

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 219174

### Рабочая головка светодиодного спектрометра

Патентообладатель: *Общество с ограниченной ответственностью "РАСТР ТЕХНОЛОДЖИ" (RU)*

Авторы: *Бондаренко Максим Андреевич (RU), Бондаренко Андрей Викторович (RU), Князев Михаил Геннадьевич (RU), Ядчук Константин Александрович (RU), Докучаев Игорь Вадимович (RU)*

Заявка № 2023109199

Приоритет полезной модели 12 апреля 2023 г.

Дата государственной регистрации  
в Государственном реестре полезных  
моделей Российской Федерации 03 июля 2023 г.

Срок действия исключительного права  
на полезную модель истекает 12 апреля 2033 г.

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ  
Сертификат 429b6a0fe3853164baf96f83b73b4aa7  
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**  
Действителен с 10.05.2023 по 02.08.2024

*Ю.С. Зубов*



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
G01J 3/02 (2023.05)

(21)(22) Заявка: 2023109199, 12.04.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
12.04.2023Дата регистрации:  
03.07.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 12.04.2023

(45) Опубликовано: 03.07.2023 Бюл. № 19

Адрес для переписки:

117593, Москва, Соловьиный пр-д, 4, корп. 1,  
кв. 152, Бондаренко Андрей Викторович

(72) Автор(ы):

Бондаренко Максим Андреевич (RU),  
Бондаренко Андрей Викторович (RU),  
Князев Михаил Геннадьевич (RU),  
Ядчук Константин Александрович (RU),  
Докучаев Игорь Вадимович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

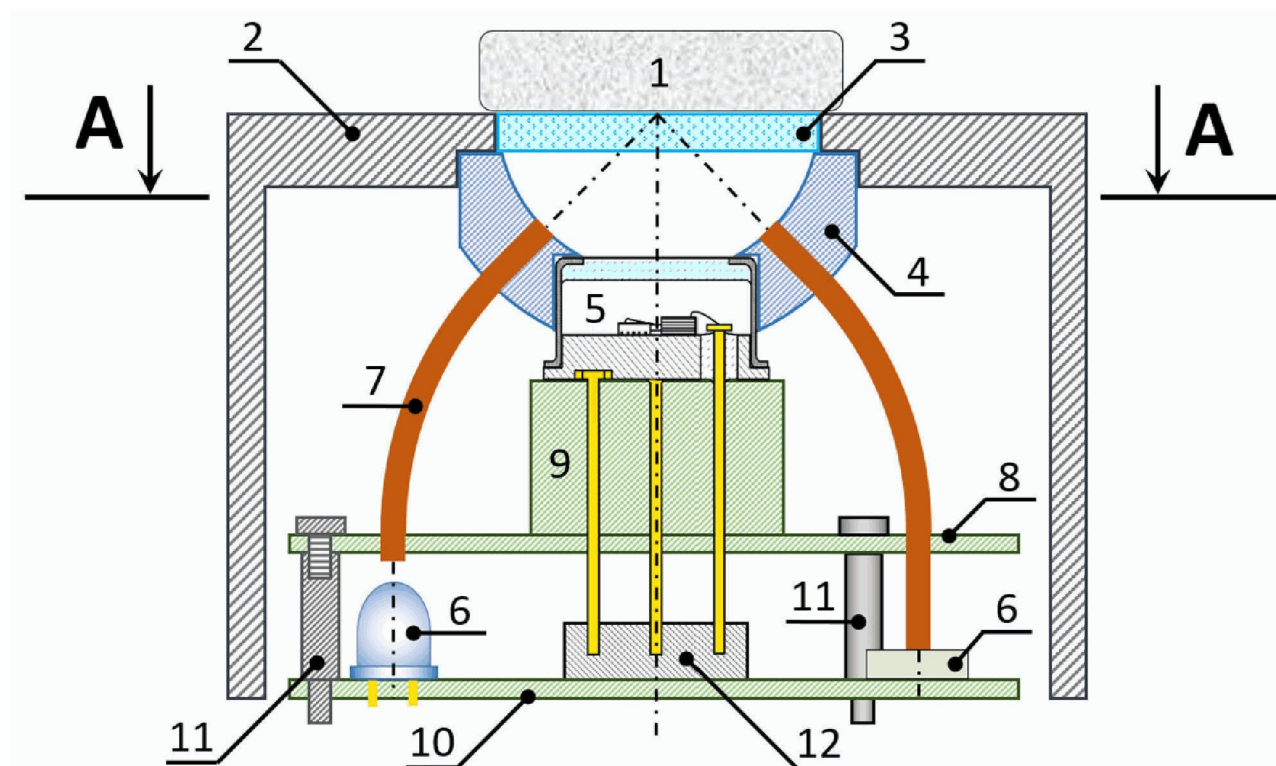
Общество с ограниченной ответственностью  
"РАСТР ТЕХНОЛОДЖИ" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2429456 C1, 20.09.2011. US  
9364071 B2, 14.06.2016. US 8970835 B2,  
03.03.2015. CN 102590156 B, 11.03.2015.

