигналов;
- 6 - блок вывода информации.

Устройство содержит оптическую часть 1, включающую в себя последовательно соединенные источник оптического излучения 1.1, оптический разветвитель 1.2 и конденсор 1.3, оптически связанный с анализируемым пространством 1.4, а также фотоприемную часть 2, включающую в себя первый фотоприемный блок 2.1, выполненный в виде ПЗС-камеры, оптически связанный с анализируемым пространством 1.4, и второй фотоприемный блок 2.2, выполненный в виде фотодиода, вход которого соединен со вторым выходом оптического разветвителя 1.2, при этом выход второго фотоприемного блока 2.2 соединен со входом блока усиления входных сигналов 3, выход которого соединен с блоком аналого-цифрового преобразователя 4, при этом выходы первого фотоприемного блока 2.1 и блока аналого-цифрового преобразователя 4 соединены с первым и вторым входами блока обработки сигналов 5 соответственно, а его выход соединен со входом блока вывода информации 6.

При этом конденсоры 1.3 и 1.5 состоят из одинаковых частей: линзы с плоской и выпуклой поверхностями и соединителя SMA905 для оптического световода.

В качестве источника оптического излучения может быть использован лазерный модуль или светоизлучающий диод, например SLS201L компании Thorlabs [1].

В качестве средства передачи оптического излучения между блоками 1.1 и 1.2; 1.2 и 1.3, а также 1.2 и 1.5 может быть использовано оптоволоконный кабель, выполненное на основе стекол группы ZBLAN, например многомодовый соединительный кабель MZ41L1 и MF13L1 компании Thorlabs [2].

В качестве оптического разветвителя 1.2 может быть использован одномодовый волоконно-оптический ответвитель HPCR6 компании Thorlabs [3].

В качестве конденсора 1.3 может быть использован ахроматический адаптер волокна, например адаптер FA-1 компании SOLAR Laser Systems [4].

В качестве первого фотоприемного блока 2.1 может быть использована ПЗС-камера, например камера GE 1024 1024 DD NIR компании Greateyes [5].

В качестве второго фотоприемного блока 2.2 может быть использован фотодиод, например серии FD компании THORLABS [6], фотодиоды S серии компании Hamamtsu [7], фотодиоды ODD серии компании Opto Diode Corp [8].

В качестве блока усиления входных сигналов 3 может быть использована схема, состоящая из нескольких каскадов на основе операционного усилителя, например компании Analog Devices [9].

В качестве блока аналого-цифрового преобразователя 4 может быть реализован преобразователь на основе микросхемы компании Analog Devices [10], Texas Instruments [11].

В качестве блока обработки сигналов может быть использовано электронное решающее устройство, производящее сравнение и анализ электрических сигналов, отображающего текущее состояние системы на экране блока вывода информации.

Устройство работает следующим образом: лоцирующие сигналы с выхода источника оптического излучения 1.1 подаются на вход оптического разветвителя 1.2 посредством оптоволоконного кабеля. Далее излучение разделяется на две равные части оптическим разветвителем 1.2 с делением оптической мощности 90/10, причем большая часть мощности поступает с первого выхода оптического разветвителя через оптоволоконный кабель и вводится в конденсор 1.3. Затем оптическое излучение коллимируется, распространяется через анализируемое пространство 1.4 и падает на фоточувствительную поверхность первого фотоприемного блока 2.1, в качестве которого выступает ПЗС-камера, на выходе которой формируется полученный сигнал в цифровом виде. Далее сигнал с выхода фотоприемного блока 2.1 поступает на первый вход блока обработки сигналов 5, который регистрирует пространственное распределение пучка попиксельно и передает информацию о профиле пучка в цифровом виде в форме отсчетных значений интенсивности.

В свою очередь, оптическое излучение со второго выхода оптического разветвителя 1.2 поступает через оптоволоконный кабель и коннектор, а затем падает на поверхность второго фотоприемного блока 2.2, при этом, не проходя через анализируемое пространство 1.4. Таким образом на выходе второго фотоприемного блока 2.2 формируется электрический сигнал, который поступает на вход блока усиления входных сигналов 3, где происходит усиление этого сигнала. Далее усиленный сигнал с выхода блока усиления входных сигналов 3 поступает на вход блока аналого-цифрового преобразователя 4, где усиленный сигнал преобразовывается из аналогового в цифровой, затем преобразованный сигнал полученной информации в цифровом виде поступает на второй вход блока обработки сигналов 5.

