



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*G01N 21/645* (2022.08); *G01N 21/53* (2022.08)

(21)(22) Заявка: 2022103831, 15.02.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
15.02.2022

Дата регистрации:  
10.08.2023

Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 15.02.2022

(45) Опубликовано: 10.08.2023 Бюл. № 22

Адрес для переписки:  
117041, Москва, а/я 22, ООО "ТЕХПАТЕНТ"

(72) Автор(ы):  
Котковский Геннадий Евгеньевич (RU),  
Чистяков Александр Александрович (RU),  
Мартынов Игорь Леонидович (RU),  
Кузицин Юрий Александрович (RU),  
Акмалов Артем Эдуардович (RU),  
Осипов Евгений Валерьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):  
Котковский Геннадий Евгеньевич (RU)

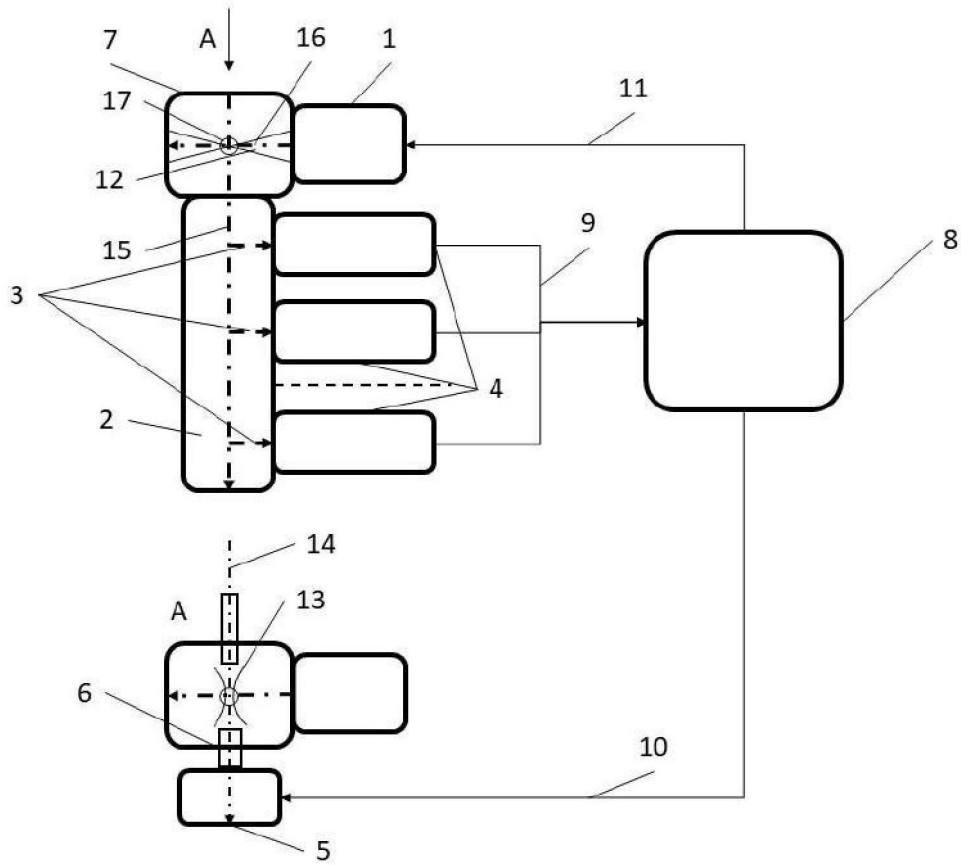
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2448340 C1, 20.04.2012. RU  
2763682 C1, 30.12.2021. US 7260483 B2,  
21.08.2007. US 5999250 A1, 07.12.1999.

(54) Способ регистрации сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц при их возбуждении в струе и система для его осуществления

(57) Реферат:

Настоящее изобретение относится к области контрольно-измерительной техники и касается способа регистрации сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц при их возбуждении в струе. Способ включает засвечивание возбуждающим лучом воздушного потока струи с аэрозолем, сбор и разделение на, по меньшей мере, три канала оптических сигналов рассеяния и люминесценции в блоке спектрального разделения и направление сигналов на приемники оптического излучения. При этом ось сбора оптических сигналов рассеяния и люминесценции перпендикулярна оси возбуждающего луча. При осуществлении

способа производят формирование воздушного потока струи аэрозоля в анализируемом объеме проточно-оптической камеры, в которую воздушные потоки поступают из побудителя расхода воздуха. Скорость, оптимальную для пролёта в анализируемом объеме аэрозольных частиц определённых размеров, определяют в электронном блоке управления на основании данных, поступающих с приемников оптического излучения. Технический результат заключается в повышении чувствительности и обеспечении возможности детектирования аэрозольных частиц малого сечения. 2 н. и 9 з.п. ф-лы, 1 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*G01N 21/64* (2006.01)  
*G01N 21/53* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*G01N 21/645* (2022.08); *G01N 21/53* (2022.08)

(21)(22) Application: **2022103831, 15.02.2022**  
(24) Effective date for property rights:  
**15.02.2022**  
Registration date:  
**10.08.2023**  
Priority:  
(22) Date of filing: **15.02.2022**  
(45) Date of publication: **10.08.2023** Bull. № 22  
Mail address:  
**117041, Moskva, a/ya 22, OOO "TEKHPATENT"**

(72) Inventor(s):  
**Kotkovskii Gennadii Evgenevich (RU),  
Chistiakov Aleksandr Aleksandrovich (RU),  
Martynov Igor Leonidovich (RU),  
Kuzishchin Iurii Aleksandrovich (RU),  
Akmalov Artem Eduardovich (RU),  
Osipov Evgenii Valerevich (RU)**  
(73) Proprietor(s):  
**Kotkovskii Gennadii Evgenevich (RU)**

(54) **METHOD FOR RECORDING LUMINESCENCE AND SCATTERING SIGNALS FROM AEROSOL PARTICLES WHEN THEY ARE EXCITED IN A JET AND A SYSTEM FOR ITS IMPLEMENTATION**