(54) Рабочая головка светодиодного спектрометра

(57) Реферат:

Полезная модель относится к области спектроскопии и касается рабочей головки светодиодного спектрометра. Рабочая головка содержит размещённые последовательно в несущем корпусе вдоль геометрической оси устройства защитное стекло, фокусирующий излучение полусферический отражатель и широкополосный фотодиод, а также светодиодные излучатели, размещённые симметрично относительно геометрической оси по окружности и имеющие максимумы спектра излучения на разных длинах волн. Полусферический отражатель имеет внутреннюю матовую поверхность, фокус которой находится на геометрической оси устройства и совмещён с наружной плоскостью защитного стекла.

Отражатель имеет отверстие в области его пересечения с геометрической осью устройства, где размещён широкополосный фотодиод, ориентированный в направлении защитного стекла. Размещённые за внешней стороной отражателя светодиодные излучатели снабжены оптоволоконными световодами, противоположная часть которых закреплена в каналах корпуса отражателя, расположенных по окружности с центром на геометрической оси, причём оси этих каналов, а также направление выходящего из световодов излучения сходятся в фокусе отражателя на внешней поверхности защитного стекла. Технический результат заключается в расширении функциональных возможностей спектрометра. 3 ил.



Фиг. 1

RU 219174 U1

RU 219174 U1

## Область техники

Настоящая полезная модель относится к анализаторам состава веществ, в частности к анализаторам спектрального диапазона 250-2500 нм для определения химического состава твёрдых монокристаллических или сыпучих веществ, или их комбинаций.

## 5 Уровень техники

Известны различные анализаторы состава веществ. Однако, как правило, они обладают большими размерами и весом, длительным временем анализа образцов, высоким энергопотреблением, используют дорогостоящие оптические и электронные компоненты.

10 Из недорогих компактных спектральных анализаторов веществ известен мини-спектрометр для смартфона, (см. полезную модель RU 184760 U1, заявл. 28.06.2018, публ. 07.11.2018). Указанный мини-спектрометр состоит из непрозрачного корпуса, в котором расположены: акриловый световод, щелевая камера с входной щелью, расположенной под углом 35°, монокристаллическое акриловое тело, на входной поверхности  
15 которого вклеена проходящая пластиковая дифракционная решетка, выходная поверхность срезана под углом 45°, покрыта алюминием и фторидом магния, служит выходным зеркалом, выполненным с возможностью проецирования спектра на камеру смартфона для его регистрации и обработки. Хотя заявленный прибор и имеет малые габариты при своей простоте изготовления, используемый оптический материал типа  
20 акрила, а также интеграция со штатной цифровой камерой смартфона ограничивают область применения данного мини-спектрометра видимым спектральным диапазоном от 400 до 700 нм.

Из светодиодных анализаторов веществ известен анализатор состава жидкостей и твёрдых веществ (см. евразийскую заявку на изобретение № 201600067 <http://www.euratis.com/Data/EATXT/earo2018/PDF/030530.pdf>), который содержит плату с  
25 фотодиодом, кольцевую плату со светодиодами, расположенную над платой с фотодиодом, металлическую крышку-отражатель для фокусировки излучения, защитное стекло и корпус. Недостатками заявленной в изобретении оптической головки являются низкая эффективность кольцевой крышки-отражателя с вертикальной цилиндрической  
30 отражающей поверхностью, слабая равномерность освещения исследуемого образца по рабочему полю зрения фотодиода, высокие требования к минимальным размерам исследуемых образцов, так как образцы должны полностью перекрывать поле зрения фотодиода для корректного измерения их спектров отражения.

Наиболее близкий аналог - рабочая головка светодиодного мини-спектрометра (см. полезную модель RU 178439 U1, заявл. 25.08.2017, публ. 04.04.2018), содержащая корпус,  
35 в котором расположены светодиодный излучатель и широкополосный фотодиод, установленные на общей кольцевой плате. Корпус головки имеет форму полусферы, внутренняя поверхность которой выполнена зеркальной, а широкополосный фотодиод расположен в фокусе сферической стороны корпуса головки. Кольцевая плата  
40 расположена параллельно плоской стороне корпуса. Светодиодные чипы расположены на кольцевой плате с её стороны, обращенной к плоской стороне корпуса головки, а широкополосный фотодиод расположен на противоположной стороне кольцевой платы.

В прототипе решена задача эффективного получения отражённого от образца  
45 излучения при помощи полусферического отражателя, в фокусе которого находится фотодиод, однако высокие требования к минимальным размерам образцов остаются, при том, что минимальный размер образца по-прежнему определяется внутренним диаметром кольцевой платы, на которой должны уместиться в свою очередь светодиоды.

Другим недостатком конструкции является невозможность использования в ней более одного фотодиода, для расширения рабочего спектрального диапазона за рамками заявленных авторами 900 ... 2500 нм, так как сферическое зеркало имеет только один фокус. Также заявленная конструкция не решает эффективно проблему равномерного диффузного освещения образца по полю зрения фотодиода из-за зеркальной поверхности отражателя, которая может давать нежелательные блики и засветки, требует использования светодиодов одинакового типа с широкими углами освещения, которые могут не выпускаться производителями для определённых областей спектра.

