РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 246459

Рабочая головка светодиодного спектрометра

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

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

Заявка № **2026110367**
Приоритет полезной модели **08 апреля 2026 г.**
Дата государственной регистрации в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации **12 октября 2026 г.**
Срок действия исключительного права на полезную модель истекает **08 апреля 2036 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 0692e7c1a6300bf54f240f676bca2026
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 10.07.2026 по 03.10.2027

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11) 246 459 (13) U1

(51) МПК
G01J 3/02 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01J 3/02 *(2026.05)*

(21)(22) Заявка: **2026110367, 08.04.2026**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
08.04.2026

Дата регистрации:
12.10.2026

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **08.04.2026**

(45) Опубликовано: **12.10.2026** Бюл. № **29**

Адрес для переписки:
117593, Москва, Соловьиный пр-д, 4, к. 1, кв. 152, Бондаренко Андрей Викторович

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

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

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 219174 U1, 03.07.2023. WO 2017040622 A1, 09.03.2017. WO 2016164995 A2, 20.10.2016. EA 201000526 A1, 30.12.2010. WO 2021081263 A1, 29.04.2021. CN 106052871 A, 26.10.2016.**

(54) Рабочая головка светодиодного спектрометра

(57) Реферат:

Полезная модель относится к спектроскопии и касается рабочей головки светодиодного спектрометра. Рабочая головка содержит 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 симметрично относительно геометрической оси по окружности и имеющие максимумы спектра излучения на разных длинах волн. Полусферический отражатель имеет внутреннюю матовую (диффузную) поверхность, фокус которой находится на геометрической оси устройства и совмещён с наружной плоскостью защитного стекла. Диффузный отражатель имеет отверстие в области его пересечения с геометрической осью устройства, где размещён широкополосный фотодиод и ориентирован в направлении защитного стекла. Отражатель состоит из двух непрозрачных частей, соединённых вместе кольцевой рассеивающей линзой, прозрачной для рабочего диапазона излучения светодиодов, представляющей радиально симметричную фигуру, ограниченную сверху полусферической поверхностью, а снизу и с боков - коническими поверхностями с прямым углом между их диаметрально противоположными образующими, причём оси зеркальной симметрии диаметральных сечений кольцевой рассеивающей линзы лежат на конической поверхности с прямым углом между её диаметрально противоположными образующими, вершина которой расположена в фокусе полусферического отражателя. Технический результат заключается в расширении функциональных возможностей спектрометра за счёт исключения недостатков известных аналогов.

RU 246459 U1

RU 246459 U1

Область техники

Полезная модель относится к анализаторам состава веществ, в частности - к анализаторам спектрального диапазона 250-2500 нм для определения химического состава твёрдых монолитных 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°, монолитное акриловое тело, на входной поверхности 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. Хоть 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.

Другой известный аналог - рабочая головка светодиодного мини-спектрометра, (см. полезную модель RU178439 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 полезной модели RU 178439 U1 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.

Наиболее близким аналогом является ранее заявленная нами модель рабочей головки светодиодного спектрометра, см. полезную модель RU 219174 C1, заявл. 12.04.2023, публ. 03.07.2023. Наиболее близкий аналог содержит размещённые 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 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. Диффузный отражатель имеет отверстие в области его пересечения с геометрической осью устройства, где 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 направление выходящего из световодов излучения, сходятся в фокусе отражателя на внешней поверхности защитного стекла.

В ходе изготовления и эксплуатации мини-спектрометра по полезной модели RU 219174 C1 (см. Беспроводной светодиодный мини-спектрометр RT-12S, http://rastr.net/product/spectr/rt-12s.html), были выявлены следующие недостатки прототипа:

большое число ручных слесарных и сборочных операций, вызванных необходимостью сочленения оптоволоконных световодов с деталями рабочей головки;

отсутствие унификации одной оптической головки для различного числа светодиодов;

низкая оптическая эффективность конструкции, вызванная большими световыми потерями при использовании светодиодов стандартных габаритов: порядка 70-80% излучения светодиодов проходит мимо жил оптоволокна;

наибольший вклад в высоту конструкции вносит использование оптического волокна в силу необходимости соблюдения минимальных радиусов его изгиба при монтаже.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 представлено боковое сечение по оси симметрии предлагаемой модели 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, верхняя часть полусферического отражателя 4, кольцевая рассеивающая линза 5, нижняя часть полусферического отражателя 6, широкополосный фотодиод 7, светодиодные излучатели

8, светодиодная плата 9, крепёжные стойки 10.

