



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015127029, 04.12.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
04.12.2013

Дата регистрации:
04.12.2017

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
07.12.2012 FR 1261758;
07.12.2012 FR 1261757

(43) Дата публикации заявки: 12.01.2017 Бюл. № 2

(45) Опубликовано: 04.12.2017 Бюл. № 34

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 07.07.2015

(86) Заявка РСТ:
FR 2013/052941 (04.12.2013)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2014/087103 (12.06.2014)

Адрес для переписки:
109012, Москва, ул. Ильинка, 5/2, ООО
"Союзпатент"

(72) Автор(ы):

ОБЕРТИ Сильвен (FR),
ФУРНЕЛЬ Жоан (FR)

(73) Патентообладатель(и):
СПЗХ (FR)

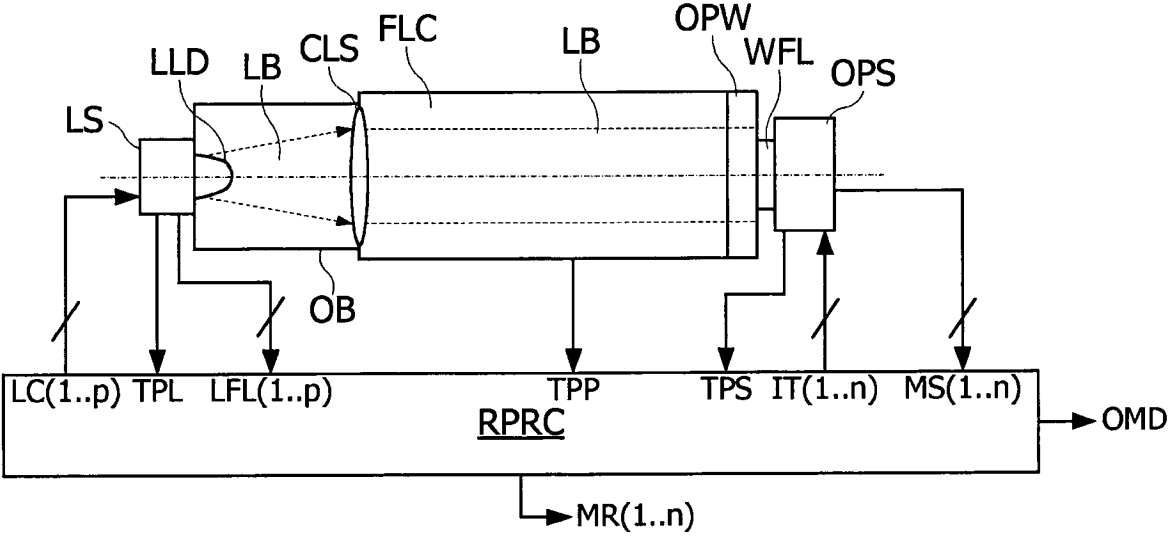
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 20110313635 A1, 22.12.2011. US
20020179815 A1, 05.12.2002. WO 2008129453
A1, 30.10.2008. RU 2427822 C1, 27.08.2011.

(54) БОРТОВОЕ УСТРОЙСТВО И СПОСОБ АНАЛИЗА ТЕКУЧЕЙ СРЕДЫ В ТЕПЛОВОМ
ДВИГАТЕЛЕ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области спектрального анализа и касается спектрометра и способа управления спектрометром. Спектрометр включает в себя источник света, содержащий несколько светодиодов, спектры излучения которых охватывают в комбинации анализируемую полосу длин волн, датчик с фоточувствительными элементами, расположенными на пути светового пучка после его взаимодействия с анализируемым веществом, и устройство управления, предназначенное для регулирования заданных значений тока питания светодиодов источника света и времени интегрирования фоточувствительных элементов. Устройство управления выполнено с

возможностью давать команду на подачу тока питания, по меньшей мере, на один из светодиодов для его включения и измерение силы света, излучаемого источником света. Сила света измеряется посредством измерения тока на контакте, по меньшей мере, одного из других светодиодов, которые остаются выключенными. В зависимости от каждого измерения силы света устройство управления определяет заданное значение силы тока каждого включенного светодиода и регулирует ток питания каждого включенного светодиода таким образом, чтобы он соответствовал заданному значению. Технический результат заключается в повышении точности и стабильности результатов измерений.



Фиг. 1

RU 2637388 C2

RU 2637388 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2015127029, 04.12.2013**(24) Effective date for property rights:
04.12.2013

Registration date:
04.12.2017

Priority:

(30) Convention priority:
07.12.2012 FR 1261758;
07.12.2012 FR 1261757

(43) Application published: **12.01.2017** Bull. № 2(45) Date of publication: **04.12.2017** Bull. № 34(85) Commencement of national phase: **07.07.2015**

(86) PCT application:
FR 2013/052941 (04.12.2013)

(87) PCT publication:
WO 2014/087103 (12.06.2014)

Mail address:
109012, Moskva, ul. Ilinka, 5/2, OOO "Soyuzpatent"

(72) Inventor(s):

OBERTI Silven (FR),
FURNEL Zhoan (FR)

(73) Proprietor(s):

SPZKH (FR)(54) **BOARD DEVICE AND METHOD OF ANALYSIS OF FLUID ENVIRONMENT IN THERMAL ENGINE**

(57) Abstract:

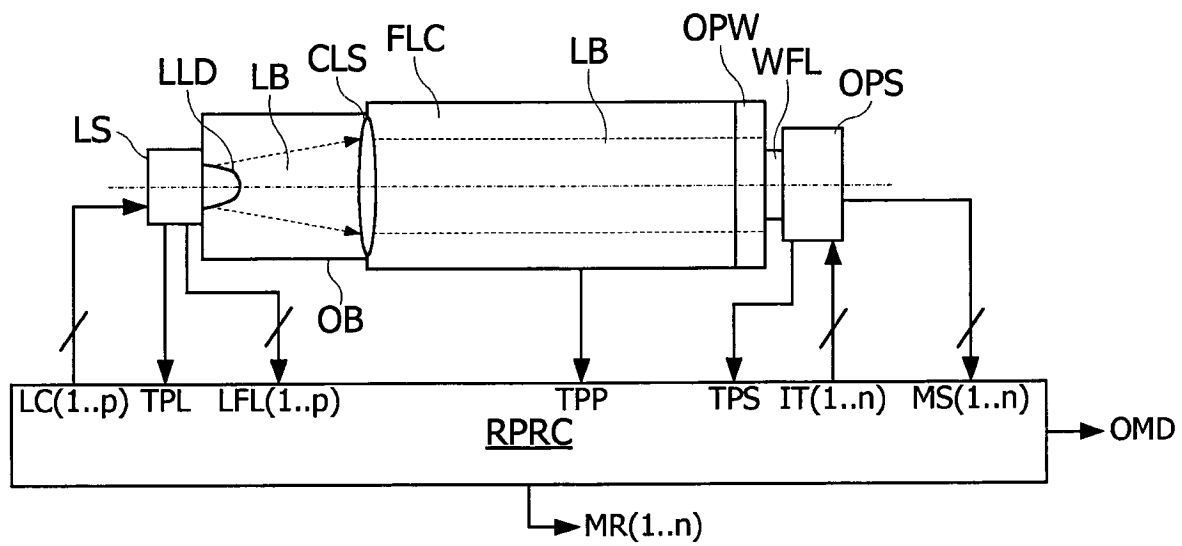
FIELD: physics.

SUBSTANCE: spectrometer includes a light source containing several LEDs, the emission spectra of which cover, in combination, the analyzed wavelength band, a sensor with photosensitive elements located in the path of the light beam after its interaction with the analyte, and a control device for adjusting the set values of supply current of the light source LEDs and the integration time of the photosensitive elements. The control device is configured to command a supply of power to, at least, one of the LEDs to turn on the light

and measure the intensity of light emitted from the light source. The light intensity is measured by measuring current at the contact of, at least, one of the other LEDs that remain off. Depending on each of measurement of luminous intensity, the control device determines the set current value of each enabled LED and adjusts supply current of each LED enabled so that it matches the specified value.

EFFECT: increasing the accuracy and stability of measurement results.

23 cl, 8 dwg



Фиг. 1

Настоящее изобретение относится к анализу текучих сред методом спектрометрии. Настоящее изобретение находит свое применение, в частности, но не исключительно для анализа текучих сред в тепловом двигателе, в частности, для анализа углеводородов, используемых в качестве топлива в таком двигателе. Этот анализ касается всех тепловых двигателей, то есть двигателей, применяемых на наземном, морском и воздушном транспорте, военных двигателей или стационарных двигателей.

Ужесточение норм, регламентирующих охрану окружающей среды, требует от конструкторов и пользователей тепловых двигателей вести поиск оптимизации расхода топлива и снижения вредных выбросов двигателей. Однако, как выяснилось, некоторые характеристики топлива, такие как его состав, напрямую влияют на характеристики и нормальную работу тепловых двигателей. Выяснилось также, что некоторые из этих характеристик могут меняться, в частности, в случае топлива на основе углеводородов, в частности, в зависимости от происхождения топлива. Действительно, считается, что некоторые характеристики, такие как состав топлива на основе углеводородов, могут меняться на 15-40% и даже больше. Вместе с тем, знание этих характеристик позволяет определять некоторые параметры регулирования двигателя, чтобы снижать расход топлива и вредные выбросы двигателя. Кроме того, знание качественных характеристик топлива позволяет обнаруживать загрязнения или аномалии этого топлива и, следовательно, предупреждать негативные последствия для двигателя или транспортного средства в целом.

Следовательно, необходимо анализировать такие характеристики, как состав топлива питания теплового двигателя, и учитывать полученные результаты для коррекции рабочих параметров двигателя. В связи с этим для анализа углеводородов или углеводородных смесей применяют спектрометрию в близкой инфракрасной области (700-2500 нм).

Датчик, основанный на спектрометрии, в частности, в близкой инфракрасной области, содержит спектрометр и вычислительное устройство обработки данных, позволяющее преобразовать необработанные выходные сигналы (необработанный спектр) спектрометра в качественную характеристику измеряемого вещества. Спектрометр содержит источник света, который охватывает по меньшей мере одну полосу длин волн, в которой необходимо осуществлять анализ, измерительную ячейку, в которой взаимодействуют свет, излучаемый источником света, и анализируемое вещество, и датчик, который выдает спектр света на выходе измерительной ячейки. Спектрометр может измерять спектр анализируемого вещества при пропускании, отражении или поглощении светового пучка, излучаемого источником света. Спектрометр в основном характеризуется своим спектральным диапазоном анализа (ширина и положение генерируемого спектра), своей чувствительностью анализа или числом точек измерения, образующих генерируемый спектр, и своей точностью измерения.