#### Краткое описание чертежей

На фиг. 1 представлено боковое сечение по оси симметрии варианта реализации рабочей головки светодиодного спектрометра на основе двухканального фотодиода.

На фиг. 2 изображено торцевое сечение в плоскости А – А рабочей головки светодиодного спектрометра, согласно фиг. 1.

На фиг. 1 и 2 цифрами обозначены следующие элементы конструкции: анализируемый образец вещества 1, внешний корпус 2, защитное стекло 3, полусферический отражатель 4, широкополосный фотодиод 5, светодиодные излучатели 6, оптоволоконные световоды 7, плата-фиксатор световодов 8, стойка-крепление фотодиода 9, светодиодная плата 10, крепёжные стойки 11 и разъём для фотодиода 12.

На фиг. 3 представлено изображение беспроводного светодиодного мини-спектрометра RT-30S без внешнего корпуса с рабочей головкой по предлагаемой полезной модели, как вариант её применения.

#### Раскрытие сущности полезной модели

Настоящая полезная модель направлена на устранение недостатков известных аналогов.

Для достижения указанной цели предложена рабочая головка светодиодного спектрометра (см. фиг. 1), предназначенная для определения химического состава твёрдого монолитного или сыпучего вещества 1, или их комбинаций, содержащая размещённые последовательно в несущем корпусе 2 вдоль геометрической оси устройства: защитное стекло 3 с пропусканием в рабочем диапазоне длин волн, закреплённое во входном отверстии корпуса, фокусирующий излучение полусферический отражатель 4 и широкополосный фотодиод 5, а также светодиодные излучатели 6, размещённые симметрично относительно геометрической оси по окружности и имеющие максимумы спектра излучения на разных длинах волн. Полусферический отражатель 4 имеет внутреннюю матовую (диффузную) поверхность, фокус которой находится на геометрической оси устройства и совмещён с наружной плоскостью защитного стекла 3, причём отражатель 4 имеет отверстие в области его пересечения с этой осью, в котором размещён широкополосный фотодиод 5 и ориентирован в направлении защитного стекла 3, а размещённые за внешней стороной отражателя светодиодные излучатели 6 снабжены оптоволоконными световодами 7 с их элементами крепления 8, при этом противоположная часть этих световодов закреплена в каналах корпуса отражателя 4, расположенных по окружности с центром на геометрической оси, причём оси этих каналов, а также направление выходящего из световодов 7 излучения, сходятся в фокусе отражателя 4, на внешней поверхности защитного стекла 3.

Благодаря конструкции предлагаемой рабочей головки, излучение от светодиодного излучателя фокусируется в центре области наблюдения анализируемого образца 1, а после его взаимодействия с ним эффективно собирается фотодиодом 5. При этом излучение, не попавшее в фотодиод, отражается диффузным полусферическим зеркалом 4 и также попадает в центр области наблюдения образца 1, что не обеспечивают

известные аналогичные конструкции. Матовая поверхность диффузного отражателя гарантирует отсутствие бликов и паразитной засветки, которые могут вносить существенные погрешности в измерение спектра отражения даже при небольшом смещении или вращении образца. Использование оптического волокна для фокусировки

излучения светодиодов позволяет существенно уменьшить радиус окружности вокруг фотодиода, на которой расположены центры источников подсветки анализируемого образца, тем самым позволяя в рамках предложенной конструкции исследовать более мелкие образцы, которые нельзя корректно анализировать известными аналогами светодиодных спектрометров, так как они не перекрывают поле зрения фотодиода.

Также предлагаемая рабочая головка позволяет расширить возможный рабочий диапазон спектрометра за счёт использования двух и более широкополосных сенсорных фотодиодов, устанавливаемых в предназначенное отверстие полусферического отражателя, потому что фокусировка излучения идёт непосредственно на образец, а не на фотодиод от образца, как это реализовано в прототипе.

Подробное описание предпочтительного варианта реализации  
Имеется множество вариантов реализации, которые определяются решаемым классом задач тем спектрометром, в составе которого находится рабочая головка, изготовленная в рамках предлагаемой полезной модели. Ниже рассматривается вариант реализации предпочтительный с точки зрения наиболее полного раскрытия возможностей данной полезной модели.

Хотя бы у светодиодного излучателя в рамках предлагаемой полезной модели может быть множество вариантов реализации, так как к сегодняшнему моменту выпускается большое разнообразие светодиодных чипов, которые обеспечивают подсветку сразу в нескольких независимых спектральных областях. Например, конкретно в нашем варианте реализации полезной модели, как составной части беспроводного мини-спектрометра RT-30S спектрального диапазона 250-2400 нм, см. <http://rastr.net/product/special/ndt-system/rt-30s>, используется 30 независимых областей светодиодной подсветки, при том, что самих светодиодов на плате светодиодного излучателя содержится только 16 штук, от которых заходит в диффузный отражатель 16 жил оптоволокну, см. фиг.