(57) Abstract:

FIELD: instrumentation.  
SUBSTANCE: invention relates to the field of instrumentation and relates to a method for recording luminescence and scattering signals from aerosol particles when they are excited in a jet. The method includes illuminating an air flow with an aerosol by an exciting beam, collecting and separating optical signals of scattering and luminescence into at least three channels in a spectral separation unit, and directing the signals to optical radiation receivers. In this case, the collection axis of scattering and luminescence optical

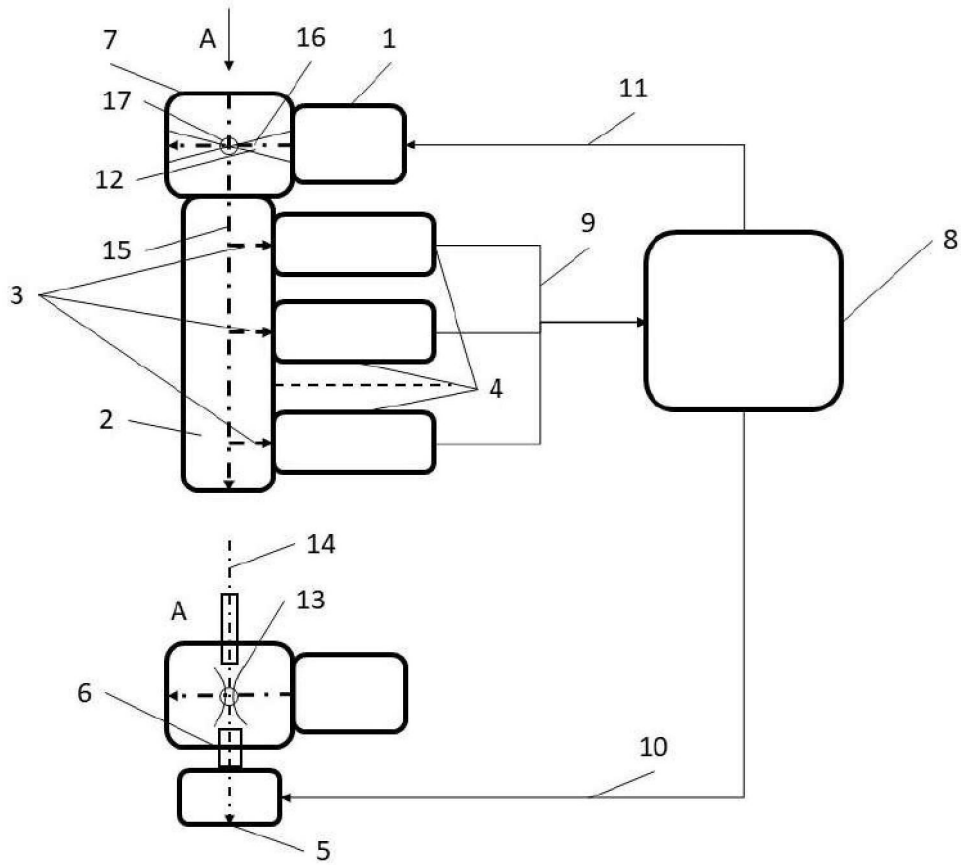
signals is perpendicular to the axis of the exciting beam. When implementing the method, an air flow of an aerosol jet is formed in the analyzed volume of the flow-optical chamber, into which air flows come from an air flow driver. The speed that is optimal for the passage of aerosol particles of certain sizes in the analyzed volume is determined in the electronic control unit based on data from optical radiation receivers.

EFFECT: increasing sensitivity and enabling the detection of aerosol particles of small cross section.

11 cl, 1 dwg

RU 2 801 546 C1

RU 2 801 546 C1



ФИГ. 1

Изобретение относится к контрольно-измерительной технике, в частности, к оптическим методам контроля состава аэрозолей в реальном масштабе времени при мониторинге биологической и экологической обстановки в местах массового скопления людей, на объектах транспорта, на промышленных предприятиях и сельскохозяйственных производствах, связанных с выделением вредных, опасных химических и биологических материалов, в научно-исследовательских программах по разработке новых методов и средств предупреждения и ранней диагностики заболеваний различной природы.

Известна оптическая система и устройство для определения флуоресцирующих компонентов в аэрозолях (патент США на изобретение № US 5999250).

В данной системе используются несколько лазерных источников энергии для последовательного возбуждения следующих по определенной траектории частиц, и несколько приемников оптического излучения. Для сбора рассеянного и флуоресцентного излучения применяются эллиптические зеркала, при этом первый фокус зеркал совпадает с точкой возбуждения частиц, а второй - с точкой расположения приемника оптического излучения. Телесный угол сбора излучения оценивается величиной 2 рад, что может ограничивать эффективность регистрации частиц с низким квантовым выходом флуоресценции. Дополнительно следует отметить отсутствие возможности регистрировать флуоресценцию в нескольких оптических диапазонах, наличие аберраций при смещении флуоресцирующих частиц из фокуса зеркала.

Снижение чувствительности при наличии аберраций в данном патенте компенсировано увеличением приемной апертуры приемников оптического излучения, однако в этом случае неизбежно будут возрастать оптические шумы, способы борьбы с которыми в предложенном патенте не рассматриваются.

Известен способ детектирования биологических частиц в аэрозоле (патент РФ на изобретение №2 495426), включающий осаждение частиц образца на поверхность субстрата, облучение последовательно или одновременно поверхности с осажденным образцом источником света по крайней мере на одной длине волны, детектирование последовательно или одновременно на нескольких длинах волн эмиссии флуоресценции и фосфоресценции образца с выделением сигнала фосфоресценции с задержкой во времени между актом возбуждения и актом приема сигнала эмиссии и определение биологических частиц по соотношению сигналов флуоресценции и фосфоресценции, при этом в процессе осаждения контролируют концентрацию частиц аэрозоля на поверхности субстрата по уровню сигнала рассеяния поверхности субстрата с частицами, который сравнивают с заданным предельным значением уровня рассеяния, определяемого с учетом разрешающей способности оптической системы детектирования сигналов флуоресценции, которую принимают эквивалентной максимальному размеру искомых частиц, при достижении заданного уровня рассеяния осаждение частиц прекращают и детектируют эмиссию флуоресценции и фосфоресценцию от каждой частицы отдельно.

