



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01N 21/645 (2021.08)

(21)(22) Заявка: 2021116810, 09.06.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.06.2021

Дата регистрации:
30.12.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 09.06.2021

(45) Опубликовано: 30.12.2021 Бюл. № 1

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. US
10670522 B2, 02.06.2020. US 2015204772 A1,
23.07.2015. CN 110927025 A, 27.03.2020.

(54) Оптическая система для определения составов аэрозолей на основе люминесцентного анализа аэрозольных частиц

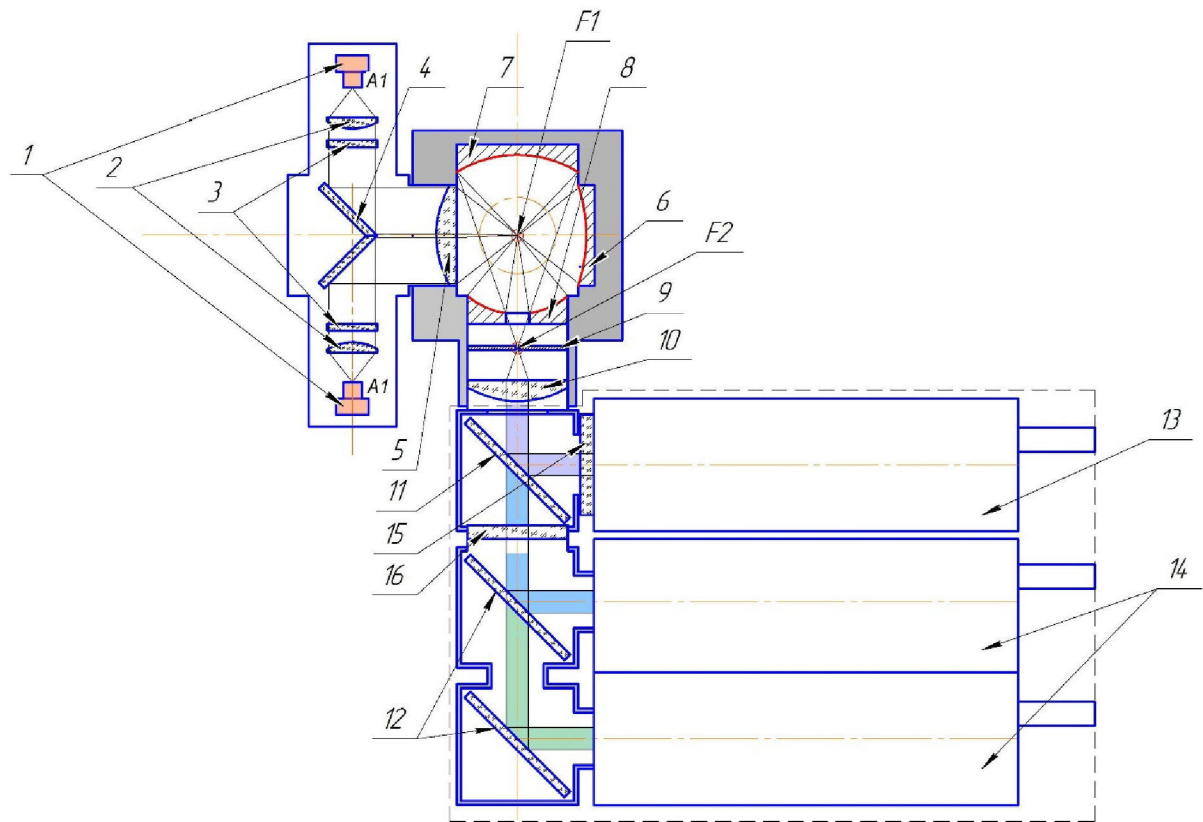
(57) Реферат:

Изобретение относится к области измерительной техники и касается оптической системы для определения составов аэрозолей на основе люминесцентного анализа аэрозольных частиц. Оптическая система содержит по крайней мере один источник возбуждающего излучения с фокусирующим средством, подсистему передачи оптических сигналов от потока аэрозольных частиц, подсистему спектрального разделения и приемники рассеянного и люминесцентного излучения. В качестве источников возбуждающего излучения используют светодиоды. Фокусирующее средство состоит из собирающей линзы, направляющего зеркала и асферической линзы. Подсистема передачи

оптических сигналов содержит эллиптическое и сферическое зеркала, оптический возвратный элемент, диафрагму и коллимирующую линзу. Подсистема спектрального разделения содержит светоделительные зеркала, отсекающий светофильтр, установленный после первого светоделительного зеркала, и нейтральный светофильтр, установленный перед приемником рассеянного излучения. Технический результат заключается в повышении эффективности сбора излучения и информативности оптического сигнала, упрощении конструкции оптической системы и требований по ее обслуживанию. 11 з.п. ф-лы, 3 ил.