3. Использование светодиодных сборок предпочтительнее, так как они обеспечивают более высокую интегральность электронной части конструкции и повышают технологичность изготовления рабочей головки. Также предпочтительнее использовать безлинзовые компактные светодиоды поверхностного монтажа с широкими углами освещения, чтобы можно было заводить оптоволокну вплотную к ним, что снижает световые потери и повышает компактность конструкции. При этом предлагаемая рабочая головка не накладывает ограничений на типы используемых светодиодов или их габариты, поэтому на фиг. 1 изображены специально разные типы светодиодов 6. Выбранное число независимых зон подсветки в 30 также неслучайно, так как обеспечивает почти максимальные возможности по спектральному разрешению для светодиодных спектрометров в рабочем диапазоне используемого двухканального фотодиода 250-2600 нм, с учётом номенклатуры выпускаемых сейчас светодиодов и ширины их спектров излучения.

В качестве элементов крепления оптоволокну 8 со стороны светодиодного излучателя (см. фиг. 1) предпочтительнее использовать круглую плоскую плату со сквозными отверстиями-каналами под оптоволокну 7, отвечающими центрам светодиодов 6, расположенных на светодиодной плате 10, при этом эффективный вариант крепления платы-фиксатора 8 к светодиодной круглой плате 10 тремя крепёжными стойками 11, которые располагаются в вершинах правильного треугольника, см. фиг. 2.

Для повышения надёжности и удобства сборки конструкции широкополосный фотодиод 5 (см. фиг. 1) предпочтительно установить на стойку-крепление 9 с отверстиями под его выводы. При этом выводы фотодиода заходят в разъём 12, размещённый на плате 10. Стойка-крепление 9 может закрепляться на плате-фиксаторе световодов 8 с помощью клея или при помощи болтов, см. фиг. 3. Как вариант, плата-фиксатор 8 и стойка-крепление 9 могут быть единой деталью, изготовленной на станке или распечатанной на 3D-принтере.

Вместо двухканального фотодиода 250-2600 нм, содержащего в одном корпусе два разноспектральных фотодиода, возможно использование двух независимых фотодиодов: один, например, с чувствительным элементом на основе кремния (Si) в области 250-1100 нм, а другой - на основе Индий-Галлий-Мышьяка (InGaAs) для области 800-2600 нм, но это скажется отрицательно на технологичности конструкции, габаритах полусферического отражателя и, как следствие, на возможности анализировать более мелкие образцы.

Для различных областей излучения используется предназначенный для него тип световода или оптоволокна. Например, для мини-спектрометра RT-30S используется 2 типа оптоволокна, потому что для ультрафиолетовых светодиодов с максимумами излучения менее 430 нм важно использовать оптоволокно, выпускаемое для передачи УФ-излучения с устойчивой к воздействию ультрафиолета оптической жилой. В конструкции предпочтительнее использовать толстое оптоволокно, с диаметром оптических жил от 400 мкм, чтобы в него эффективно заходило излучение светодиодов. С другой стороны, с ростом толщины жил оптоволокна возрастает минимально допустимый радиус его изгиба, что закономерно увеличивает габариты конструкции. Хорошим компромиссом между габаритами головки спектрометра и её оптической эффективностью является выбор оптоволокна с толщиной оптической жилы в 800 мкм при допустимом радиусе изгиба в 55 мм, что отвечает диаметру платы светодиодного излучателя примерно в 60 мм.

Диффузный полусферический отражатель изготавливают из материала, эффективно отражающего свет в спектральном диапазоне используемых в конструкции спектрометра светодиодов. Для рассматриваемого варианта реализации с рабочим диапазоном 250-2400 нм такими свойствами обладают, например, алюминий с коэффициентом диффузного отражения от 0,72 до 0,98 (см., например, [http://elektrosteklo.ru/Al\\_rus.htm](http://elektrosteklo.ru/Al_rus.htm)) или более трудная для обработки керамика из его оксида с коэффициентом отражения не менее 0,9 (см., например, <https://www.bj-laseri.com/ru/Керамический-отражатель-из-оксида-алюминия-p.html>).

Защитное стекло может быть изготовлено из любого материала, имеющего высокий коэффициент пропускания излучения в спектральном диапазоне 250-2500 нм светодиодного излучателя. Предпочтительным для этого материалом является, например, кварцевое оптическое стекло. Разумеется, чем меньше толщина защитного стекла, тем лучше его пропускание, однако из соображений прочности целесообразно использовать защитное стекло толщиной не менее 0,5 мм при диаметре диффузного отражателя не более 15 мм. Так, для мини-спектрометра RT-30S диаметр диффузного отражателя составляет 12 мм.

Корпус рабочей головки может быть изготовлен из любого оптически непрозрачного в рабочем диапазоне спектрометра материала, водонепроницаемого и химически устойчивого к воздействию анализируемых образцов. Для широкого класса образцов таким свойством обладают, например, нержавеющая сталь и некоторые виды пластмасс.

Область техники

Настоящая полезная модель относится к анализаторам состава веществ, в частности - к анализаторам спектрального диапазона 250 - 2500 нм для определения химического состава твёрдых монокристаллических или сыпучих веществ, или их комбинаций.

#### Уровень техники

Известны различные анализаторы состава веществ. Однако, как правило, они обладают большими размерами и весом, длительным временем анализа образцов, высоким энергопотреблением, используют дорогостоящие оптические и электронные компоненты.