Данный способ не позволяет достичь достаточную обнаружительную способность по отношению к аэрозолям.

В патенте РФ №2 448 340 описан способ регистрации излучения рассеяния и флуоресценции аэрозольных частиц в потоке и система для осуществления данного способа.

Данный способ оптической регистрации сигналов флуоресценции и рассеяния аэрозольных частиц в потоке, включает формирование сфокусированной струи аэрозоля заданного диаметра, засвечивание частиц аэрозоля источником излучения, оптическая

ось которого перпендикулярна струе аэрозоля, использование в качестве объектива регистрации излучения флуоресценции и упругого рассеяния оптического элемента, причем точка пересечения струи аэрозоля и оптической оси источника излучения совмещена с передним фокусом оптического элемента, передачу излучения флуоресценции и рассеяния аэрозольных частиц на приемники оптического излучения и преобразование полученных оптических сигналов в электрические для дальнейшей обработки и регистрации, отличающийся тем, что в качестве предметной плоскости, изображение которой формируется на приемных площадках приемников оптического излучения, выбирают плоскость, в которой распределение энергии флуоресценции и рассеяния нечувствительно к положению частицы в струе аэрозоля, передают изображение струи аэрозоля из плоскости переднего фокуса оптического элемента регистрации в плоскость, совмещенную с задним фокусом оптического элемента регистрации, передают излучение из предметной плоскости на приемные площадки по меньшей мере двух приемников оптического излучения с помощью оптической системы передачи изображения, одновременно разделяют излучение по меньшей мере на два спектральных диапазона с помощью оптической системы спектрального разделения сигнала, в каждом из каналов регистрации излучения установкой различных диафрагм перед приемной площадкой соответствующего приемника оптического излучения выделяют границы области анализа, и/или выделяют области, соответствующие определенному пространственному диапазону углов излучения флуоресценции и рассеяния, и/или выделяют области, соответствующие изображениям оптических шумов от паразитной засветки источника излучения.

В системе, по данному способу, используется один или несколько лазерных (импульсных) источников и последовательное разделение сигналов по спектральным диапазонам люминесценции и рассеяния на исследуемых частицах. Для сбора излучения используется глубокое эллиптическое зеркало (сбор излучения 70%), фокусировка воздушного потока, содержащего частицы, возбуждение этого потока импульсным источником излучения в первом фокусе эллиптического зеркала, формирование изображения оптической системой, при котором в качестве предметной плоскости выбирается срез (торец) эллиптического зеркала. В оптической системе регистрации для формирования изображения в двух спектральных каналах люминесценции и одном канале рассеяния, кроме эллиптического (или параболического) зеркала, используются: 1 конденсор, 3 диафрагмы, 4 линзы, 3 светоделительных зеркала, 3 фильтра. Прототип позволяет за счет глубокого эллиптического зеркала увеличить собираемый оптический сигнал, путем диафрагмирования строить изображения различных областей аэрозольной струи, таким образом увеличивая соотношение сигнал-шум за счет снижения светосбора от рассеивающих возбуждающее излучение элементов (сопел и бленд), и снизить зависимость от светочувствительности различных областей приемников оптического излучения при формировании сигнала от частицы, несколько смещенной в воздушной струе из первого фокуса эллиптического зеркала.

Однако, приведенный выше патент не лишен недостатков.

Указываемый 70%-й светосбор в данном патенте достигнут за счет формирования аэрозольной струи и ее возбуждения внутри эллиптического зеркала, для чего в зеркало вводятся 2 сопла для создания струи, и 2 бленды для ввода и вывода излучения. Наличие этих элементов уже само по себе снижает процент светосбора, который в реальности может быть существенно ниже указываемого значения.

Кроме этого, бленды и сопла являются источником оптического шума за счет рассеяния возбуждающего и люминесцентного излучения, для снижения которого в

прототипе и применяется диафрагмирование области изображения, приводящее в итоге к уменьшению оптического сигнала.

Наконец, наличие аэрозольной струи внутри основного оптического элемента - эллиптического зеркала неизбежно будет приводить к его загрязнению, что  
5 дополнительно снизит процент светосбора. С высокой вероятностью такая оптическая система может оказаться неработоспособной в реальной работе, особенно в условиях высокой пылевой активности, поскольку будет требовать частых регламентных работ по очистке эллиптического зеркала.

10 Применение импульсных источников излучения (в т.ч. лазеров) также не лишено недостатков.

Отсутствие запуска импульсного источника излучения, коррелированного с приходом конкретной частицы, при низкой концентрации частиц в струе будет приводить к «пропуску» регистрации частицы, время нахождения которой в области регистрации не совпадает с временем прихода импульса оптического возбуждения, что в итоге  
15 снижает чувствительность прототипа. Если предварительный запуск, коррелированный с приходом частицы в область анализа, присутствует, то увеличение количества частиц до значения, при котором частота запуска превышает предельную частоту работы лазера, приведет к исключению из анализа некоторой доли частиц, что снизит информативность регистрации. Уменьшение зависимости от светочувствительности  
20 приемных площадок приемников оптического излучения, для чего в прототипе применяется диафрагмирование и использование в качестве предметной плоскости торца эллиптического зеркала при формировании изображения, может быть нивелировано простым расширением сформированного оптического пучка, подаваемого на всю апертуру приемной площадки приемника оптического излучения. Наконец,  
25 вообще применение импульсных лазеров - относительно дорогостоящий и энергозатратный вариант, не всегда реализуемый с учетом требований к чистоте оптических элементов, особенно работающих в импульсных режимах с высокой интенсивностью излучения.