Современные спектрометры, как правило, разработанные для лабораторий или для дорогих и сложных промышленных установок, не адаптированы к окружающей среде теплового двигателя и, в частности, к окружающей среде автомобиля, где они могут подвергаться воздействию сильных вибраций и экстремальных температур. Не говоря уже о своей сложности, высокой стоимости, относительно большом габарите и необходимости обслуживания, эти приборы требуют применения многочисленных оптических компонентов, что связано с жесткими требованиями, относящимися к наладке, манипулированию и хранению.

Поэтому существует необходимость в реализации спектрометра, совместимого с масштабами серийного производства, имеющего стоимость, соотносимую со стоимостью

автомобильных компонентов, и адаптированного к окружающей среде автомобиля. Для этого особый интерес представляет использование одного или нескольких светодиодов (LED) в качестве источника света.

Однако при этом следует отметить, что измеряемый спектр, который является характеристикой качества и/или состава анализируемого вещества, подвержен влиянию внешних факторов, таких как температура, и также характеристик спектра светового пучка, взаимодействующего с анализируемым веществом. К тому же светодиоды подвержены старению, поэтому их спектр излучения меняется в течение времени, как указано в статье из LED Journal "LED lighting Life Prediction", Jianzhong Jiao, Ph. D., Director of Regulations & Emerging Technologies, Osram Opto Semiconductors, Inc, Oct. 2009. Кроме того, как известно и доказано, спектрометр в близкой инфракрасной области является чувствительным к температуре (что описано, например, в публикации "On-line monitoring of batch cooling crystallization of organic compounds method" - Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems 96 (2009) 49-58, Zeng-Ping Chen, Julian Morris, Antonina Borissova, Shahid Khan, Tariq Mahmud, Rado Penchev, Kevin j. Roberts). Таким образом, инфракрасный спектрометр, использующий свет на основе светодиода, оказывается исключительно чувствительным к температуре. Действительно, спектр излучения светодиода значительно меняется как по интенсивности, так и по отклонению длины волны от максимального пика, когда температура меняется всего на несколько градусов, как показано в публикации "Temperature Dependence of LED and its Theoretical Effect on Pulse Oximetry", British Journal of Anaesthesia, 1991, Vol. 67, No 5 638-643 (K.J. Reynolds, B.A., M.SC, J.P. De Kock, B.A., L. Tarassenko, M.A., D.PHIL., C.EKG., M.I.E.E. and J.T.B. Moyle, M.B., I.ENG., M.rNST.M.c, M.I.ELEC.I.E.).

Однако датчик, связанный с тепловым двигателем, установленным, в частности, на транспортном средстве, должен работать в очень широком температурном диапазоне (в зависимости от применения современные стандарты предусматривают температурные диапазоны от -40°C до +105°C и даже до +150°C). Кроме того, бортовые датчики должны гарантированно иметь большой срок службы (в зависимости от применения современные стандарты предусматривают срок службы от нескольких тысяч часов до нескольких сотен тысяч часов). Поэтому для обеспечения нормальной работы спектрометра крайне необходимо контролировать в реальном времени влияние температуры и старения источника света для обеспечения качественного определения анализируемого вещества, которое должно быть точным и надежным.

Следовательно, необходимо также разработать спектрометр, выдающий стабильный спектральный сигнал, с максимально постоянным соотношением сигнал/шум, причем в широком диапазоне изменения окружающей температуры и на длительный срок работы.

Согласно вариантам выполнения, предложен способ управления спектрометром для анализа вещества, при этом спектрометр содержит источник света, содержащий несколько светодиодов, спектры излучения которых охватывают в комбинации полосу длин волн анализа, при этом способ содержит этапы, на которых: подают ток питания по меньшей мере на один из светодиодов для его включения и измеряют силу света, излучаемого источником света, посредством измерения тока на контакте по меньшей мере одного из других светодиодов, который остается выключенным, в зависимости от каждого измерения силы света определяют заданное значение силы тока каждого включенного светодиода и регулируют ток питания каждого включенного светодиода таким образом, чтобы он соответствовал заданному значению.

Согласно варианту выполнения, способ содержит этапы, на которых осуществляют

последовательное включение групп по меньшей мере из одного светодиода, при этом светодиоды одной группы имеют по существу идентичные спектры излучения, тогда как другие светодиоды остаются выключенными, измерение силы света для каждого из других остающихся выключенными светодиодов и регулирование, в зависимости от
5 каждого полученного измерения силы света, заданного значения тока питания включенного светодиода.

Согласно варианту выполнения, способ содержит этапы, на которых: в зависимости от измерений силы света определяют значение времени интегрирования фоточувствительных элементов датчика спектрометра, расположенных на пути
10 светового пучка, излучаемого источником света и взаимодействовавшего с анализируемым веществом, и, если значение времени интегрирования и/или заданное значение тока питания каждого включенного светодиода находится в интервале между пороговыми значениями, на каждый включенный светодиод подают ток питания, регулируемый в зависимости от заданного значения тока питания, время интегрирования
15 каждого фоточувствительного элемента регулируют по определенному значению времени интегрирования, и при помощи каждого элемента датчика получают измерения силы света, позволяющие сформировать спектр.