Из недорогих компактных спектральных анализаторов веществ известен мини-спектрометр для смартфона, (см. полезную модель RU 184760 U1, заявл. 28.06.2018, публ. 07.11.2018). Указанный мини-спектрометр состоит из непрозрачного корпуса, в котором расположены: акриловый световод, щелевая камера с входной щелью, расположенной под углом  $35^\circ$ , монокристаллическое акриловое тело, на входной поверхности которого вклеена проходящая пластиковая дифракционная решетка, выходная поверхность среза под углом  $45^\circ$ , покрыта алюминием и фторидом магния, служит выходным зеркалом, выполненным с возможностью проецирования спектра на камеру смартфона для его регистрации и обработки. Хотя заявленный прибор и имеет малые габариты при своей простоте изготовления, используемый оптический материал типа акрила, а также интеграция со штатной цифровой камерой смартфона ограничивают область применения данного мини-спектрометра видимым спектральным диапазоном от 400 до 700 нм.

Из светодиодных анализаторов веществ известен анализатор состава жидкостей и твёрдых веществ, (см. евразийскую заявку на изобретение № 201600067 <http://www.eapatis.com/Data/EATXT/eapo2018/PDF/030530.pdf>), который содержит плату с фотодиодом, кольцевую плату со светодиодами, расположенную над платой с фотодиодом, металлическую крышку-отражатель для фокусировки излучения, защитное стекло и корпус. Недостатками заявленной в изобретении оптической головки являются низкая эффективность кольцевой крышки-отражателя с вертикальной цилиндрической отражающей поверхностью, слабая равномерность освещения исследуемого образца по рабочему полю зрения фотодиода, высокие требования к минимальным размерам исследуемых образцов, так как образцы должны полностью перекрывать поле зрения фотодиода для корректного измерения их спектров отражения.

Наиболее близкий аналог - рабочая головка светодиодного мини-спектрометра, (см. полезную модель RU 178439 U1, заявл. 25.08.2017, публ. 04.04.2018), содержащая корпус, в котором расположены светодиодный излучатель и широкополосный фотодиод, установленные на общей кольцевой плате. Корпус головки имеет форму полусферы, внутренняя поверхность которой выполнена зеркальной, а широкополосный фотодиод расположен в фокусе сферической стороны корпуса головки. Кольцевая плата расположена параллельно плоской стороне корпуса. Светодиодные чипы расположены на кольцевой плате с её стороны, обращенной к плоской стороне корпуса головки, а широкополосный фотодиод расположен на противоположной стороне кольцевой платы.

В прототипе решена задача эффективного получения отражённого от образца излучения при помощи полусферического отражателя, в фокусе которого находится фотодиод, однако высокие требования к минимальным размерам образцов остаются, при том, что минимальный размер образца по-прежнему определяется внутренним диаметром кольцевой платы, на которой должны уместиться в свою очередь светодиоды. Другим недостатком конструкции является невозможность использования в ней более

одного фотодиода, для расширения рабочего спектрального диапазона за рамками заявленных авторами 900 ... 2500 нм, так как сферическое зеркало имеет только один фокус. Также заявленная конструкция не решает эффективно проблему равномерного диффузного освещения образца по полю зрения фотодиода из-за зеркальной поверхности отражателя, которая может давать нежелательные блики и засветки, требует использования светодиодов одинакового типа с широкими углами освещения, которые могут не выпускаться производителями для определённых областей спектра.

#### Краткое описание чертежей

На фиг. 1 представлено боковое сечение по оси симметрии варианта реализации рабочей головки светодиодного спектрометра на основе двухканального фотодиода.

На фиг. 2 изображено торцевое сечение в плоскости А - А рабочей головки светодиодного спектрометра, согласно фиг. 1.

На фиг. 1 и 2 цифрами обозначены следующие элементы конструкции: анализируемый образец вещества 1, внешний корпус 2, защитное стекло 3, полусферический отражатель 4, широкополосный фотодиод 5, светодиодные излучатели 6, оптоволоконные световоды 7, плата-фиксатор световодов 8, стойка-крепление фотодиода 9, светодиодная плата 10, крепёжные стойки 11 и разъём для фотодиода 12.

На фиг. 3 представлено изображение беспроводного светодиодного мини-спектрометра RT-30S без внешнего корпуса с рабочей головкой по предлагаемой полезной модели, как вариант её применения.

#### Раскрытие сущности полезной модели

Настоящая полезная модель направлена на решение выявленных недостатков, возникающих при использовании известных устройств, в виде увеличения ширины возможного рабочего спектрального диапазона светодиодного спектрометра, снижения требований к минимальным размерам анализируемых образцов и повышения точности измерений.