Известно изобретение по патенту РФ №2763682 «Оптическая система формирования  
30 сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц в струе», которое выбрано в качестве прототипа.

Данная оптическая система формирования сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц в струе содержит в качестве источника излучения два непрерывных  
35 источника излучения с одинаковым или разным спектральным составом излучения, сфокусированных в одну точку аэрозольной струи, оптический возвратный элемент усиления интенсивности возбуждающего излучения в точке фокусировки, оптическую подсистему передачи изображения точки фокусировки светодиодов на приемники  
оптического излучения на основе эллиптического и сферического зеркала, причем точка фокусировки совпадает с фокусом сферического зеркала и первым фокусом  
40 эллиптического зеркала, а диафрагмирующий элемент (диафрагма) находится во втором фокусе эллиптического зеркала, при этом на выходе из подсистемы передачи изображения собирающей линзой сформирован параллельный пучок люминесцентного и рассеянного излучения, направляемый сначала в оптическую подсистему  
спектрального разделения на основе светоделительных зеркал и далее на приемные  
45 площадки приемников оптического излучения, причем световой диаметр пучков рассеянного и люминесцентного изображения несколько меньше или совпадает с апертурой приемных площадок приемников оптического излучения.

Данная оптическая система функционирует следующим образом. Сначала формируют

засвечивающий луча источниками излучения блока формирования возбуждающего излучения, затем производят засвечивание возбуждающим лучом воздушного потока струи с аэрозолем, при этом ось засвечивающего луча перпендикулярна оси воздушного потока струи с аэрозолем, после чего производят сбор облученных аэрозольных частиц, и направление их в блок спектрального разделения, где собирают и разделяют оптические сигналы рассеяния и люминесценции, по меньшей мере, на три диапазона (канала), и перенаправляют соответствующие спектральные компоненты данных оптических сигналов на соответствующие их диапазонам приемники оптического излучения, где производят их регистрацию, при этом ось сбора оптических сигналов рассеяния и люминесценции перпендикулярна оси возбуждающего луча, а число фотоприемников соответствует числу каналов сигналов.

В данной оптической системе и способе ее функционирования устранены многие недостатки предыдущего патента и решена задача повышения уровня и информативности оптического сигнала от анализируемых частиц при одновременном упрощении и удешевлении конструкции оптической системы и требований по ее обслуживанию.

Однако, данная оптическая система и способе ее функционирования имеет низкую чувствительность регистрации и обнаружения аэрозольных частиц, что не позволяет детектировать микрочастицы аэрозоля с меньшим сечением рассеяния/люминесценции.

Задачей настоящего изобретения является обеспечение адаптивной регуляции расхода анализируемого воздушного потока для смещения порога обнаружения частиц по их сечениям рассеяния/люминесценции и скорости анализа воздуха, что позволяет добиться регистрации аэрозольных частиц рассеяния/люминесценции малого сечения, а также обеспечивает оптимальный режим наивысшей обнаружительной способности при поиске целевых частиц аэрозолей, и значительно повышает чувствительность регистрации и обнаружения аэрозольных частиц.

Техническим результатом настоящего изобретения является повышение чувствительности регистрации и обнаружения аэрозольных частиц, при одновременном обеспечении детектирования аэрозольных частиц рассеяния/люминесценции малого сечения.

Для достижения технического результата в способе формирования сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц при их возбуждении в струе, формируют засвечивающий луч источниками излучения блока формирования возбуждающего излучения, затем производят последующее засвечивание возбуждающим лучом воздушного потока струи с аэрозолем, при этом ось засвечивающего луча перпендикулярна оси воздушного потока струи с аэрозолем, затем направляют воздушный поток в блок спектрального разделения, где производят сбор облученных аэрозольных частиц, и разделяют оптические сигналы рассеяния и люминесценции, по меньшей мере, на три диапазона (канала), и перенаправляют соответствующие спектральные компоненты данных оптических сигналов на соответствующие диапазонам приемники оптического излучения, где производят их регистрацию, при этом ось сбора оптических сигналов рассеяния и люминесценции перпендикулярна оси возбуждающего луча, а число фотоприемников соответствует числу каналов сигналов, после чего производят формирование воздушного потока струи аэрозоля в определенном анализируемом объеме проточно-оптической камеры, в которую воздушные потоки поступают из побудителя расхода воздуха, при этом воздушный поток струи аэрозоля имеет свою скорость, оптимальную для пролёта в данном анализируемом объеме определённых аэрозольных частиц определённых размеров, которую определяют в

электронном блоке управления на основании данных, поступающих с приемников оптического излучения, затем формируют, в электронном блоке управления, сигналы управления питанием источников излучения в блоке формирования возбуждающего излучения, а также в побудителе расхода воздуха, а воздушные потоки для

5 формирования струи аэрозоля из побудителя расхода воздуха направляют сначала в блок газодинамической фокусировки аэрозольных частиц, где выстраивают аэрозольные частицы друг за другом, после чего, таким образом сфокусированный поток струи аэрозоля, направляют в анализируемый объем проточно-оптической камеры, где

10 поочередно производят облучение аэрозольных частиц засвечивающим лучом, при этом электронный блок управления регистрирует электрические импульсы счета фотонов от приемников оптического излучения через электрические каналы управления, каждый из которых соответствует определенному приемнику излучения, после чего в электронном блоке управления определяют уровень оптического сигнала рассеяния/ люминесценции, а также время пролета для каждой зарегистрированной аэрозольной

15 частицы, затем сохраняют данные сведения в оперативной памяти электронного блока управления в течении каждого цикла измерения, после чего определяют оптимальное время пролета для каждой аэрозольной частицы и соответствующую скорость ее пролета в воздушном потоке струи, после чего посылают в побудитель расхода воздуха данные о формировании воздушного потока струи с данной заданной скоростью пролета

20 аэрозольной частицы.

Предпочтительно, чтобы в способе регистрации сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц в качестве источников излучения блока формирования возбуждающего излучения использовали светодиодные источники излучения УФ диапазона.