Согласно варианту выполнения, определяют новые заданные значения тока питания каждого включенного светодиода и/или время интегрирования каждого элемента и
20 подают ток питания, соответствующий определенному заданному значению тока питания, на каждый включенный светодиод, пока определенное значение времени интегрирования не находится в интервале между пороговыми значениями.

Согласно варианту выполнения, заданное значение тока питания каждого включенного светодиода регулируют также в зависимости от измерения силы света, поступающего от светодиода источника света, и/или от измерения температуры
25 источника света, и/или от измерения силы тока или напряжения питания каждого включенного светодиода.

Согласно варианту выполнения, способ содержит тестовые этапы автоматической диагностики, включающие в себя по меньшей мере одно из следующих сравнений:
30 сравнения, чтобы определить, что измерения силы света и/или измерения тока питания, подаваемого на включенный светодиод, и/или измерения температуры источника света согласуются между собой и с каждым заданным значением тока питания включенного светодиода, сравнения заданного значения тока питания, подаваемого на каждый включенный светодиод, с минимальными и максимальными значениями, и, если одно
35 из сравнений приводит к выявлению дефекта, спектрометр переключают в режим работы с ухудшенными параметрами или в режим неисправности.

Согласно варианту выполнения, способ содержит этап коррекции измерений силы света с учетом отклонения температуры анализируемого вещества и/или температуры датчика от контрольной температуры таким образом, чтобы получить
40 скорректированные измерения силы света на основании измерений, произведенных при контрольной температуре, при этом скорректированные измерения образуют скорректированный спектр.

Согласно варианту выполнения, способ содержит этапы получения скорректированного спектра для каждого светодиода и суммирования полученных скорректированных спектров посредством применения коэффициентов взвешивания для получения результирующего спектра, и, в случае необходимости, вычисления
45 среднего значения результирующих спектров, при этом число усредненных спектров может зависеть от режима работы спектрометра, нормального или с ухудшенными

параметрами.

Согласно варианту выполнения, способ включает в себя калибровку спектрометра, в том числе: этапы определения минимального и максимального значений соответствия измерений силы света светового потока, производимого каждым светодиодом, с заданными значениями тока питания каждого из светодиодов и/или с температурой источника света, и/или этапы определения минимального и максимального заданных значений тока питания источника света, и/или этапы определения минимального и максимального значений времени интегрирования фоточувствительных элементов датчика, и/или этапы, осуществляемые в присутствии одного или нескольких контрольных веществ, для определения функции, дающей оптимальное время интегрирования фоточувствительного элемента датчика в зависимости от измерений силы света светового потока, производимого каждым светодиодом, и/или этапы, осуществляемые в присутствии одного или нескольких контрольных веществ, в ходе которых отдельно изменяют температуру источника света и/или температуру датчика, и/или температуру контрольного вещества, собирают измерения силы света, получаемые при помощи датчика, заданные значения тока питания светодиодов, элементов датчика, и измерения температуры, и определяют функцию, дающую скорректированное измерение силы света, соответствующее контрольной температуре, в зависимости от собранных измерений.

Согласно вариантам выполнения, предложен также спектрометр, содержащий источник света, содержащий несколько светодиодов, спектры излучения которых охватывают в комбинации полосу длин волн анализа, датчик, содержащий фоточувствительные элементы, расположенные на пути светового пучка после его взаимодействия с анализируемым веществом, и устройство управления, регулирующее заданные значения тока питания светодиодов источника света и время интегрирования фоточувствительных элементов, при этом устройство управления выполнено с возможностью осуществления описанного выше способа.

Согласно варианту выполнения, спектрометр выполнен с возможностью включения только одного светодиода источника света за один раз и с возможностью получения измерения силы света посредством измерения тока на контакте каждого из выключенных светодиодов источника света.

Согласно варианту выполнения, источник света выполнен с возможностью подачи на устройство управления напряжений и/или токов питания светодиодов.

Согласно варианту выполнения, светодиоды установлены в одном электронном компоненте, в случае необходимости, вместе с фотодиодом и/или температурным датчиком.

Согласно варианту выполнения, спектрометр содержит температурный датчик, выдающий измерения температуры источника света, и/или температурный датчик, выдающий измерения температуры датчика, и/или температурный датчик, выдающий измерения температуры анализируемого вещества.

Согласно варианту выполнения, спектрометр содержит измерительную ячейку, в которой анализируемое вещество взаимодействует со световым пучком, оптический элемент для формирования пучка на выходе источника света и его передачи в измерительную ячейку, фильтр длины волны, выполненный с возможностью пространственного распределения различных длин волн светового пучка на выходе измерительной ячейки и их передачи в различные фоточувствительные элементы датчика, при этом источник света, оптический элемент, измерительная ячейка, фильтр и датчик соединены таким образом, чтобы избегать образования воздушной зоны, через которую

может проходить световой пучок, между источником света и датчиком.