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

На фиг. 4 показана рабочая головка, изображённая фиг. 3, со снятым отражателем, где показаны 12 светодиодных излучателей поверхностного монтажа, образующих 16 разноспектральных каналов светодиодной подсветки, по центру светодиодного круга расположен многоканальный фотодиод.

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 из верхней части 4 и нижней части 6, соединённых вместе кольцевой рассеивающей линзой 5, широкополосный фотодиод 7, а также светодиодные излучатели 8, размещённые симметрично относительно геометрической оси по окружности на печатной плате 9 и имеющие максимумы спектра излучения на разных длинах волн. Полусферический отражатель имеет внутреннюю матовую (диффузную) поверхность, фокус которой находится на геометрической оси устройства и совмещён с наружной плоскостью защитного стекла 3, причём нижняя часть отражателя 6 имеет отверстие в области его пересечения с этой осью, в котором размещён широкополосный фотодиод 7 и ориентирован в направлении защитного стекла 3, а размещённые за внешней стороной отражателя светодиодные излучатели 8 расположены по окружности с центром на геометрической оси. Рассеивающая линза 5 выполнена прозрачной для рабочего диапазона излучения светодиодов, представляет радиально симметричную фигуру, ограниченную сверху полусферической поверхностью, а снизу и с боков - коническими поверхностями с прямым углом между их диаметрально противоположными образующими, причём оси зеркальной симметрии диаметральных сечений кольцевой рассеивающей линзы лежат на конической поверхности с прямым углом между её диаметрально противоположными образующими, вершина, которой расположена в фокусе полусферического отражателя.

В заявляемой конструкции излучение, не попавшее в фотодиод, отражается частями 4 и 6 диффузного полусферического зеркала и также попадает в центр области наблюдения образца 1. Отказ от использования оптического волокна в пользу кольцевой рассеивающей линзы 5 позволяет при сохранении функциональных возможностей прототипа существенно повысить оптическую эффективность конструкции и однородность подсветки образца, снизить габариты, повысить надёжность, технологичность, а также унифицировать рабочую головку под разное число светодиодных излучателей.

Подробное описание предпочтительного варианта реализации

Ниже рассмотрен вариант реализации предпочтительный с точки зрения наиболее полного раскрытия возможностей предлагаемой полезной модели.

У светодиодного излучателя может быть множество вариантов реализации: в настоящее время выпускается большое разнообразие светодиодных чипов.

Использование светодиодных сборок предпочтительнее за счёт их более высокой интегральности, что повышает технологичность изготовления рабочей головки. Также предпочтительнее использовать безлинзовые светодиоды поверхностного монтажа с широкими углами освещения, что также повышает компактность конструкции.

Предлагаемая рабочая головка, как и прототип, не накладывает ограничений на типы используемых светодиодов или их габариты, поэтому на фиг. 1 изображены специально разные типы светодиодов 8.

Эффективен вариант крепления внешней части диффузного отражателя 4 к светодиодной круглой плате 9 тремя крепёжными стойками 10, которые располагаются в вершинах правильного треугольника, см. фиг. 2.

Вместо двухканального фотодиода 250-2600 нм, содержащего в одном корпусе два разноспектральных фотодиода, возможно использование двух независимых фотодиодов: один 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 рабочей головки и, как следствие, на возможности анализировать более мелкие образцы.

Диффузный полусферический отражатель изготавливают из материала, эффективно отражающего свет в спектральном диапазоне используемых в конструкции спектрометра светодиодов. Для рабочего диапазона 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) или 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). Чтобы минимизировать попадание света от поверхности отражателя напрямую в фотодиод для повышения точности измерений спектров отражения образцов, нижнюю часть отражателя возле фотодиода предпочтительно изготовить из материала с низкими коэффициентами диффузного отражения (не более 0,1) в рабочем диапазоне. Это может быть, например, чёрная керамика из оксида алюминия или покрытие чёрной матовой краской.

Защитное стекло может быть изготовлено из любого материала, имеющего высокий коэффициент пропускания излучения в рабочем спектральном диапазоне светодиодных излучателей. Предпочтительно, например, кварцевое оптическое стекло. Разумеется, чем меньше толщина защитного стекла, тем лучше его пропускание, однако из соображений механической прочности целесообразно выбрать толщину не менее 0,5 мм. В примере реализации на фиг. 3 и 4 при использовании серийно выпускаемых светодиодов поверхностного монтажа с типоразмерами от 0603 до 1206, толщина защитного кварцевого стекла составляет 0,5 мм, диаметр диффузного отражателя - 8 мм, а общие габариты светодиодного спектрометра - 40×40×16 мм.