Далее происходит обработка полученных сигналов с первого и второго входа блока обработки сигналов 5 и формируется сигнал, отражающий динамику взаимодействия теплового конвективного потока и лазерного пучка. Затем результат обработки поступает в блок вывода информации 6, где отображаются полученная информация. Процесс обработки полученных сигналов заключается в одновременном сопоставлении уровней сигнала U_0 (уровень сигнала фотоприемного устройства) и $U_{оп}$ (уровень опорного сигнала) в блоке обработки сигналов 5. Полученный сигнал как разность двух этих уровней регистрируется в блоке обработки сигналов 5. Таким образом блок обработки сигналов 5 на основе информации о полученных уровнях сигналов формирует и выводит через блок вывода информации 6 пять типов оповещений: штатный режим работы, нестабильность лазера, дым, тепловой конвективный поток, неисправность.

Подробнее логику формирования оповещений описана с помощью временной диаграммы, представленной на фиг. 2. При этом всю диаграмму можно условно разделить на пять временных интервалов, поясняющих различные режимы работы блока обработки.

1. Штатный режим работы извещателя. В этом случае уровень сигнала фотоприемного устройства составляет величину U'_0 , а опорного сигнала - $U'_{оп}$.

Величина результирующего сигнала равна разности уровней сигналов фотоприемных устройств: $U_{рез} = U'_{оп} - U'_0$. Сигнал, отражающий результат обработки

пространственных характеристик лазерного пучка $W(nT)$ представляет собой

случайную величину со средним значением значительно ниже установленного порога. Сигнал на выходе блока обработки сигналов 5 составляет величину ($U_{вс} = \Delta_4$), что соответствует штатному режиму работы извещателя.

2. Следующий режим, который может возникнуть при работе извещателя - нестабильность характеристик лазера. В этом случае уровни сигналов U_0 и $U_{оп}$

будут изменяться одновременно, поэтому результирующий сигнал останется неизменным, что никак не скажется на работе блока обработки сигналов 5. Уровень

сигнала $W(nT)$ также не изменится, т.к. при расчете данной функции вычисляется нормированная величина.

3. Режим работы сенсора, который может возникнуть при появлении теплового конвективного потока. В этом случае уровень сигнала $W(nT)$ значительно увеличится, превысив пороговое значение. При этом уровни сигналов U_0 и $U_{оп}$ останутся на том же уровне, т.к. мощностной режим лазера не изменился. При достижении порогового уровня на блоке обработки сигналов 5 сформируется уровень сигнала $U_{БЭС} = \Delta_1$, соответствующий извещению «тепловой конвективный поток».

4. Следующий режим соответствует появлению дыма в анализируемом пространстве 1.4. Это приводит к постепенному уменьшению уровня сигнала U_0 . При этом сигнал $U_{оп}$ остается постоянным. Таким образом, уровень результирующего сигнала увеличивается. При достижении определенной пороговой величины $U_{пор}$ формируется сигнал $U_{БЭС} = \Delta_2$, что соответствует событию «дым» (появлению дыма в анализируемом пространстве 1.4). При этом для предварительной обработки сигнала о превышении порогового уровня и снижения вероятности ложных срабатываний при случайном попадании посторонних предметов в анализируемое пространство 1.4 или кратковременным падением уровня сигнала, вызванным иными причинами формирование сигнала $U_{БЭС} = \Delta_2$ происходит с некоторой задержкой τ_z (обычно 5...10 сек).

5. Если происходит аварийный выход из строя лазера, то уровни сигналов U_0 и $U_{оп}$ будут равны 0, то уровень результирующего сигнала будет равен 0 соответственно. Это приводит к переводу блока обработки сигналов 5 в режим «Неисправность», что соответствует уровню сигнала $U_{БЭС} = \Delta_3$.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что устройство позволяет детектировать в анализируемом пространстве появление дыма и теплового конвекционного потока за счет обработки анализируемого и опорного сигналов с выходов первого 2.1 и второго 2.2 фотоприемных блоков, а также определять разностный сигнал. При этом данные о разностном сигнале позволяют сделать предварительный вывод об изменениях в составе анализируемого пространства.