25 Целесообразно, чтобы в способе регистрации сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц светодиодные источники излучения использовали попеременно, а длительность включения каждого из них коррелировали с временем нахождения частицы аэрозоля в струе в области анализа.

Желательно, чтобы в способе регистрации сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц в качестве источников излучения блока формирования

30 возбуждающего излучения использовали непрерывные светодиодные источники излучения разного спектрального диапазона, сфокусированные в одну точку аэрозольной струи, при этом используется только один источник по выбору оператора в зависимости от задач анализа.

35 Предпочтительно, чтобы в способе регистрации сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц в блоке спектрального разделения разделяли собранные оптические сигналы, по меньшей мере, на три диапазона (канала), один на рассеяние, и два, или более, на люминесценцию.

Целесообразно, чтобы в способе регистрации сигналов люминесценции и рассеяния

40 от аэрозольных частиц длительность цикла измерения варьировалась от нескольких секунд до нескольких минут, в зависимости от концентрации аэрозольных частиц в воздухе.

Желательно, чтобы в способе регистрации сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц факт пролета аэрозольной частицы через анализируемый объем

45 проточно-оптической камеры обнаруживали по уровню оптических сигналов в оптических каналах рассеяния/люминесценции.

Для достижения технического результата оптическая система регистрации сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц при их возбуждении в струе,

содержащая оптически соединенные блок формирования возбуждающего излучения, с источниками излучения и фокусирующими линзами, блок спектрального разделения, выполненный с возможностью разделения собранных оптических сигналов рассеяния и люминесценции на три, или более оптических диапазона (канала), с последующим  
5 направлением сигнала каждого диапазона на приемную площадку соответствующего приемника оптического излучения, каждый из которых работает в режиме счета фотонов, также содержит побудитель расхода воздуха, связанный через средство газодинамической фокусировки частиц аэрозоля с проточно-оптической камерой, которая оптически связана с блоком формирования возбуждающего излучения, при  
10 этом оптическая система содержит электронный блок управления, вход которого подключен через электрические сигнальные каналы к выходам приемников оптического излучения, первый выход электронного блока управления подключен через электрический канал управления ко входу побудителя расхода воздуха, а второй выход электронного блока управления подключен через канал управления ко входу блока  
15 формирования возбуждающего излучения, при этом электронный блок управления выполнен с возможностью формирования питания источников возбуждения в блоке формирования возбуждающего излучения, а также формирования питания в побудителе расхода воздуха, регистрации электрических импульсов счета фотонов от приемников оптического излучения с последующим определением уровня каждого оптического  
20 сигнала рассеяния/люминесценции, а также времени пролета аэрозольной частицы через анализируемый объем, сохранением полученных данных в оперативной памяти электронного блока управления в течении цикла измерения, и определения, на основании полученных данных, для каждого размера аэрозольной частицы своего оптимального времени пролета через анализируемый объем для достижения желаемого соотношения  
25 сигнал/шум, и уверенного детектирования данной аэрозольной частицы.

Предпочтительно, чтобы в оптической системе в качестве источников излучения использовали непрерывные светодиодные источники излучения разного спектрального диапазона, сфокусированные в одну точку аэрозольной струи, при этом использовался  
30 только один источник по выбору оператора в зависимости от задач анализа.

Желательно, чтобы в оптической системе светодиодные источники использовались попеременно, а длительность включения каждого из них коррелировалась с временем нахождения частицы аэрозоля в струе в области анализа.

Целесообразно, чтобы в оптической системе использовали, как минимум, три приемника оптического излучения, один на рассеяние, и два, или более, на  
35 люминесценцию.

Изобретение поясняется чертежом, где представлена основная схема оптической системы.

Оптическая система регистрации сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц при их возбуждении в струе, содержит, в предпочтительном варианте ее  
40 выполнения, оптически соединенные блок формирования 1 возбуждающего излучения, с источниками излучения и фокусирующими линзами, блок спектрального разделения 2, выполненный с возможностью разделения собранных оптических сигналов рассеяния и люминесценции на три, или более оптических диапазона 3(канала), с последующим направлением сигнала каждого диапазона на приемную площадку соответствующего  
45 приемника 4 оптического излучения, каждый из которых работает в режиме счета фотонов. Также оптическая система содержит побудитель расхода воздуха 5, связанный через средство газодинамической фокусировки 6 частиц аэрозоля с проточно-оптической камерой 7, которая оптически связана с блоком формирования 1 возбуждающего

излучения, при этом оптическая система также содержит электронный блок управления 8, вход которого подключен через электрические сигнальные каналы 9 к выходам приемников 4 оптического излучения. Первый выход электронного блока управления 8 подключен через электрический канал управления 10 ко входу побудителя расхода воздуха 5, а второй выход электронного блока управления 8 подключен через канал управления 11 ко входу блока формирования 1 возбуждающего излучения, при этом электронный блок управления 8 выполнен с возможностью формирования питания источников возбуждения в блоке формирования 1 возбуждающего излучения, а также формирования питания в побудителе расхода воздуха 5. При этом электронный блок управления 8 выполнен с возможностью регистрации электрических импульсов счета фотонов от приемников 4 оптического излучения с последующим определением уровня каждого оптического сигнала рассеяния/люминесценции, а также времени пролета аэрозольной частицы через определенный анализируемый объем 17, а также с сохранением полученных данных в оперативной памяти электронного блока управления 8 в течении цикла измерения, а также определения, на основании полученных данных, для каждого размера аэрозольной частицы своего оптимального времени пролета через анализируемый объем 17 для достижения желаемого соотношения сигнал/шум, и уверенного детектирования данной аэрозольной частицы.

В предпочтительном варианте выполнения оптической системы в качестве источников излучения используют непрерывные светодиодные источники излучения разного спектрального диапазона, сфокусированные в одну точку аэрозольной струи, при этом используется только один источник по выбору оператора в зависимости от задач анализа.