Для решения указанных проблем предложена рабочая головка светодиодного спектрометра (см. фиг. 1), предназначенная для определения химического состава твёрдого монолитного или сыпучего вещества 1, или их комбинаций, содержащая размещённые последовательно в несущем корпусе 2 вдоль геометрической оси устройства: защитное стекло 3 с пропусканием в рабочем диапазоне длин волн, закреплённое во входном отверстии корпуса, фокусирующий излучение полусферический отражатель 4 и широкополосный фотодиод 5, а также светодиодные излучатели 6, размещённые симметрично относительно геометрической оси по окружности и имеющие максимумы спектра излучения на разных длинах волн. Полусферический отражатель 4 имеет внутреннюю матовую (диффузную) поверхность, фокус которой находится на геометрической оси устройства и совмещён с наружной плоскостью защитного стекла 3, причём отражатель 4 имеет отверстие в области его пересечения с этой осью, в котором размещён широкополосный фотодиод 5 и ориентирован в направлении защитного стекла 3, а размещённые за внешней стороной отражателя светодиодные излучатели 6 снабжены оптоволоконными световодами 7 с их элементами крепления 8, при этом противоположная часть этих световодов закреплена в каналах корпуса отражателя 4, расположенных по окружности с центром на геометрической оси, причём оси этих каналов, а также направление выходящего из световодов 7 излучения, сходятся в фокусе отражателя 4, на внешней поверхности защитного стекла 3.

Благодаря конструкции предлагаемой рабочей головки, излучение от светодиодного излучателя фокусируется в центре области наблюдения анализируемого образца 1, а после его взаимодействия с ним эффективно собирается фотодиодом 5. При этом

излучение, не попавшее в фотодиод, отражается диффузным полусферическим зеркалом 4 и также попадает в центр области наблюдения образца 1, что не обеспечивают известные аналогичные конструкции. Матовая поверхность диффузного отражателя гарантирует отсутствие бликов и паразитной засветки, которые могут вносить  
 5 существенные погрешности в измерение спектра отражения даже при небольшом смещении или вращении образца. Использование оптического волокна для фокусировки излучения светодиодов позволяет существенно уменьшить радиус окружности вокруг фотодиода, на которой расположены центры источников подсветки анализируемого образца, тем самым позволяя в рамках предложенной конструкции исследовать более  
 10 мелкие образцы, которые нельзя корректно анализировать известными аналогами светодиодных спектрометров, так как они не перекрывают поле зрения фотодиода. Также предлагаемая рабочая головка позволяет расширить возможный рабочий диапазон спектрометра за счёт использования двух и более широкополосных сенсорных фотодиодов, устанавливаемых в предназначенное отверстие полусферического  
 15 отражателя, потому что фокусировка излучения идёт непосредственно на образец, а не на фотодиод от образца, как это реализовано в прототипе.

Подробное описание предпочтительного варианта реализации

Имеется множество вариантов реализации, которые определяются решаемым классом задач тем спектрометром, в составе которого находится рабочая головка, изготовленная  
 20 в рамках предлагаемой полезной модели. Ниже рассматривается вариант реализации предпочтительный с точки зрения наиболее полного раскрытия возможностей данной полезной модели.

Хотя бы у светодиодного излучателя в рамках предлагаемой полезной модели может быть множество вариантов реализации, так как к сегодняшнему моменту выпускается  
 25 большое разнообразие светодиодных чипов, которые обеспечивают подсветку сразу в нескольких независимых спектральных областях. Например, конкретно в нашем варианте реализации полезной модели, как составной части беспроводного мини-спектрометра RT-30S спектрального диапазона 250-2400 нм, см. <http://rastr.net/product/special/ndt-system/rt-30s>, используется 30 независимых областей светодиодной подсветки,  
 30 при том, что самих светодиодов на плате светодиодного излучателя содержится только 16 штук, от которых заходит в диффузный отражатель 16 жил оптоволокну, см. фиг. 3. Использование светодиодных сборок предпочтительнее, так как они обеспечивают более высокую интегральность электронной части конструкции и повышают технологичность изготовления рабочей головки. Также предпочтительнее использовать  
 35 безлинзовые компактные светодиоды поверхностного монтажа с широкими углами освещения, чтобы можно было заводить оптоволокну вплотную к ним, что снижает световые потери и повышает компактность конструкции. При этом предлагаемая рабочая головка не накладывает ограничений на типы используемых светодиодов или их габариты, поэтому на фиг. 1 изображены специально разные типы светодиодов 6.  
 40 Выбранное число независимых зон подсветки в 30 также неслучайно, так как обеспечивает почти максимальные возможности по спектральному разрешению для светодиодных спектрометров в рабочем диапазоне используемого двухканального фотодиода 250-2600 нм, с учётом номенклатуры выпускаемых сейчас светодиодов и ширины их спектров излучения.

В качестве элементов крепления оптоволокну 8 со стороны светодиодного излучателя (см. фиг. 1) предпочтительнее использовать круглую плоскую плату со сквозными  
 45 отверстиями-каналами под оптоволокну 7, отвечающими центрам светодиодов 6, расположенных на светодиодной плате 10, при этом эффективный вариант крепления

платы-фиксатора 8 к светодиодной круглой плате 10 тремя крепёжными стойками 11, которые располагаются в вершинах правильного треугольника, см. фиг. 2.