Анализ опорного сигнала с выхода фотодиода позволяет существенно уменьшить вероятность ложных срабатываний системы за счет контроля стабильности параметров лазерного источника.

Источники информации, принятые во внимание:

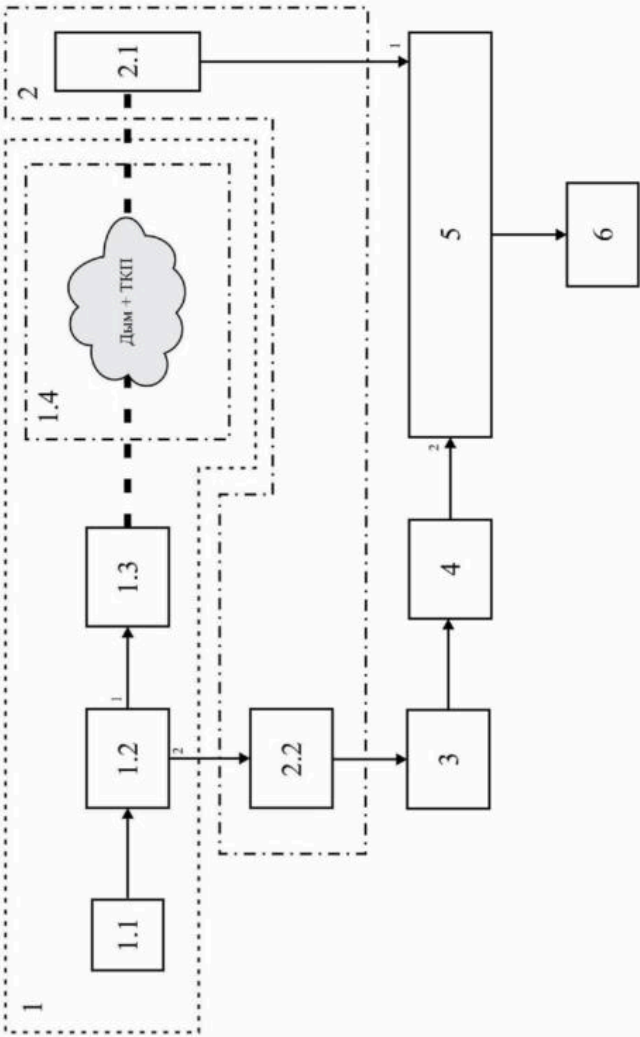
1. Compact Stabilized Broadband Light Sources // Thorlabs: URL: https://www.thorlabs.com/newgrouppage9.cfm?objectgroup_ID=7269 (дата обращения: 30.07.2023).
2. Multimode Fluoride Fiber Optic Patch Cables // Thorlabs: URL: https://www.thorlabs.com/newgrouppage9.cfm?objectgroup_ID=7840 (дата обращения: 30.07.2023).
3. 1x2 High-Power, Single Mode Fused Fiber Optic Couplers / Taps, 970 - 1070 nm // Thorlabs: URL: https://www.thorlabs.com/newgrouppage9.cfm?objectgroup_id=13269 (дата обращения: 30.07.2023).
4. Аксессуары для сбора излучения и ввода в волокно // SOLAR Laser Systems: URL: <https://solarlaser.com/devices/light-collecting-fiber-coupling-systems/> (дата обращения: 30.07.2023).
5. Greteyes - Cameras // Greteyes: URL: https://www.greteyes.de/en/cameras.html?mCtrl=Model&mOp=View&m_Products%5BmodelId%5D=66 (дата обращения: 30.07.2023).
6. Photodiodes // Thorlabs: URL: https://www.thorlabs.com/newgrouppage9.cfm?objectgroup_id=285&gclid=Cj0KCQjwyMiTBhDKARIsAAJ-9VvMZ0XBVvcY0wisNDBxqpBzWhoUZInThFcjm2aT60OkDy1-969l4RwaAhzcEALw_wcB (дата обращения: 30.07.2023).
7. Si photodiodes // Hamamatsu Photonics: URL: <https://www.hamamatsu.com/eu/en/product/optical-sensors/photodiodes/si-photodiodes.html> (дата обращения: 30.07.2023).
8. Photodiodes: Visible (Blue and Red Enhanced Detectors) // Opto Diode Corp: URL: <https://optodiode.com/photodiodes-visible.html> (дата обращения: 30.07.2023).
9. General Purpose Op Amps // Analog Devices: URL: <https://www.analog.com/en/parametricsearch/11085#/> (дата обращения: 30.07.2023).