RU 2 763 682 C1

RU 2 763 682 C1



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01N 21/645 (2021.08)

(21)(22) Application: **2021116810, 09.06.2021**

(24) Effective date for property rights:
09.06.2021

Registration date:
30.12.2021

Priority:

(22) Date of filing: **09.06.2021**

(45) Date of publication: **30.12.2021** Bull. № 1

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) **OPTICAL SYSTEM FOR DETERMINING AEROSOL COMPOSITIONS BASED ON LUMINESCENT ANALYSIS OF AEROSOL PARTICLES**

(57) Abstract:

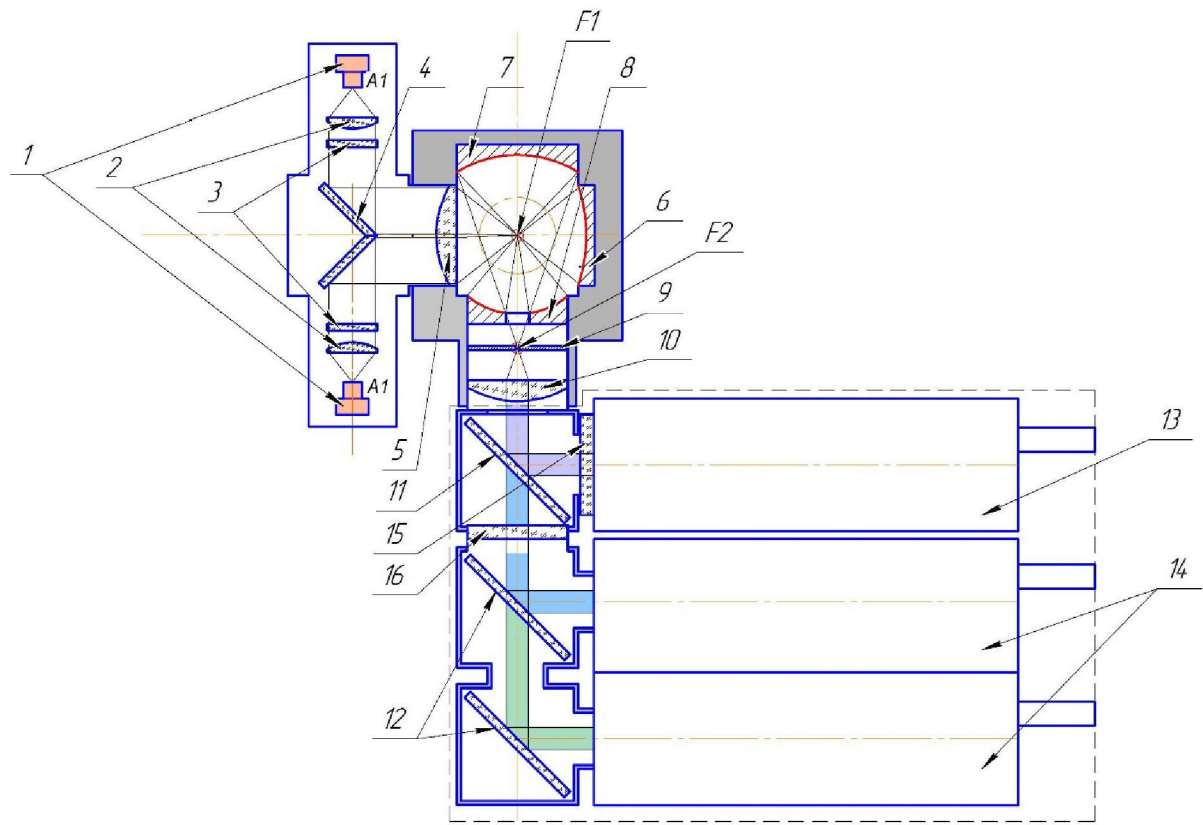
FIELD: measuring technology.

SUBSTANCE: invention relates to the field of measuring technology and relates to an optical system for determining the composition of aerosols based on the luminescence analysis of aerosol particles. The optical system contains at least one source of exciting radiation with a focusing means, a subsystem for transmitting optical signals from the flow of aerosol particles, a subsystem for spectral separation, and detectors of scattered and luminescent radiation. Light-emitting diodes are used as sources of exciting radiation. The focusing means consists of a converging lens, a

guide mirror and an aspherical lens. The optical signal transmission subsystem contains elliptical and spherical mirrors, an optical return element, a diaphragm and a collimating lens. The spectral separation subsystem contains beam-splitting mirrors, a cut-off filter installed after the first beam-splitting mirror, and a neutral light filter installed in front of the scattered radiation receiver.

EFFECT: increasing the efficiency of collection of radiation and the information content of the optical signal, simplifying the design of the optical system and the requirements for its maintenance.

12 cl, 3 dwg



Фиг. 1

Настоящее изобретение относится к контрольно-измерительной технике, в частности к системам оптического контроля фракционно-дисперсного состава частиц аэрозоля, и может быть использовано, например, при контроле состояния окружающей среды.

5 Данная оптическая система предназначена для определения составов аэрозолей на основе люминесцентного анализа аэрозольных частиц оптическим методом контроля 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.

В настоящее время известны конструкции нескольких аналогичных систем, наиболее близких к настоящему изобретению.

15 Так в патенте РФ №2279663, МПК G01N 15/02, опубл. 20.11.2005 г., описано устройство для определения состава аэрозолей на основе анализа флуоресценции отдельных частиц.

При этом, в данном патенте, частицы возбуждаются сфокусированным излучением от лампового источника, а излучение люминесценции собирается при помощи оптической системы с линзовым объективом, направляется через диафрагму на фотоприемники.

20 В данном устройстве реализовано пространственное разведение областей фокусировки возбуждающего и люминесцентного излучения. При помощи системы обработки при анализе сигналов по трем спектральным диапазонам люминесценции и рассеяния реализуется возможность определения отдельных компонент многокомпонентной аэрозольной смеси.

25 Однако, применение в устройстве линзового объектива для сбора излучения люминесценции ведет к наличию аберраций при построении поперечного размера струи, и, как следствие, к снижению уровня регистрируемого полезного сигнала.

30 Кроме того, ламповый источник при большом телесном угле формируемого им излучения в камере анализа дает трудноулавливаемое рассеяние, что приводит к наличию повышенного оптического фона и также снижает чувствительность устройства.