Далее следует описание не ограничительных примеров выполнения изобретения и осуществления способа со ссылками на прилагаемые чертежи, на которых:

фиг. 1 - схема спектрометра в соответствии с изобретением;

5 фиг. 2 - электронная схема управления источником света спектрометра согласно варианту выполнения;

фиг. 3А и 3В - спектры излучения светодиодов в виде кривых изменения силы излучаемого света в зависимости от длины волны;

10 фиг. 4 - спектры чувствительности светодиодов в виде кривых изменения силы генерируемого электрического тока в зависимости от длины волны;

фиг. 5 - электронная схема управления источником света спектрометра согласно другому варианту выполнения;

фиг. 6 - последовательность этапов, осуществляемая процессором регулирования спектрометра согласно варианту выполнения;

15 фиг. 7 - график, определяющий рабочие зоны спектрометра.

На фиг. 1 показан спектрометр, выполненный, в частности, с возможностью соблюдения специфических требований к датчику, установленному на транспортном средстве или на тепловом двигателе. Спектрометр содержит:

- источник света LS, излучающий световой пучок LB,

20 - оптический элемент CLS на основе линз для формирования пучка LB, производимого источником LS,

- измерительную ячейку FLC, в которой анализируемое вещество взаимодействует с пучком LB,

25 - фильтр длины волны WFL, позволяющий распределять в пространстве различные длины волн пучка LB на выходе ячейки FLC, и

- датчик OPS, который выдает измерения, позволяющие получить спектр света на выходе фильтра WFL.

Источник света LS охватывает по меньшей мере одну полосу длин волн, называемую полосой «анализа», в которой необходимо осуществлять измерения спектра. Оптический элемент CLS преобразует геометрию пучка и направляет его в измерительную ячейку FLC. Оптический элемент CLS может, например, содержать коллимационную линзу, которая позволяет получить пучок LB с параллельными лучами. Ячейка FLC содержит выходное окно OPW, пропускающее к датчику OPS свет после его взаимодействия с анализируемым веществом. Датчик OPS содержит несколько фоточувствительных элементов (n элементов) и принимает свет, пропускаемый окном OPW через фильтр WFL. Фильтр WFL распределяет длины волн, образующие свет, передаваемый измерительной ячейкой FLC на фоточувствительные элементы датчика OPS, таким образом, чтобы каждая ячейка датчика OPS принимала только сокращенный диапазон длин волн, принадлежащий к полосе длин волн, соответствующей генерируемому спектру. Фильтр WFL может быть, например, фильтром Фабри-Перро или фильтром линейного типа и может обеспечивать пространственный разброс длин волн порядка 2050 нм/мм. Датчик OPS может быть датчиком типа CCD или CMOS и может содержать колодку с набором из 20-200 фоточувствительных элементов.

40 Источник света LS содержит один или несколько светодиодов (р светодиодов), которые могут быть интегрированы в один электронный компонент, связанный с одной линзой LLD, концентрирующей световые лучи, излучаемые светодиодами, в пучок с небольшим телесным углом. Ток питания или прямое напряжение каждого из светодиодов можно измерять при помощи известного специалисту электронных средств.

Источник света LS можно закрепить на оптическом элементе CLS через оптический блок ОВ, через который проходит световой пучок LB, излучаемый источником LS, таким образом, чтобы не захватывать воздух в зоне, через которую проходит пучок. Оптический блок ОВ является прозрачным для анализируемых длин волн и может быть

5 сплошным или может быть полым и заполненным инертной текучей средой. Боковые стороны блока ОВ, через которые не проходит световой пучок, выходящий из источника SL, могут содержать непрозрачное покрытие, чтобы препятствовать утечкам света через эти стороны.

Фильтр WFL закреплен на окне OPW таким образом, чтобы не захватывать воздух

10 напрямую или через оптический блок, имеющий те же характеристики, что и описанные ранее для оптического блока ОВ. Точно так же, фильтр WFL закреплен на входном окне датчика OPS таким образом, чтобы не захватывать воздух напрямую или через оптический блок, который может иметь те же характеристики, что и описанные ранее для оптического блока ОВ.

15 Таким образом, спектрометр может быть моноблочным, что облегчает его хранение и манипулирование им в промышленных условиях. Юстировку различных оптических элементов, входящих в состав спектрометра, можно произвести раз и навсегда во время изготовления спектрометра. Отсутствие воздуха в зоне, через которую проходит световой пучок LB, между источником LS и датчиком OPS позволяет также избегать

20 любой возможности конденсации водяного пара в этой зоне, поскольку присутствие водяных капель на пути пучка LB может помешать анализу вещества в измерительной ячейке FLC.

Спектрометром управляют при помощи устройства управления и регулирования RPRC, которое регулирует ток питания LCx (где x является целым числом от 1 до p)

25 каждого светодиода, а также время интегрирования ITy (где y является целым числом от 1 до n) каждого фоточувствительного элемента у датчика OPS в зависимости от различных параметров, включая по меньшей мере один из следующих параметров: сила света LFLx светового потока, излучаемого светодиодами источника света LS, температура TPL источника света LS, температура TPR анализируемого вещества и

30 температура TPS датчика OPS. Время интегрирования ITy фоточувствительного элемента соответствует времени, в течение которого потенциальная яма фоточувствительного элемента остается в состоянии заряда под действием светового потока.