При использовании в оптической системе светодиодных источников, данные источники используются попеременно, а длительность включения каждого из них коррелируют с временем нахождения частицы аэрозоля в струе в области анализа.

При этом, в оптической системе используют, как минимум, три приемника оптического излучения, один на рассеяние, и два, или более, на люминесценцию.

Способ регистрации сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц при их возбуждении в струе, включает формирование засвечивающего луча 12 источниками излучения блока формирования 1 возбуждающего излучения, последующее засвечивание сформированным лучом 12 воздушного потока струи с аэрозолем, при этом ось засвечивающего луча 12 перпендикулярна оси воздушного потока струи с аэрозолем. После чего направляют и собирают облученные аэрозольные частицы в блоке спектрального разделения 2, где собирают и разделяют оптические сигналы рассеяния и люминесценции, по меньшей мере, на три диапазона (канала) 3, и перенаправляют соответствующие спектральные компоненты данных оптических сигналов на соответствующие диапазонам 3 приемники 4 оптического излучения, где производят их регистрацию. При этом ось сбора оптических сигналов рассеяния и люминесценции 15 перпендикулярна оси 16 возбуждающего излучения, а число фотоприемников соответствует числу каналов 3 сигналов. Затем производят формирование воздушного потока струи аэрозоля в определенном анализируемом объеме 17 проточно-оптической камеры 7, в которую воздушные потоки поступают из побудителя расхода воздуха 5, при этом воздушный поток 13 струи аэрозоля имеет свою скорость, оптимальную для пролёта в данном анализируемом объеме определенных аэрозольных частиц определенных размеров, которую определяют в электронном блоке управления 8 на основании данных, поступающих с приемников 4 оптического излучения. После чего формируют, в электронном блоке управления 8,

сигналы управления питанием источников излучения в блоке формирования 1 возбуждающего излучения, а также в побудителе расхода воздуха 5, а воздушные потоки для формирования струи аэрозоля из побудителя расхода воздуха 5 направляют сначала в блок газодинамической фокусировки 6 аэрозольных частиц, где выстраивают аэрозольные частицы друг за другом, после чего, таким образом сфокусированный поток струи аэрозоля, направляют в анализируемый объем 17 проточно-оптической камеры 7, где поочередно производят облучение аэрозольных частиц засвечивающим лучом 12. При этом электронный блок управления 8 регистрирует электрические импульсы счета фотонов от приемников 4 оптического излучения через электрические каналы управления 9, каждый из которых соответствует определенному приемнику 4 излучения, после чего в электронном блоке управления 8 определяют уровень оптического сигнала рассеяния/люминесценции, а также время пролета для каждой зарегистрированной аэрозольной частицы. Затем сохраняют данные сведения в оперативной памяти электронного блока управления 8 в течении каждого цикла измерения, после чего определяют оптимальное время пролета для каждой аэрозольной частицы и соответствующую скорость ее пролета в воздушном потоке 13 струи, по направлению 14, после чего посылают в побудитель расхода воздуха 5 данные о формировании воздушного потока струи 13 с заданной скоростью пролета аэрозольной частицы.

Предпочтительно, в способе регистрации сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц в качестве источников излучения блока формирования 1 возбуждающего излучения используют светодиодные источники излучения УФ диапазона, которые используются попеременно, а длительность включения каждого из них коррелируют с временем нахождения частицы аэрозоля в струе в области анализа.

Также в способе регистрации сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц в качестве источников излучения блока формирования 1 возбуждающего излучения используют непрерывные светодиодные источники излучения разного спектрального диапазона, сфокусированные в одну точку аэрозольной струи, при этом используется только один источник по выбору оператора в зависимости от задач анализа.

В способе регистрации сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц в блоке спектрального разделения 2 разделяют собранные оптические сигналы, по меньшей мере, на три диапазона канала 3, один на рассеяние, и два, или более на люминесценцию.

В способе регистрации сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц длительность цикла измерения варьируется от нескольких секунд до нескольких минут, в зависимости от концентрации аэрозольных частиц в воздухе, а факт пролета аэрозольной частицы через анализируемый объем проточно-оптической камеры 7 обнаруживают по уровню оптических сигналов в оптических каналах 3 рассеяния/люминесценции.

Функционирует оптическая система следующим образом.

Побудитель расхода воздуха 5 создаёт воздушные потоки для средства газодинамической фокусировки 6 аэрозольных частиц. При этом, аэрозольные частицы из окружающего воздуха увлекаются в газовую систему средства газодинамической фокусировки 6, где фокусирующие воздушные потоки 13 по направлению 14 выстраивают все аэрозольные частицы друг за другом и прокачивают их через анализируемый объём проточно-оптической камеры 7.

Блок формирования 1 возбуждающего излучения формирует засвечивающий луч

12, ось которого перпендикулярна оси воздушного потока. В качестве излучателей используют один или несколько источников УФ диапазона. Засвечивающий луч 12 фокусируется в анализируемом объёме проточно-оптической камеры 7, где поочередно облучает аэрозольные частицы.

5 Люминесценция и рассеяние от аэрозольных частиц под действием засвечивающего луча 12 собирается оптической системой проточно-оптической камеры 7 и направляется в блок спектрального разделения 2, при этом ось сбора оптических сигналов рассеяния и люминесценции 15 перпендикулярна оси возбуждающего излучения 16.

10 Блок спектрального разделения 2 разделяет собранные оптические сигналы на три, или более, оптических диапазона и перенаправляет соответствующие спектральные компоненты оптических сигналов 3 на фотоприёмники 4, работающие в режиме счёта фотонов. Число фотоприёмников 4 соответствует числу оптических диапазонов 3 (каналов). Используется, как минимум, три оптических диапазона канала, одни на рассеяние, и два на люминесценцию.

15 Электронный блок управления 8 формирует питание источников возбуждения в блоке формирования 1 возбуждающего излучения чрез электрический канал управления 11, а также питание в побудителе расхода воздуха 5 через электрический канал управления 10 и регистрирует электрические импульсы счёта фотонов от приёмников 4 оптического излучения через электрические сигнальные каналы 9.