Известна также оптическая система в устройстве регистрации биологических частиц по патенту США на изобретение № US 5895922, МПК C12M 1/34; G01N 15/14; G01N 21/64, опубл. 20.04.1999 г.

35 Данная оптическая система основана на линзовой оптике, применяемой для сбора люминесценции, при этом эффективность сбора невысока. Применение только одного спектрального диапазона для сбора сигналов люминесценции (400-540 нм) не обеспечивает удовлетворительного разделения частиц по анализируемым параметрам. Дополнительно система усложнена наличием двух лазеров непрерывного действия, используемых для анализа размеров частиц, что усложняет конструкцию устройства.

40 Известна оптическая система и устройство для определения флуоресцирующих компонентов в аэрозолях (патент США на изобретение № US 5999250, МПК G01N 15/14; G01N 15/00; G01N 21/64; G01N 15/02, опубл. 07.12.1999 г.).

45 В данной оптической 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 может быть 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.

Известна также оптическая система регистрации в средствах для измерения спектров флуоресценции отдельных частиц аэрозоля, отобранных из окружающего воздуха (патент США на изобретение № US 2004125371, МПК G01N 21/64; G01J 3/30, опублик. 01.07.2004 г.).

Эта оптическая система, состоящая из трех лазеров, устройства для формирования потока аэрозольных частиц, системы оптических элементов, передающих излучение флуоресценции и рассеяния на приемные площадки приемников оптического излучения.

Данная оптическая система реализует способ измерения флуоресценции частиц аэрозоля в потоке, который включает формирование соплом сфокусированной аэрозольной струи заданного диаметра; определение анализируемого объема струи пересечением ортогональных струе пучков двух диодных лазеров выше по потоку частиц; детектирование света, рассеянного из окрестности анализируемого объема, набором детекторов, регистрирующих определенную длину волны луча диодного лазера; засвечивание частиц аэрозоля импульсным лазером, диаметр пучка которого соответствует размеру сфокусированной струи аэрозоля; сбор флуоресценции, излученной от частиц, находящихся в анализируемом объеме, и фокусировку ее в область детектирования. В качестве оптического элемента регистрации для сбора и передачи оптического сигнала на приемники используется отражающий объектив Шварцшильда, имеющий числовую апертуру 0,5 с эффективностью сбора люминесценции всего 10-15%, что делает необходимым использование в качестве источника излучения именно лазера. Предметная плоскость, совмещенная с осью потока частиц, передается объективом Шварцшильда на приемную площадку приемника оптического излучения.

Такая конструкция оптической системы может приводить к зависимости регистрируемого сигнала от положения частицы в области анализа из-за ряда факторов, например, из-за неоднородной чувствительности приемной площадки приемника оптического излучения. Однако корректировка сигналов, исключая данный эффект в оптической системе, в данном патенте не предусматривается. Кроме того, обязательное наличие трех лазеров в системе, необходимое для ее корректной работы, значительно ее усложняет.

В данном устройстве предусмотрена возможность повышения эффективности сбора излучения за счет применения эллиптического зеркала. Однако при этом приемник оптического излучения предлагается устанавливать во втором фокусе, что также приводит к зависимости получения приемником излучения частицы от положения в области анализа.

Кроме того, в случае применения эллиптического зеркала изображение частиц, смещенных из первого фокуса, является аберрационным. Это может приводить к дополнительной зависимости величины сигнала от положения частицы вследствие виньетирования аберрационного изображения полевой диафрагмой спектрографа и к ухудшению спектрального разделения аберрационного изображения. Однако вопрос компенсации эффектов аберрации эллиптического зеркала в патенте также не

рассматривается.

В патенте RU 2448340, G01N 21/64 (2006.01) опублик. 20.04.2012 г. описан способ регистрации излучения рассеяния и флуоресценции аэрозольных частиц в потоке и система для его осуществления, выбранная в качестве прототипа.

5 В данной оптической системе 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
10 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:
15 1 конденсор, 3 диафрагмы, 4 линзы, 3 светоделительных зеркала, 3 фильтра.

Данная оптическая система 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
20 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, данный прототип не лишен недостатков.

25 Указываемый 70%-й светосбор в прототипе 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.

30 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 -
35 эллиптического зеркала неизбежно будет приводить к его загрязнению, что дополнительно снизит процент светосбора, и, 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.

40 Применение импульсных источников излучения (в т. ч. лазеров) в прототипе 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
45 возбуждения, что в итоге 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. А уменьшение зависимости от светочувствительности 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, 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.

Задачей настоящего изобретения является повышение уровня и информативности оптического сигнала от анализируемых частиц, что обеспечивает повышение эффективности сбора излучения, при одновременном упрощении и удешевлении конструкции и требований по ее обслуживанию.

Техническим результатом данного изобретения является повышение эффективности сбора излучения и информативности оптического сигнала, при одновременном упрощении конструкции оптической системы и требований по ее обслуживанию.