Для повышения надёжности и удобства сборки конструкции широкополосный фотодиод 5 (см. фиг. 1) предпочтительно установить на стойку-крепление 9 с отверстиями под его выводы. При этом выводы фотодиода заходят в разъём 12, размещённый на плате 10. Стойка-крепление 9 может закрепляться на плате-фиксаторе световодов 8 с помощью клея или при помощи болтов, см. фиг. 3. Как вариант, плата-фиксатор 8 и стойка-крепление 9 могут быть единой деталью, изготовленной на станке или распечатанной на 3D-принтере.

Вместо двухканального фотодиода 250-2600 нм, содержащего в одном корпусе два разноспектральных фотодиода, возможно использование двух независимых фотодиодов: один, например, с чувствительным элементом на основе кремния (Si) в области 250-1100 нм, а другой - на основе Индий-Галлий-Мышьяка (InGaAs) для области 800-2600 нм, но это скажется отрицательно на технологичности конструкции, габаритах полусферического отражателя и, как следствие, на возможности анализировать более мелкие образцы.

Для различных областей излучения используется предназначенный для него тип световода или оптоволокну. Например, для мини-спектрометра RT-30S используется 2 типа оптоволокну, потому что для ультрафиолетовых светодиодов с максимумами излучения менее 430 нм важно использовать оптоволокну, выпускаемое для передачи УФ-излучения с устойчивой к воздействию ультрафиолета оптической жилой. В конструкции предпочтительнее использовать толстое оптоволокну, с диаметром оптических жил от 400 мкм, чтобы в него эффективно заходило излучение светодиодов. С другой стороны, с ростом толщины жил оптоволокну возрастает минимально допустимый радиус его изгиба, что закономерно увеличивает габариты конструкции. Хорошим компромиссом между габаритами головки спектрометра и её оптической эффективностью является выбор оптоволокну с толщиной оптической жилы в 800 мкм при допустимом радиусе изгиба в 55 мм, что отвечает диаметру платы светодиодного излучателя примерно в 60 мм.

Диффузный полусферический отражатель изготавливают из материала, эффективно отражающего свет в спектральном диапазоне используемых в конструкции спектрометра светодиодов. Для рассматриваемого варианта реализации с рабочим диапазоном 250-2400 нм такими свойствами обладают, например, алюминий с коэффициентом диффузного отражения от 0,72 до 0,98 (см., например, [http://elektrosteklo.ru/Al\\_rus.htm](http://elektrosteklo.ru/Al_rus.htm)) или более трудная для обработки керамика из его оксида с коэффициентом отражения не менее 0,9 (см., например, <https://www.bj-laseri.com/ru/Керамический-отражатель-из-оксида-алюминия-p.html>).

Защитное стекло может быть изготовлено из любого материала, имеющего высокий коэффициент пропускания излучения в спектральном диапазоне 250 - 2500 нм светодиодного излучателя. Предпочтительным для этого материалом является, например, кварцевое оптическое стекло. Разумеется, чем меньше толщина защитного стекла, тем лучше его пропускание, однако из соображений прочности целесообразно использовать защитное стекло толщиной не менее 0,5 мм при диаметре диффузного отражателя не более 15 мм. Так, для мини-спектрометра RT-30S диаметр диффузного отражателя составляет 12 мм.

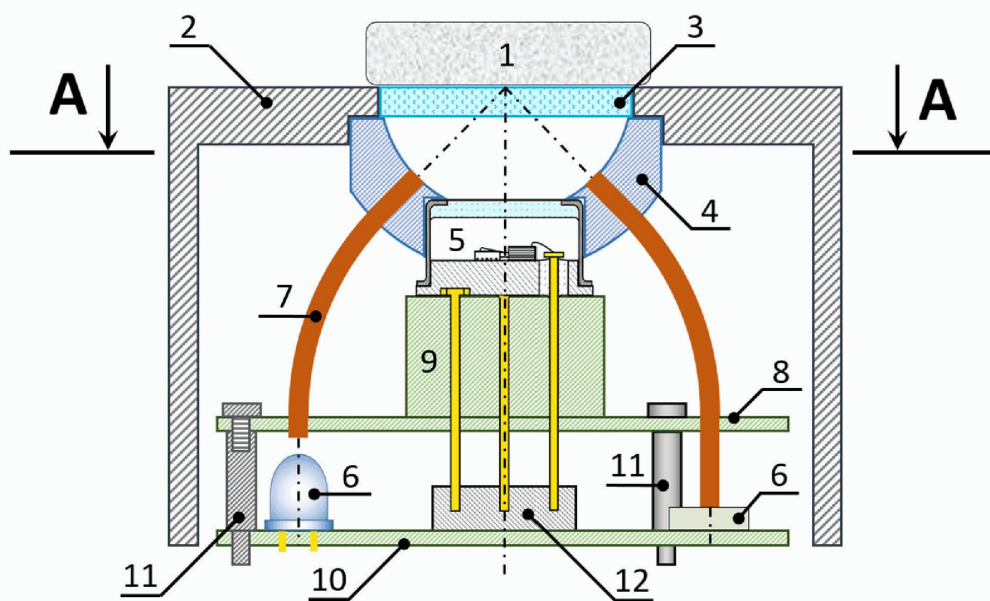
Корпус рабочей головки может быть изготовлен из любого оптически непрозрачного в рабочем диапазоне спектрометра материала, водонепроницаемого и химически устойчивого к воздействию анализируемых образцов. Для широкого класса образцов

таким свойством обладают, например, нержавеющей сталь и некоторые виды пластмасс.