10. High Speed A/D Converters>10 MSPS // Analog Devices: URL: <https://www.analog.com/en/parametricsearch/10826#/> (дата обращения: 30.07.2023).

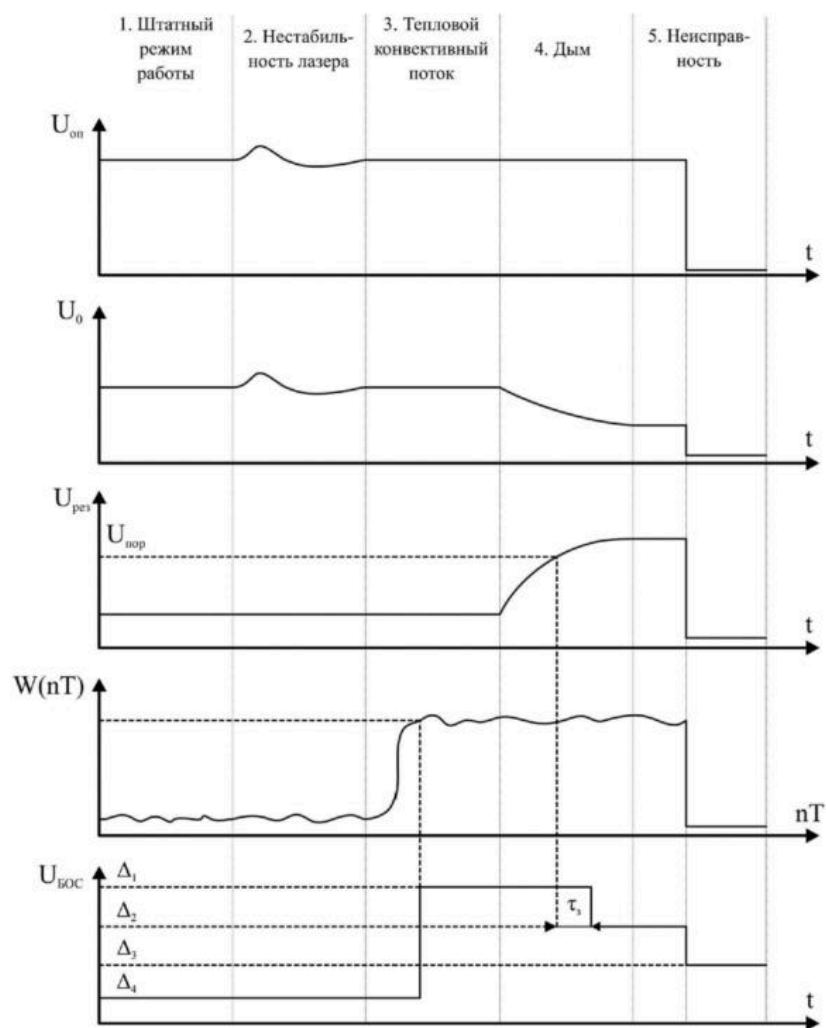
11. Analog-to-digital converters (ADCs) // Texas Instruments: URL: <https://www.ti.com/data-converters/adc-circuit/products.html> (дата обращения: 30.07.2023).

Формула изобретения

Волоконно-оптический датчик дыма и теплового конвекционного потока, содержащий оптическую часть, которая включает в себя источник оптического излучения и анализируемое пространство, а также блок обработки сигналов и фотоприемную часть, включающую в себя первый фотоприёмный блок, оптически связанный с анализируемым пространством, а его выход соединен с первым входом блока обработки сигналов, отличающийся тем, что устройство дополнительно содержит блок вывода информации, а в оптической части последовательно соединенные оптический разветвитель и конденсор, а также второй фотоприёмный блок, который является составным блоком фотоприемной части, при этом вход второго фотоприёмного блока соединен со вторым выходом оптического разветвителя, вход которого соединен с выходом источника оптического излучения, при этом конденсор оптически соединен с анализируемым пространством, а выход второго фотоприёмного блока соединен со входом блока усиления входных сигналов, выход которого соединен со входом блока аналого-цифрового преобразователя, а его выход соединен со вторым входом блока обработки сигналов, выход которого соединен со входом блока вывода информации.



Фиг. 1



Фиг. 2