Данный технический результат обеспечивается за счет того, что в оптической системе для определения составов аэрозолей на основе люминесцентного анализа аэрозольных частиц, содержащей, по меньшей мер, один источник возбуждающего излучения, с последовательно размещенным фокусирующим средством для фокусировки возбуждающего излучения на поток аэрозольных частиц, с последовательно размещенной оптической подсистемой передачи оптических сигналов от потока аэрозольных частиц, а также с последовательно размещенной оптической подсистемой спектрального разделения оптических сигналов от потока аэрозольных частиц, содержащей светоделительные зеркала, а также приемники рассеянного и люминесцентного излучения с приемными площадками, в качестве источников возбуждающего излучения используют светодиодные источники, излучение каждого из которых сфокусировано в одну точку аэрозольной струи при помощи фокусирующего средства, состоящего из собирающей линзы, направляющего зеркала и асферической линзы, при этом оптическая подсистема передачи оптических сигналов от потока аэрозольных частиц выполнена на основе эллиптического зеркала и сферического зеркала, разделенных пространственно с областью струи аэрозоля, и содержит оптический возвратный элемент, выполненный с возможностью усиления интенсивности излучения в области фокусировки светодиодных источников, а на выходе оптическая подсистема передачи оптических сигналов от потока аэрозольных частиц содержит диафрагму, расположенную во втором фокусе эллиптического зеркала, и коллимирующую линзу, причем точка фокусировки светодиодных источников излучения совпадает с фокусом сферического зеркала и первым фокусом эллиптического зеркала, а фокус коллимирующей линзы, выполненной с возможностью формирования параллельного пучка рассеянного и люминесцентного оптических сигналов от потока аэрозольных частиц, совпадает со вторым фокусом эллиптического зеркала и расположением диафрагмы, при этом оптическая подсистема спектрального разделения оптических сигналов от потока аэрозольных частиц содержит отсекающий светофильтр, установленный после первого светоделительного зеркала, и нейтральный светофильтр, установленный перед приемником рассеянного излучения, при этом световой диаметр пучков оптического и люминесцентного излучения совпадает с апертурой приемных площадок приемников рассеянного и люминесцентного излучения.

В одном из предпочтительных вариантов выполнения оптическая система содержит два светодиодных источника возбуждающего излучения, которые расположены напротив друг друга, и имеют одинаковый спектральный диапазон излучения, при этом данные светодиодные источники излучения сфокусированы при помощи двух направляющих зеркал, расположенных под углом друг к другу, в одну точку аэрозольной струи.

В другом из предпочтительных вариантов выполнения оптическая система содержит два светодиодных источника возбуждающего излучения, разного спектрального диапазона, которые расположены под прямым углом друг к другу, и сфокусированы в одну точку аэрозольной струи при помощи одного направляющего зеркала, при этом данные светодиодные источники излучения разного спектрального диапазона используют попеременно, по выбору оператора, в зависимости от поставленных задач люминесцентного анализа.

Целесообразно, чтобы в оптической системе оптическая подсистема спектрального разделения оптических сигналов от потока аэрозольных частиц содержала режекторный светофильтр, который установлен после отсекающего светофильтра, и выполнен с возможностью отсекания от приемников люминесцентного излучения возбуждающего излучения от второго светодиодного источника возбуждающего излучения.

Желательно, чтобы в оптической системе длительность включения каждого из светодиодных источников возбуждающего излучения разного спектрального диапазона коррелировали с временем нахождения частицы аэрозоля в струе в области анализа.

Предпочтительно, чтобы в оптической системе фокусирующее средство содержало полосовой фильтр, размещенный между собирающей линзой и направляющим зеркалом, при этом полосовой фильтр был выполнен с возможностью корректировки спектрального состава возбуждающего излучения светодиодного источника.

Целесообразно, чтобы в оптической системе в качестве оптического возвратного элемента использовали эллиптическое зеркало.

Желательно, чтобы в оптической системе в качестве оптического возвратного элемента использовали параболическое зеркало.

Предпочтительно, чтобы в оптической системе в центре оптического возвратного элемента был установлен фотоприемник, выполненный с возможностью контроля мощности возбуждающего излучения каждого светодиодного источника возбуждающего излучения.

Целесообразно, чтобы в оптической системе в качестве двух направляющих зеркал использовали два сферических зеркала, фокус одного из которых совпадает с точкой фокусировки светодиодных источников возбуждающего излучения, а фокус второго совпадает с расположением диафрагмы.

Желательно, чтобы в оптической системе собирающая линза имела сферическую поверхность.

Предпочтительно, чтобы в оптической системе собирающая линза имела асферическую поверхность.

Для более полного раскрытия изобретения далее приводится описание конкретных возможных вариантов его исполнения, которые поясняются соответствующими чертежами.

Фиг. 1 - первый вариант схемы оптической системы с двумя светодиодными источниками излучения, расположенными напротив друг друга.

Фиг. 2 - второй вариант схемы оптической системы с двумя светодиодными источниками излучения, расположенными под прямым углом друг к другу, а также с

увеличенной идентификационной способностью разделения аэрозольных частиц в потоке.

Фиг. 3 - график пространственного распределения интенсивности совокупного излучения от аэрозольных частиц во втором фокусе эллиптического зеркала при
5 отсутствии и при наличии оптического возвратного элемента.

Первый предпочтительный вариант выполнения оптической системы для определения составов аэрозолей на основе люминесцентного анализа аэрозольных частиц, содержит
10 два непрерывных светодиодных источника 1 возбуждающего излучения, расположенных напротив друг друга (Фиг. 1), и в этом случае имеющих одинаковый спектральный состав излучения.

Второй предпочтительный вариант выполнения оптической системы содержит
15 светодиодные источники 1 возбуждающего излучения, расположенные под углом 90^0 друг к другу (Фиг. 2). При этом спектральный состав излучения светодиодных источников 1 различен, а длительность включения каждого из светодиодных источников возбуждающего излучения разного спектрального диапазона коррелируют с временем нахождения частицы аэрозоля в струе в области анализа.

Также оптическая система содержит два фокусирующих средства для последующей
20 фокусировки возбуждающего излучения светодиодных источников 1 в одну точку аэрозольной струи.

При этом каждое средство для фокусировки содержит собирающую линзу 2 со
25 сферической, или асферической поверхностью, полосовой фильтр 3, направляющее зеркало 4 и асферическую линзу 5 (Фиг. 2), а полосовой фильтр 3 выполнен с возможностью корректировки спектрального состава возбуждающего излучения светодиодного источника 1.