20 Факт пролёта аэрозольной частицы через анализируемый объём 17 обнаруживается по уровню оптических сигналов в оптических каналах 3 рассеяния/люминесценции. Во время пролёта аэрозольной частицы через анализируемый объём 17 измеряются как уровни оптических сигналов рассеяния/люминесценции, так и время, в течение которого частица пролетает этот анализируемый объём. Эти данные измеряются для каждой  
25 зарегистрированной аэрозольной частицы.

Все данные о зарегистрированных аэрозольных частицах сохраняются в оперативной памяти электронного блока управления 8 в течении цикла измерения. Длительность цикла измерения варьируется от нескольких секунд до нескольких минут в зависимости от концентрации аэрозольных частиц в воздухе. Длительность цикла измерения должна  
30 быть достаточна для накопления статистики по аэрозольным частицам.

Длительность пролёта аэрозольной частицы определяет полосу пропускания системы регистрации. Благодаря применению фотодетекторов в режиме счёта частиц открывается возможность динамически менять полосу пропускания регистрирующей системы электронного блока управления 8 путем задания времени измерения сигналов счёта.  
35 Чем больше время пролёта частиц, тем меньше полоса пропускания регистрирующей системы электронного блока управления 8, тем меньше уровень электронных шумов и тем ниже порог обнаружения оптического сигнала для детектирования частицы, тем меньшую фракцию частиц способна задетектировать система. То есть, чем больше время пролёта, тем меньшие по размеру частицы способна увидеть оптическая система.  
40 С другой стороны, чем больше время пролёта, тем меньше величина пробозаборного потока. Таким образом, для каждого размера аэрозольной частицы существует своё оптимальное время пролёта через анализируемый объём 17 для достижения приемлемого соотношения сигнал/шум и достоверной их регистрации в электронном блоке управления 8.

45 Частицы разного размера пролетают анализируемый объём за различное время при фиксированной производительности побудителя расхода воздуха 5. Каждый тип аэрозольных частиц обладает своим средним размером и дисперсией.

Таким образом, для каждого типа аэрозольных частиц существует своё оптимальное

как время пролёта, так и производительность побудителя расхода воздуха 5, при котором, для данных частиц, это время пролёта будет достигаться.

В зависимости от величины люминесцентных сигналов аэрозольных частиц и их времен пролёта за время цикла измерения осуществляется автоматическая подстройка побудителя расхода воздуха 5 для достижения максимальной чувствительности. Основным критерием оптимизации времени пролёта выступает общее число зарегистрированных аэрозольных частиц за цикл измерения.

Таким образом, заявленный способ формирования сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц при их возбуждении в струе и оптическая система для его реализации позволяют значительно повысить чувствительность регистрации и обнаружения аэрозольных частиц, при одновременном обеспечении детектирования аэрозольных частиц рассеяния/люминесценции малого сечения за счет обеспечения адаптивной регуляции расхода анализируемого воздушного потока, за счет смещения порога обнаружения частиц по их сечениям рассеяния/люминесценции и скорости анализа воздуха, что позволяет добиться обеспечения регистрации аэрозольных частиц рассеяния/люминесценции малого сечения, а также обеспечивает оптимальный режим наивысшей обнаружительной способности при поиске целевых частиц рассеяния/люминесценции.

Как очевидно специалистам в данной области техники, данное изобретение легко разработать в других конкретных формах, не выходя при этом за рамки сущности данного изобретения.

При этом настоящие варианты осуществления необходимо считать просто иллюстративными, а не ограничивающими, причем объем данного изобретения представлен его формулой, и предполагается, что в нее включены все возможные изменения и область эквивалентности пунктам формулы данного изобретения.

#### (57) Формула изобретения

1. Способ регистрации сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц при их возбуждении в струе, включающий формирование засвечивающего луча источниками излучения блока формирования возбуждающего излучения, последующее засвечивание сформированным лучом воздушного потока струи с аэрозолем, при этом ось засвечивающего луча перпендикулярна оси воздушного потока струи с аэрозолем, направление и сбор облученных аэрозольных частиц в блоке спектрального разделения, где собирают и разделяют оптические сигналы рассеяния и люминесценции, по меньшей мере, на три диапазона - канала, и перенаправляют соответствующие спектральные компоненты данных оптических сигналов на соответствующие диапазонам приемники оптического излучения, где производят их регистрацию, при этом ось сбора оптических сигналов рассеяния и люминесценции перпендикулярна оси возбуждающего луча, а число фотоприемников соответствует числу каналов сигналов, отличающийся тем, что производят формирование воздушного потока струи аэрозоля в определенном анализируемом объеме проточно-оптической камеры, в которую воздушные потоки поступают из побудителя расхода воздуха, при этом воздушный поток струи аэрозоля имеет свою скорость, оптимальную для пролёта в данном анализируемом объеме определенных аэрозольных частиц определенных размеров, которую определяют в электронном блоке управления на основании данных, поступающих с приемников оптического излучения, при этом формируют, в электронном блоке управления, сигналы управления питанием источников излучения в блоке формирования возбуждающего излучения, а также в побудителе расхода воздуха, а воздушные потоки для

формирования струи аэрозоля из побудителя расхода воздуха направляют сначала в блок газодинамической фокусировки аэрозольных частиц, где выстраивают аэрозольные частицы друг за другом, после чего, таким образом сфокусированный поток струи аэрозоля направляют в анализируемый объем проточно-оптической камеры, где поочередно производят облучение аэрозольных частиц засвечивающим лучом, при этом электронный блок управления регистрирует электрические импульсы счета фотонов от приемников оптического излучения через электрические каналы управления, каждый из которых соответствует определенному приемнику излучения, после чего в электронном блоке управления определяют уровень оптического сигнала рассеяния/люминесценции, а также время пролета для каждой зарегистрированной аэрозольной частицы, затем сохраняют данные сведения в оперативной памяти электронного блока управления в течение каждого цикла измерения, после чего определяют оптимальное время пролета для каждой аэрозольной частицы и соответствующую скорость ее пролета в воздушном потоке струи, после чего посылают в побудитель расхода воздуха данные о формировании воздушного потока струи с данной заданной скоростью пролета аэрозольной частицы.