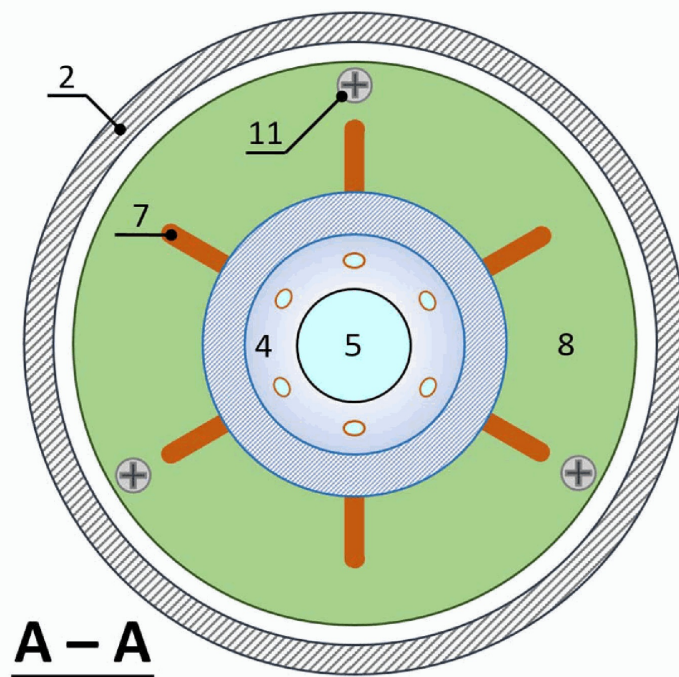
(57) Формула полезной модели

Рабочая головка светодиодного спектрометра, содержащая размещённые  
5 последовательно в несущем корпусе вдоль геометрической оси устройства: защитное  
стекло с пропусканием в рабочем диапазоне длин волн, закреплённое во входном  
отверстии корпуса, фокусирующий излучение полусферический отражатель и  
широкополосный фотодиод, а также светодиодные излучатели, размещённые  
10 симметрично относительно геометрической оси по окружности и имеющие максимумы  
спектра излучения на разных длинах волн, отличающаяся тем, что полусферический  
отражатель имеет внутреннюю матовую поверхность, фокус которой находится на  
геометрической оси устройства и совмещён с наружной плоскостью защитного стекла,  
при этом отражатель имеет отверстие в области его пересечения с этой осью, в котором  
15 размещён широкополосный фотодиод и ориентирован в направлении защитного стекла,  
а размещённые за внешней стороной отражателя светодиодные излучатели снабжены  
оптоволоконными световодами с их элементами крепления, при этом противоположная  
часть этих световодов закреплена в каналах корпуса отражателя, расположенных по  
окружности с центром на геометрической оси, причём оси этих каналов, а также  
20 направление выходящего из световодов излучения сходятся в фокусе отражателя, на  
внешней поверхности защитного стекла.

1

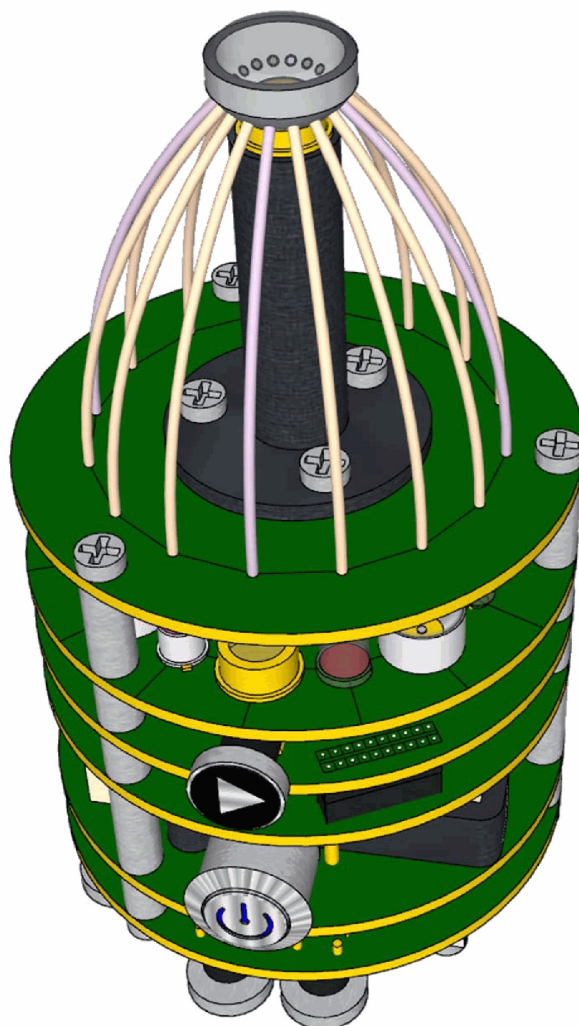


Фиг. 1



Фиг. 2

2



Фиг. 3

Трёхмерные модели:

*Трёхмерная модель 1*