При помощи собирающих линз 2 (Фиг. 1), установленных таким образом, чтобы
30 фокус каждой собирающей линзы 2 совпадал с излучающей площадкой светодиодного источника 1, формируется параллельный пучок излучения для возбуждения аэрозольных частиц, который при помощи направляющего зеркала 4 и асферической линзы 5 направляется в оптическую подсистему передачи оптических сигналов от потока
35 аэрозольных частиц, выполненную на основе эллиптического зеркала 7 и сферического зеркала 8, разделенных пространственно с областью струи аэрозоля. Также оптическая подсистема передачи оптических сигналов от потока аэрозольных частиц содержит
40 оптический возвратный элемент 6, выполненный с возможностью усиления интенсивности излучения в области фокусировки светодиодных источников, а на выходе оптическая подсистема передачи оптических сигналов от потока аэрозольных частиц содержит диафрагму 9, расположенную во втором фокусе эллиптического
45 зеркала 7, и коллимирующую линзу 10. Причем точка фокусировки светодиодных источников 1 излучения совпадает с фокусом сферического зеркала 8 и первым фокусом эллиптического зеркала 7, а фокус коллимирующей линзы 10, выполненной с
50 возможностью формирования параллельного пучка рассеянного и люминесцентного оптических сигналов от потока аэрозольных частиц, совпадает со вторым фокусом эллиптического зеркала 7 и расположением диафрагмы 9. При этом коллимирующая линза 10 формирует параллельный пучок совокупного излучения от аэрозольных частиц, а оптический возвратный элемент 6 может быть выполнен как в виде
55 эллиптического зеркала, так и в виде параболического зеркала.

Также в центре оптического возвратного элемента 6 может быть установлен
60 фотоприемник, выполненный с возможностью контроля мощности возбуждающего излучения каждого светодиодного источника 1 возбуждающего излучения.

В первом предпочтительном варианте выполнения оптической системы со светодиодными источниками 1 возбуждающего излучения, расположенными напротив друг друга (Фиг. 1), оптическая система имеет два направляющих зеркала 4, в качестве которых используют два сферических зеркала, фокус одного из которых совпадает с точкой фокусировки светодиодных источников 1 возбуждающего излучения, а фокус второго совпадает с расположением диафрагмы 9.

Оптическая система содержит также оптическую подсистему спектрального разделения оптических сигналов от потока аэрозольных частиц, содержащую первое светоделительное зеркало 11, а также последующие светоделительные зеркала 12, а также приемник рассеянного излучения 13, приемники люминесцентного излучения 14, отсекающий светофильтр 16, установленный после первого светоделительного зеркала 11, нейтральный светофильтр 15, установленный перед приемником рассеянного излучения 13, и режекторный светофильтр 17, который установлен после отсекающего светофильтра 16, и выполнен с возможностью отсекания от приемников люминесцентного излучения 14 возбуждающего излучения от второго светодиодного источника 1. При этом световой диаметр пучков оптического и люминесцентного излучения совпадает с апертурой приемных площадок приемников рассеянного 13 и люминесцентного 14 излучения.

Светодиодные источники 1 излучения разного спектрального диапазона используют попеременно, по выбору оператора, в зависимости от поставленных задач люминесцентного анализа, при этом длительность включения каждого из светодиодных источников 1 излучения разного спектрального диапазона коррелируют с временем нахождения частицы аэрозоля в струе в области анализа.

Также оптическая система может содержать светофильтры (на чертеже не показаны), установленные между светодиодными источниками 1 и областью анализа, и выполненные с возможностью корректировки спектрального состава возбуждающего излучения в области анализа.

В оптической системе в центре оптического возвратного элемента 6 может быть установлен фотоприемник (на чертеже не показан), выполненный с возможностью контроля мощности светодиодных источников 1.

Наличие оптического возвратного элемента 6 в подсистеме формирования сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц обеспечивает увеличение совокупного сигнала рассеянного и люминесцентного излучения от частиц, попавших в область анализа, на выходе из подсистемы формирования сигналов, что демонстрирует фиг. 3.

Во втором предпочтительном варианте реализации оптической системы (фиг. 2) светодиодные источники 1 (A1 и A2) работают попеременно, возбуждая аэрозольные частицы разными длинами волн и формируя различные распределения интенсивностей люминесценции по длинам волн, что увеличивает информативность при идентификации аэрозольных частиц.

Для получения дополнительной информации, в этом варианте оптической системы, может использоваться еще один приемник оптического излучения, для которого спектральный диапазон принимаемого люминесцентного сигнала, как и для приемников рассеянного 13 и люминесцентного 14 излучения определяется характеристиками светоделительных зеркал 11, 12. При этом количество информационных каналов увеличивается в два раза, что позволяет лучше разделять различные сорта аэрозольных частиц.

Функционирует оптическая система следующим образом.

Возбуждающее излучение светодиодных источников 1 проходит через полосовые фильтры 3 и собирающие линзы 2.

При этом собирающие линзы 2 устанавливаются таким образом, чтобы фокус каждой собирающей линзы 2 совпадал с излучающей площадкой светодиодного источника 1, формируя параллельный пучок излучения для возбуждения аэрозольных частиц, который при помощи направляющего зеркала 4 направляется на асферическую линзу 5, которая фокусирует излучение от источников 1 в центре оптической подсистемы передачи оптических сигналов от потока аэрозольных частиц в точке фокусировки светодиодных источников 1 возбуждения (Фиг. 1).