2. Способ регистрации сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц по п. 1, отличающийся тем, что в качестве источников излучения блока формирования возбуждающего излучения используют светодиодные источники излучения УФ-диапазона.

3. Способ регистрации сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц по п. 2, отличающийся тем, что светодиодные источники излучения используются попеременно, а длительность включения каждого из них коррелируют с временем нахождения частицы аэрозоля в струе в области анализа.

4. Способ регистрации сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц по п. 1, отличающийся тем, что в качестве источников излучения блока формирования возбуждающего излучения используют непрерывные светодиодные источники излучения разного спектрального диапазона, сфокусированные в одну точку аэрозольной струи, при этом используется только один источник по выбору оператора в зависимости от задач анализа.

5. Способ регистрации сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц по п. 1, отличающийся тем, что в блоке спектрального разделения разделяют собранные оптические сигналы, по меньшей мере, на три диапазона - канала, один на рассеяние и два или более на люминесценцию.

6. Способ регистрации сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц по п. 1, отличающийся тем, что длительность цикла измерения варьируется от нескольких секунд до нескольких минут, в зависимости от концентрации аэрозольных частиц в воздухе.

7. Способ регистрации сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц по п. 1, отличающийся тем, что факт пролета аэрозольной частицы через анализируемый объем проточно-оптической камеры обнаруживают по уровню оптических сигналов в оптических каналах рассеяния/люминесценции.

8. Оптическая система регистрации сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц при их возбуждении в струе, содержащая оптически соединенные блок формирования возбуждающего излучения, с источниками излучения и фокусирующими линзами, блок спектрального разделения, выполненный с возможностью разделения собранных оптических сигналов рассеяния и люминесценции на три или более оптических диапазона - канала, с последующим направлением сигнала

каждого диапазона на приемную площадку соответствующего приемника оптического излучения, каждый из которых работает в режиме счета фотонов, отличающаяся тем, что содержит побудитель расхода воздуха, связанный через средство газодинамической фокусировки частиц аэрозоля с проточно-оптической камерой, которая оптически  
5 связана с блоком формирования возбуждающего излучения, при этом оптическая система также содержит электронный блок управления, вход которого подключен через электрические сигнальные каналы к выходам приемников оптического излучения, первый выход электронного блока управления подключен через электрический канал управления ко входу побудителя расхода воздуха, а второй выход электронного блока  
10 управления подключен через канал управления ко входу блока формирования возбуждающего излучения, при этом электронный блок управления выполнен с возможностью формирования питания источников возбуждения в блоке формирования возбуждающего излучения, а также формирования питания в побудителе расхода воздуха, регистрации электрических импульсов счета фотонов от приемников  
15 оптического излучения с последующим определением уровня каждого оптического сигнала рассеяния/люминесценции, а также времени пролета аэрозольной частицы через анализируемый объем, а также с сохранением полученных данных в оперативной памяти электронного блока управления в течение цикла измерения, и определения, на основании полученных данных, для каждого размера аэрозольной частицы своего  
20 оптимального времени пролета через анализируемый объем для достижения желаемого соотношения сигнал/шум, и уверенного детектирования данной аэрозольной частицы.

9. Оптическая система по п. 8, отличающаяся тем, что в качестве источников излучения используют непрерывные светодиодные источники излучения разного спектрального диапазона, сфокусированные в одну точку аэрозольной струи, при этом  
25 используется только один источник по выбору оператора в зависимости от задач анализа.

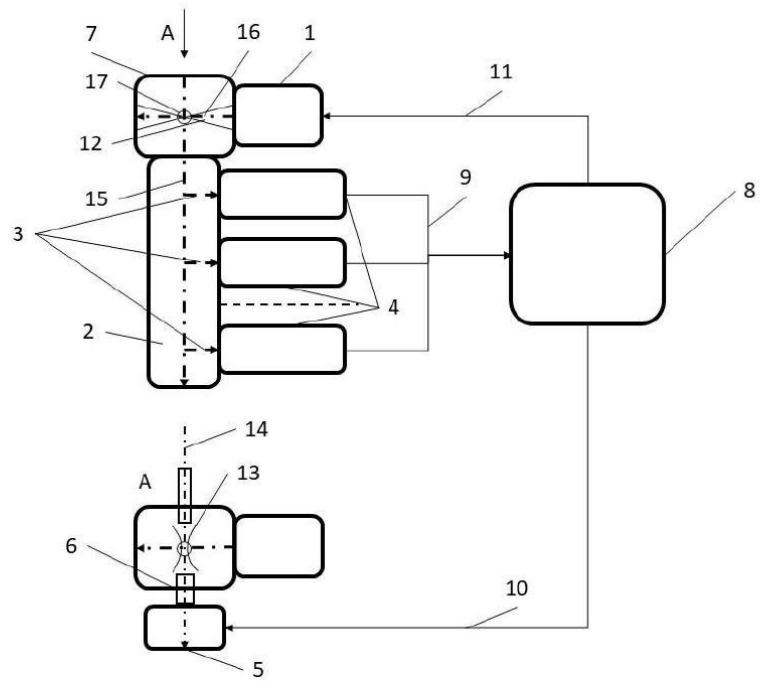
10. Оптическая система по п. 9, отличающаяся тем, что светодиодные источники используются попеременно, а длительность включения каждого из них коррелирует с временем нахождения частицы аэрозоля в струе в области анализа.

30 11. Оптическая система по п. 8, отличающаяся тем, что используют, как минимум, три приемника оптического излучения, один на рассеяние и два или более на люминесценцию.

35

40

45



Фиг. 1