Согласно варианту выполнения, силу LFLx светового потока, излучаемого каждым светодиодом источника LS, измеряют при помощи остающихся выключенными

35 светодиодов источника LS (получающих нулевой ток питания), и в данный момент включены только один или несколько светодиодов источника LS. Для генерирования спектра измерения светодиоды источника включают последовательно группами по меньшей мере из одного светодиода, тогда как каждый по меньшей мере из части остающихся выключенными светодиодов источника LS используют как фотодиод для

40 измерения силы света, излучаемого источником LS. После включения группы по меньшей мере из одного светодиода спектр измеряют при помощи фоточувствительных элементов датчика OPS. Когда все светодиоды оказываются включенными по меньшей мере один раз в течение цикла включения светодиодов, полученные спектры комбинируют для получения искомого спектра измерения.

45 Согласно варианту выполнения, устройство регулирования RPRC осуществляет регулирование в режиме замкнутого контура одновременно тока питания LCx светодиодов источника LS и времени интегрирования ITy фоточувствительных элементов датчика OPS. Когда время интегрирования ITy достигает предельного значения, но

при этом на выходе датчика OPS не получают удовлетворительного сигнала (в интервале между двумя предельными значениями), производят коррекцию силы или напряжения тока питания LCx источника света. Это регулирование предназначено для стабилизации сигнала, принимаемого каждым из фоточувствительных элементов датчика, а также для минимизации влияния внешних факторов на само анализируемое вещество, таких как колебания окружающей температуры или старение светодиодов источника LS. Это регулирование позволяет спектрометру работать в очень широком температурном диапазоне, сохраняя при этом относительно постоянное во времени и однородное соотношение сигнал/шум в зависимости от длины волны и, следовательно, по существу постоянную чувствительность измерения.

Время интегрирования датчика OPS можно корректировать индивидуально для каждого фоточувствительного элемента датчика OPS, например, выбирая в качестве общего времени интегрирования минимальное из значений времени интегрирования ITy, определенных для каждого из элементов у.

Устройство регулирования RPRC получает измерение силы света MSy для каждого элемента у датчика OPS и может выдавать измерения MSCy, скорректированные в зависимости от различных параметров, таких как температура TPP анализируемого вещества и/или температура TPS датчика OPS.

На фиг. 2 показана электронная схема управления LSCC источником света LS согласно варианту выполнения. Как показано на фиг. 2, схема LSCC подключена к источнику света LS и соединена с устройством регулирования RPRC через модуль преобразования CVM, содержащий несколько аналого-цифровых преобразователей и несколько цифро-аналоговых преобразователей. Источник света LS содержит несколько светодиодов LD1, LD2, LD3, LD4. Схема LSCC содержит схемы регулирования тока REG1, REG2, REG3, REG4, усилители с регулируемым коэффициентом усиления АН, A12, A13, A14, A21, A22, A23, A24, переключатели CM1, CM2, CM3, CM4 и резисторы R1, R2, R3, R4. Катод каждого светодиода LD1-LD4 подключен к массе. Анод каждого светодиода LD1-LD4 соединен через соответствующий переключатель CM1-CM4 с входом одного из усилителей A21-A24 и с выходом одного из усилителей A11-A14.

Выход каждого из усилителей A21-A24 соединен с входом аналого-цифрового преобразователя модуля преобразования CVM, который передает в устройство RPRC цифровые значения измерения силы света LFL1, LFL2, LFL3, LFL4, поступающие от светодиодов LD1-LD4. Каждый усилитель A11-A14 соединен с источником напряжения питания AV через один из резисторов R1-R4. Каждый усилитель A11-A14 принимает на входе управления коэффициентом усиления сигнал управления током AC1-AC4, выдаваемый одним из регуляторов REG1-REG4. Каждый регулятор REG1-REG4 производит измерение тока питания I1-I4 светодиода LD1-LD4, с которым он соединен. Каждый регулятор REG1-REG4 получает заданное значение тока LC1-LC2, выдаваемое в цифровом виде устройством регулирования RPRC и преобразованное цифро-аналоговым преобразователем модуля CVM. Каждый регулятор REG1-REG4 регулирует один из сигналов управления током AC1-AC4 в зависимости от заданного значения тока LC1-LC4, которое он получает в зависимости силы тока I1-I4, измеряемой им на выходе усилителя A1-A4, коэффициентом усиления которого он управляет, таким образом, чтобы измеряемый ток I1-I4 соответствовал заданному значению тока LC1-LC4.

Схема LSCC или источник тока LS может содержать температурный датчик TSS для измерения температуры источника LS. Этот температурный датчик TSS подключен к аналого-цифровому преобразователю модуля CVM, который выдает в устройство

RPRC цифровые значения измерения температуры TPL источника LS.

Каждый регулятор REG1-REG4 может передавать измерение тока I1-I4 в аналого-цифровой преобразователь модуля CVM, который, в свою очередь, передает соответствующее цифровое значение в устройство RPRC. Точно так же, анод каждого светодиода LD1-LD4 может быть подключен к аналого-цифровому преобразователю модуля CVM, который выдает в устройство RPRC цифровое значение, характеризующее напряжение V1-V4 анода светодиода. Кроме того, светодиоды LD1-LD4 могут быть выполнены на одной полупроводниковой подложке и могут быть интегрированы в один компонент. Устройство RPRC может содержать соединитель для своего подключения через последовательную или параллельную шину DTB к вычислительному устройству и для передачи спектров измерения MR (1...n) и рабочего состояния OMD, а также, в случае необходимости других сигналов, например, связанных с измерениями, осуществляемыми на спектрометре.