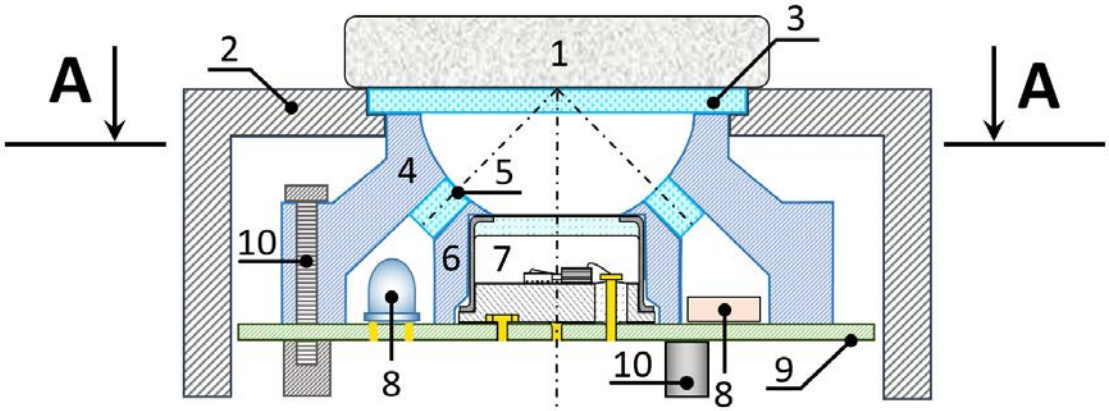
Корпус рабочей головки может быть изготовлен из любого оптически непрозрачного в рабочем диапазоне спектрометра материала, водонепроницаемого и химически стойкого к воздействию анализируемых образцов. Для беспроводного варианта реализации спектрометра на фиг. 3 и 4 дополнительно требуется радиопрозрачность материала его корпуса. Для широкого класса образцов указанными свойствами обладает, например, чёрный фторопласт марки Ф4К20.

(57) Формула полезной модели

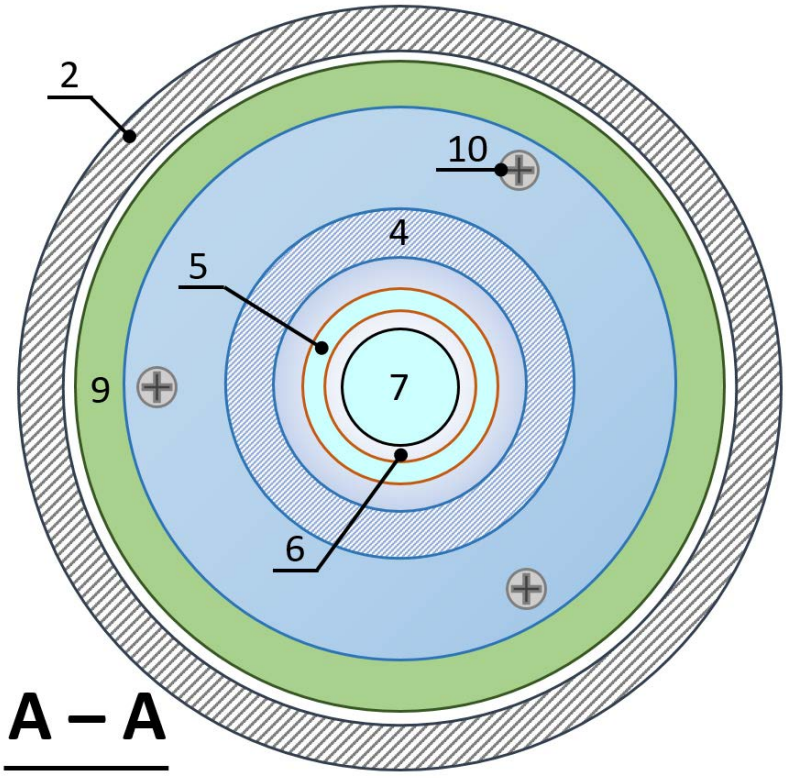
Рабочая головка светодиодного спектрометра, содержащая размещённые последовательно в несущем корпусе вдоль геометрической оси устройства: защитное стекло с пропусканием в рабочем диапазоне длин волн, закреплённое во входном