При помощи полосовых фильтров 3 отсекается возможная фоновая засветка возбуждающим излучением приемников оптического излучения 13 и 14, регистрирующих сигналы люминесценции. При этом разница оптических плотностей в области пропускания, совпадающей со спектром излучения светодиодного источника 1, и области поглощения (отражения) должна составлять не менее 4, а пропускание полосовых фильтров 3 в области пропускания должно стремиться к 100%.

При помощи направляющих зеркал 4 параллельный пучок излучения светодиодных источников 1 направляется на асферическую линзу 5. При этом для второго варианта оптической системы с увеличенной идентификационной способностью разделения (Фиг. 2), используется направляющее зеркало 4, для которого коэффициент отражения излучения для светодиодного источника 1 (A1) и коэффициент пропускания для светодиодного источника 1 (A2) должны стремиться к 100%.

При помощи асферической линзы 5 излучение светодиодных источников 1 направляется в область анализа, которая представляет собой точку пересечения самой узкой части аэрозольной струи (показана в виде точки, направление струи перпендикулярно плоскости рисунка) с фокусом асферической линзы 5 и фокусом оптического возвратного элемента 6 усиления интенсивности возбуждающего излучения на основе сферического зеркала 8. Наличие оптического возвратного элемента 6 с коэффициентом отражения, который должен стремиться к 100%, позволяет увеличить интенсивность возбуждающего излучения в области анализа до 2-х раз (Фиг. 3).

Для сбора и передачи излучения люминесценции на приемники оптического излучения 13 и 14 в изобретении используется оптическая подсистема формирования сигналов люминесценции и рассеяния от аэрозольных частиц, выполненная на основе эллиптического зеркала 7 и сферического зеркала 8, разделенных пространственно с областью струи аэрозоля, причем фокус сферического зеркала 8 и первый фокус эллиптического зеркала 7 совпадают с фокусом асферического зеркала 5 и оптического возвратного элемента 6. При этом эффективность светосбора, с учетом присутствия оптического возвратного элемента 6, составляет не менее 25%.

В качестве плоскости, оптически сопряженной с приемными площадками приемников оптического излучения 13 и 14, в оптической системе выбран второй фокус эллиптического зеркала 7, при этом для определения размеров области струи, содержащей аэрозольные частицы, в области анализа, передаваемой на приемные площадки, используется диафрагма 9, расположенная также во втором фокусе эллиптического зеркала 7, а фокус собирающей линзы 10, формирующей параллельный пучок для подачи на приемные площадки приемников излучения 13, 14, также совпадает со вторым фокусом эллиптического зеркала 7 и расположением диафрагмы 9.

Параллельный пучок, состоящий из сформированного в люминесцентном и рассеянном излучении изображения струи аэрозольных частиц, определяемого размерами диафрагмы 9, далее подается в оптическую подсистему спектрального

разделения оптических сигналов от потока аэрозольных частиц, на основе светоделительных зеркал 11, 12. Вначале пучок аэрозольных частиц подается на светоделительное зеркало 11, коэффициент отражения которого для излучения светодиодного источника 1 (A1) близок к 100%. Излучение, упруго рассеиваемое аэрозольными частицами, попадает в приемник оптического излучения 13, при этом для изменения интенсивности излучения может использоваться нейтральный светофильтр 15.

В первом варианте оптической системы (Фиг. 1) далее используются не менее двух приемников люминесцентного излучения 14, при этом излучение непрерывных светодиодных источников 1 и упруго рассеянное аэрозольными частицами излучение, для предотвращения фоновой засветки уменьшается отсекающим фильтром 16 и режекторным фильтром 17 с разностью оптических плотностей в границах диапазона пропускания и отсекающего не менее 2.

Во втором варианте оптической схемы (Фиг. 2) светодиодные источники 1 (A1) и (A2) работают попеременно, возбуждая аэрозольные частицы разными длинами волн и формируя различные распределения интенсивностей люминесценции по длинам волн, что увеличивает информативность при идентификации аэрозольных частиц. Для получения дополнительной информации в этом варианте оптической системы может использоваться еще один приемник оптического излучения 14, для которого спектральный диапазон принимаемого люминесцентного сигнала, как и для других приемников 14, определяется характеристиками светоделительных зеркал 12.

Поскольку применяемые в изобретении светодиодные источники 1 принципиально непрерывные, получаемый оптический сигнал не страдает по уровню и информативности от пропусков регистрации отдельных частиц (как в прототипе), связанных с работой лазера в импульсном режиме.

Таким образом, заявленная оптическая система позволяет использовать простые светодиодные источники 1 возбуждения, при этом комбинировать их в пару с одинаковым спектральным составом излучения для увеличения интенсивности в области анализа или с разным спектральным составом для увеличения информативности при идентификации аэрозольных частиц, также позволяет вывести аэрозольную струю из области контакта с оптическими элементами системы передачи изображения на приемники оптического излучения 13 и 14, пространственно их разделив, при этом сохранив эффективность светосбора на высоком уровне, таким образом сведя к минимуму необходимость обслуживания оптической системы при работе в реальных условиях.

Также, представленная оптическая система, позволяет избавиться от пропусков регистрации отдельных частиц, присутствующих в прототипе, и связанных с работой лазера в импульсном режиме - при их малом количестве без предварительного запуска, привязанного к возбуждению частиц выше по потоку еще одним лазером, или при их большом количестве, когда предварительный запуск есть, но частота запуска превышает предельную установленную для лазера частоту.

Все выше перечисленные факторы позволяют значительно повысить эффективность сбора излучения и информативность оптического сигнала, при одновременном упрощении конструкции оптической системы и требований по ее обслуживанию.