В примере, представленном на фиг. 2, источник света LS содержит четыре светодиода LD1-LD4. Каждый светодиод может излучать свет со спектром в виде асимметричной кривой Гаусса. Так, на фиг. 3А показаны спектры излучения светодиодов LD1-LD4 в виде кривых C1-C4 изменения силы излучаемого света в зависимости от длины волны. Кривые C1-C4, показанные на фиг. 3А, были получены при постоянном значении тока питания, идентичном для всех светодиодов LD1-LD4. Значения силы света, показанные на оси ординат, являются нормализованными значениями. В примере, представленном на фиг. 3А, кривая C1 спектра светодиода LD1 имеет максимум силы света в значении 1 при длине волны, примерно равной 850 нм. Кривая C2 спектра светодиода LD2 показывает максимум силы света в значении около 0.92 при длине волны, примерно равной 890 нм. Кривая C3 спектра светодиода LD3 показывает максимум силы света в значении около 0.41 при длине волны, примерно равной 940 нм. Кривая C4 спектра светодиода LD4 показывает максимум силы света в значении около 0.22 при длине волны, примерно равной 970 нм. На фиг. 3 можно заметить, что, чем больше длина волны максимальной силы света, излучаемого светодиодом LD1-LD4, тем меньше эта сила света.

На фиг. 3В в виде кривых C1'-C4' изменения силы излучаемого света в зависимости от длины волны показаны спектры излучения светодиодов LD1-LD4 после коррекции тока питания LC1-LC4 каждого светодиода LD1-LD4 устройством регулирования RPRC. Все показанные на фиг. 3В кривые C1'-C4' имеют нормализованное максимальное значение силы света, равное 1. На фиг. 3В также в виде кривой CR показан комбинированный спектр излучения, излучаемый, когда диоды LD1-LD4 включены одновременно при скорректированном токе питания LC1-LC4. В примере, представленном на фиг. 3В, комбинированный спектр излучения источника света растянут примерно от 840 до 980 нм. Следует отметить, что цифровые значения на фиг. 3А и 3В представлены в качестве примера и могут меняться, в частности, в зависимости от условий изготовления светодиодов.

На фиг. 4 показаны спектры чувствительности светодиодов LD1-LD4 в виде кривых C11-C14 изменения силы генерируемого тока в зависимости от длины волны. Эти спектры были получены путем измерения силы тока, генерируемого каждым светодиодом LD1-LD4, когда его светоизлучающая поверхность экспонируется световым потоком 1 мВт/см^2 и в отсутствие тока питания. Как показано на фиг. 4, ток, генерируемый светодиодами LD1-LD4, достигает нескольких десятых мкА, когда на светодиод действует световой поток в 1 мВт/см^2 .

Согласно варианту выполнения, переключателями CM1-CM4 управляют таким

образом, чтобы включать только один из светодиодов LD1-LD4 за один раз, при этом все другие светодиоды выключены (не получают тока питания) и работают как фотодиоды. Выключенные светодиоды выдают, каждый, измерение LFL1-LFL4 (три измерения из четырех возможных) силы света, генерируемого включенным светодиодом, в их соответствующем спектре чувствительности. Как только датчик OPS выдает спектр измерения при включенном светодиоде, этот светодиод выключают и включают другой светодиод и так далее для всех других светодиодов. Спектры, полученные при помощи каждого из включенных светодиодов, после этого комбинируют соответствующим образом для получения результирующего спектра MR(1...n).

Следует отметить, что, поскольку одновременно включен только один светодиод LD1-LD4, схему LSCC можно упростить, сохраняя только один из регуляторов REG1-REG4 и только один из усилителей A11-A14. Каждый из переключателей CM1-CM4 содержит в этом случае один контакт, подключенный к выходу оставшегося усилителя A11-A14, один контакт, подключенный к аноду светодиода LD1-LD4, и один контакт, подключенный к входу одного из усилителей A21-A24.

Переключатели CM1-CM4 можно исключить, если регуляторы REG1-REG4 (или оставшийся регулятор) поддерживают при плавающем потенциале свой вход тока I1-I4 и усилители A11-A13 (или оставшийся усилитель) поддерживают при плавающем потенциале свой выход усиленного тока.

Кроме того, результирующий спектр излучения (кривая CR) может быть не полностью перекрыт комбинированным спектром чувствительности светодиодов LD1-LD4. В этом случае можно использовать фотодиод, измеряющий напрямую силу света, излучаемого каждым включенным светодиодом. Этот фотодиод может быть, например, интегрирован в источник LS.

На фиг. 5 представлена электронная схема управления LSC1 источником света LSI согласно варианту выполнения. На фиг. 5 источник света LSI отличается от источника света LS тем, что содержит фотодиод PHD. Схема LSC1 отличается от схемы LSCC тем, что содержит дополнительный усилитель A20, получающий выходной сигнал фотодиода PHD и выдающий электрический сигнал измерения силы света LFL0 в аналого-цифровой преобразователь модуля CVM преобразования. Устройство RPRC регулирования использует цифровое значение измерения LFL0 вместе с цифровыми значениями измерений LFL1-LFL4 для регулирования силы света, излучаемого источником LS1. Пример спектра чувствительности фотодиода показан на фиг. 4. Так, на фиг. 4 показана также кривая CP чувствительности фотодиода, который можно использовать в схеме, показанной на фиг. 5. Действительно, кривая CP является по существу постоянной (меняется от 0.5 до 0.6) в полосе длин волн анализа, примерно между 840 и 980 нм.