отверстии корпуса, фокусирующий излучение полусферический отражатель и широкополосный фотодиод, а также светодиодные излучатели, размещённые симметрично относительно геометрической оси по окружности и имеющие максимумы спектра излучения на разных длинах волн, причём отражатель имеет внутреннюю матовую поверхность, фокус которой находится на геометрической оси устройства и совмещён с наружной плоскостью защитного стекла, а также отверстие в области его пересечения с этой осью, где расположен широкополосный фотодиод и ориентирован в направлении защитного стекла, отличающаяся тем, что отражатель состоит из двух непрозрачных частей, с нижней частью, выполненной из материала с низкими коэффициентами диффузного отражения в рабочем диапазоне, которые соединены вместе кольцевой рассеивающей линзой, прозрачной для рабочего диапазона излучения светодиодов, представляющей радиально симметричную фигуру, ограниченную сверху полусферической поверхностью, а снизу и с боков – коническими поверхностями с прямым углом между их диаметрально противоположными образующими, причём оси зеркальной симметрии диаметральных сечений кольцевой рассеивающей линзы лежат на конической поверхности с прямым углом между её диаметрально противоположными образующими, вершина которой расположена в фокусе полусферического отражателя.

1

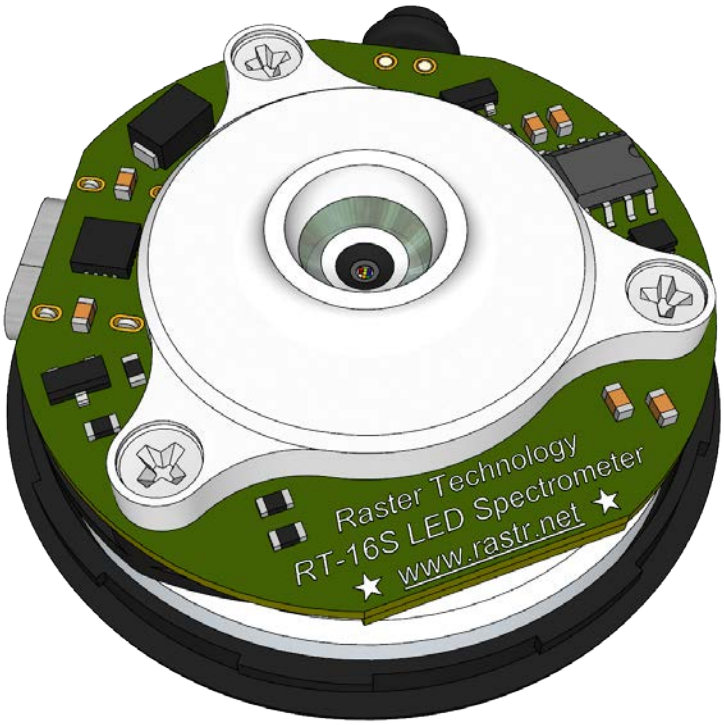


Фиг. 1

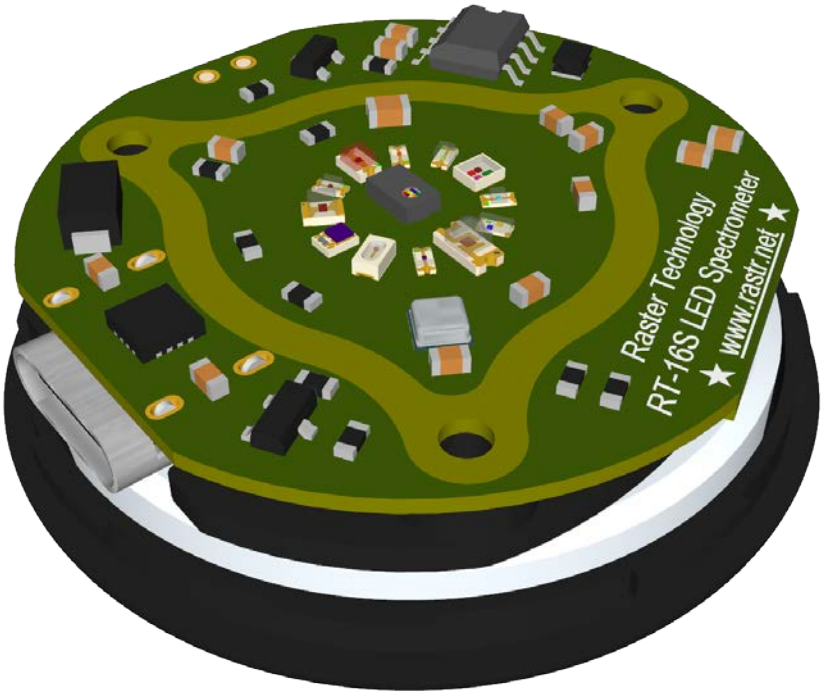


Фиг. 2

2


Raster Technology
RT-16S LED Spectrometer
www.rastr.net

Фиг. 3


Raster Technology
RT-16S LED Spectrometer
www.rastr.net

Фиг. 4