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

5

1. Оптическая система для определения составов аэрозолей на основе люминесцентного анализа аэрозольных частиц, содержащая по меньшей мере один источник возбуждающего излучения, с последовательно размещенным фокусирующим средством для фокусировки возбуждающего излучения на поток аэрозольных частиц, с последовательно размещенной оптической подсистемой передачи оптических сигналов от потока аэрозольных частиц, а также с последовательно размещенной оптической подсистемой спектрального разделения оптических сигналов от потока аэрозольных частиц, содержащей светоделительные зеркала, а также приемники рассеянного и люминесцентного излучения с приемными площадками, отличающаяся тем, что в качестве источников возбуждающего излучения используют светодиодные источники, излучение каждого из которых сфокусировано в одну точку аэрозольной струи при помощи фокусирующего средства, состоящего из собирающей линзы, направляющего зеркала и асферической линзы, при этом оптическая подсистема передачи оптических сигналов от потока аэрозольных частиц выполнена на основе эллиптического зеркала и сферического зеркала, разделенных пространственно с областью струи аэрозоля, и содержит оптический возвратный элемент, выполненный с возможностью усиления интенсивности излучения в области фокусировки светодиодных источников, а на выходе оптическая подсистема передачи оптических сигналов от потока аэрозольных частиц содержит диафрагму, расположенную во втором фокусе эллиптического зеркала, и коллимирующую линзу, причем точка фокусировки светодиодных источников излучения совпадает с фокусом сферического зеркала и первым фокусом эллиптического зеркала, а фокус коллимирующей линзы, выполненной с возможностью формирования параллельного пучка рассеянного и люминесцентного оптических сигналов от потока аэрозольных частиц, совпадает со вторым фокусом эллиптического зеркала и расположением диафрагмы, при этом оптическая подсистема спектрального разделения оптических сигналов от потока аэрозольных частиц содержит отсекающий светофильтр, установленный после первого светоделительного зеркала, и нейтральный светофильтр, установленный перед приемником рассеянного излучения, при этом световой диаметр пучков оптического и люминесцентного излучения совпадает с апертурой приемных площадок приемников рассеянного и люминесцентного излучения.

10

15

20

25

30

35

2. Оптическая система по п.1, отличающаяся тем, что содержит два светодиодных источника возбуждающего излучения, которые расположены напротив друг друга, и имеют одинаковый спектральный диапазон излучения, при этом данные светодиодные источники излучения сфокусированы при помощи двух направляющих зеркал, расположенных под углом друг к другу, в одну точку аэрозольной струи.

40

3. Оптическая система по п.1, отличающаяся тем, что содержит два светодиодных источника возбуждающего излучения, разного спектрального диапазона, которые расположены под прямым углом друг к другу и сфокусированы в одну точку аэрозольной струи при помощи одного направляющего зеркала, при этом данные светодиодные источники излучения разного спектрального диапазона используют попеременно, по выбору оператора, в зависимости от поставленных задач люминесцентного анализа.

45

4. Оптическая система по п.1, отличающаяся тем, что оптическая подсистема

спектрального разделения оптических сигналов от потока аэрозольных частиц содержит режекторный светофильтр, который установлен после отсекающего светофильтра, и выполнен с возможностью отсекания от приемников люминесцентного излучения возбуждающего излучения от второго светодиодного источника возбуждающего излучения.

5

5. Оптическая система по п.3, отличающаяся тем, что длительность включения каждого из светодиодных источников возбуждающего излучения разного спектрального диапазона коррелируют с временем нахождения частицы аэрозоля в струе в области анализа.

10

6. Оптическая система по п.1, отличающаяся тем, что фокусирующее средство содержит полосовой фильтр, размещенный между собирающей линзой и направляющим зеркалом, при этом полосовой фильтр выполнен с возможностью корректировки спектрального состава возбуждающего излучения светодиодного источника.

15

7. Оптическая система по п.1, отличающаяся тем, что в качестве оптического возвратного элемента используют эллиптическое зеркало.

8. Оптическая система по п.1, отличающаяся тем, что в качестве оптического возвратного элемента используется параболическое зеркало.

20

9. Оптическая система по п.1, отличающаяся тем, что в центре оптического возвратного элемента установлен фотоприемник, выполненный с возможностью контроля мощности возбуждающего излучения каждого светодиодного источника возбуждающего излучения.

25

10. Оптическая система по п.2, отличающаяся тем, что в качестве двух направляющих зеркал используют два сферических зеркала, фокус одного из которых совпадает с точкой фокусировки светодиодных источников возбуждающего излучения, а фокус второго совпадает с расположением диафрагмы.

11. Оптическая система по п.1, отличающаяся тем, что собирающая линза имеет сферическую поверхность.

12. Оптическая система по п.1, отличающаяся тем, что собирающая линза имеет асферическую поверхность.

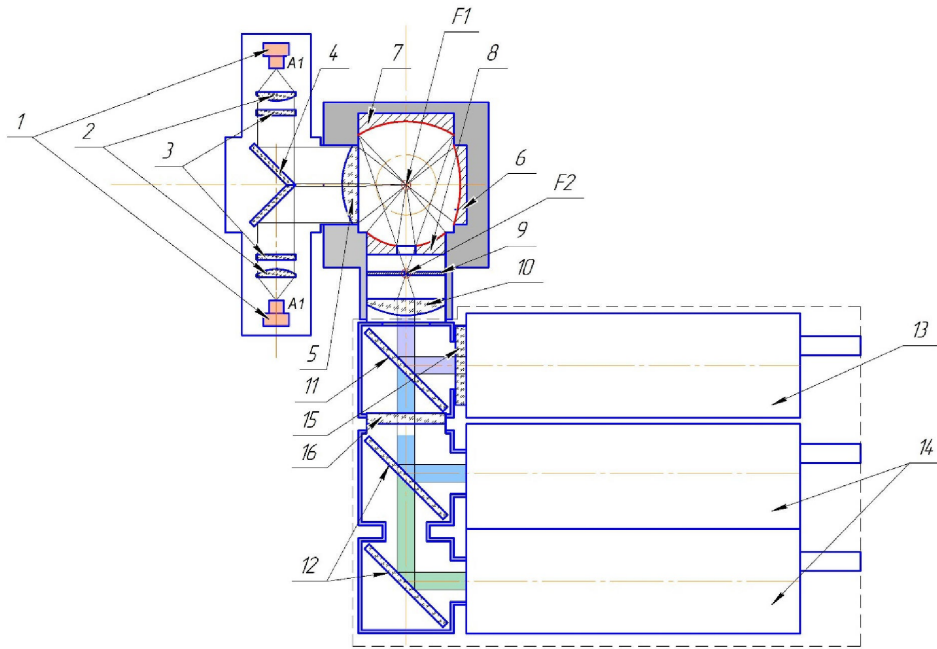
30

35

40

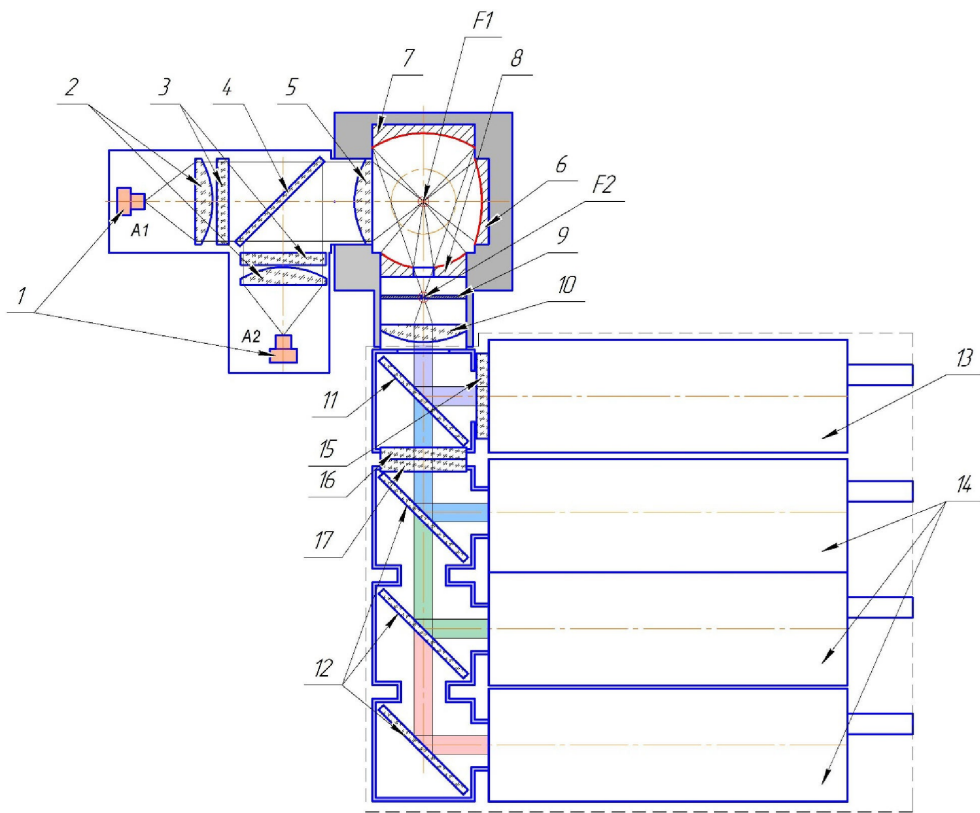
45

1

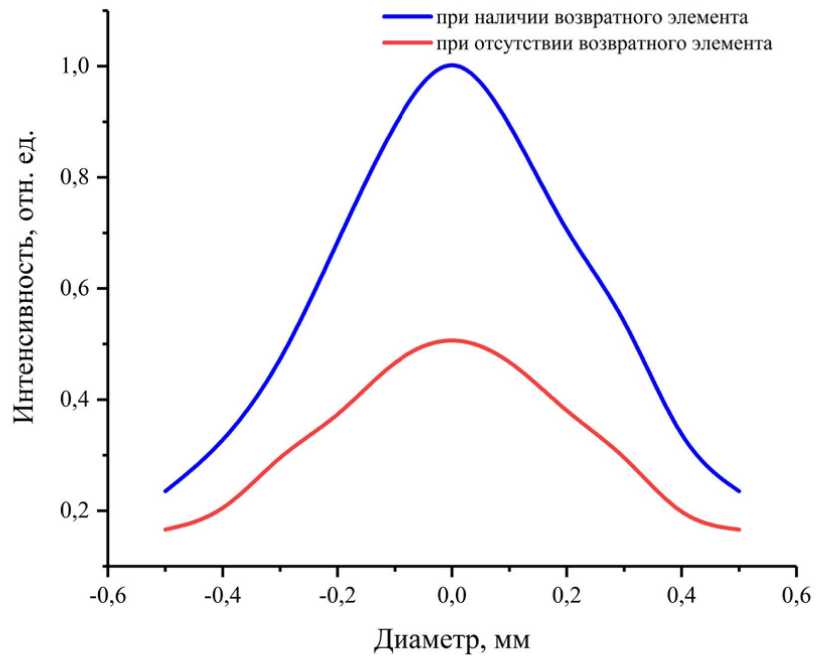


Фиг. 1

2



Фиг. 2



Фиг. 3