На фиг. 6 представлена последовательность этапов, которую может осуществлять устройство RPRC регулирования. Показанная на фиг. 6 последовательность этапов включает в себя этапы S1-S18. На этапе S1 устройство RPRC устанавливает по заданному значению LCx ток питания (сила тока или напряжение) светодиода LDx источника света LS (при этом x последовательно равно 1, 2, 3 и 4 в примере на фиг. 2). Значение LCx является заранее определенным первоначальным значением или значением, ранее примененным для светодиода LDx. На следующих этапах S2 и S3 устройство RPRC получает измерения силы света LFLz (при этом z отличается от x) от не включенных светодиодов LD1-LD4, и, в случае необходимости, измерение силы света LFL0, поступающее от фотодиода, и измерение температуры TPL, поступающее от датчика TSS. На следующих этапах S4 и S5 устройство RPRC посредством равнения определяет, согласуются ли принятые измерения силы света LFLz и температуры TPL между собой

и с током LCx, подаваемым на светодиод LDx. Эти этапы можно осуществлять при помощи номограмм изменения силы света, излучаемого светодиодом LDx, в зависимости от его тока питания и от его температуры. Сравнения, производимые на этапах S4 и S5, позволяют осуществить автоматическую диагностику спектрометра на этапе S6.

5 Так, если сравнения на этапах S4 и S5 выявляют нарушение в работе и если спектрометр находится в нормальном режиме работы OMD, спектрометр переходит в режим DG с ухудшенными параметрами работы OMD. Если сравнения на этапах S4 и S5 выявляют нарушение в работе и если спектрометр находится в режиме с ухудшенными параметрами работы DG, спектрометр переходит на этапе S18 в режим неисправности DF, в котором он больше не может работать. Если сравнения на этапах S4 и S5 не показывают нарушений в работе, устройство RPRC осуществляет следующие этапы S7 и S8. На этапе S7 устройство RPRC определяет оптимальное время интегрирования ITy каждого фоточувствительного элемента у датчика OPS при помощи функции f1, применяемой к значениям силы света LFLz, измеренным на этапе S2. Функцию f1 можно
15 определить при помощи номограмм, дающих оптимальное время интегрирования каждого элемента у датчика OPS в зависимости от измерений силы излучаемого света LFLz, поступающих от каждого светодиода, работающего в режиме фотодиода. На этапе S8 устройство RPRC сравнивает для каждого элемента у полученное время интегрирования ITy с минимальным ITmy и максимальным ITMy значениями,
20 определенными для элемента у. Если время интегрирования ITy находится в интервале между минимальным и максимальным значениями ITmy, ITMy для каждого элемента у, устройство RPRC осуществляет этапы S15-S17, затем возвращается на этап S1 для осуществления новой фазы регулирования, в противном случае оно осуществляет этап S9.

25 На этапе S9 устройство RPRC сравнивает оптимальное время интегрирования ITy с минимальным временем интегрирования ITmy для каждого элемента у, по которому тест на этапе S8 не был проверен. Если время интегрирования ITy меньше времени интегрирования ITmy для всех или части элементов у датчика OPS, модуль RPRC осуществляет этап S10, затем S12, в противном случае (когда время интегрирования ITy превышает максимальное время интегрирования ITMy для всех или для части элементов у) оно осуществляет этапы S11 и S12. На этапе S10 устройство RPRC уменьшает на один шаг STP ток питания LCx светодиода LDx. На этапе S11 устройство RPRC инкрементирует ток питания LCx светодиода LDx на шаг STP. На этапе S12 устройство RPRC определяет, находится ли новый ток питания LCx, полученный на
30 этапе S10 или S11, в интервале между минимальным LCmx и максимальным LCMx значениями, определенными для светодиода LDx. Если это так, устройство RPRC возвращается на этап S1 для осуществления новой фазы регулирования. В противном случае устройство RPRC осуществляет этап S13, на котором оно тестирует режим работы OMD спектрометра. Если режим OMD является нормальным NL, устройство RPRC осуществляет этап S14, на котором режим работы OMD переходит в режим DG с ухудшенными параметрами. Если на этапе S13 режим OMD является режим DG с ухудшенными параметрами, устройство RPRC осуществляет этап S18, на котором режим OMD переходит в режим неисправности DF.
35

40 Таким образом, на этапах S10 и S11, если оптимальное время интегрирования ITy, определенное по меньшей мере для одного фоточувствительного элемента у, находится за пределами минимального и максимального порогов ITmy и ITMy, к току питания LCx светодиода LDx добавляют положительный или отрицательный шаг STP определенной амплитуды (положительный, если оптимальное время интегрирования

Иту превышает максимальный порог ИТМу, и отрицательный, если это время интегрирования меньше минимального порога ИТму). При этом на этапах S1-S7 опять определяют новое оптимальное время интегрирования Иту в зависимости от нового тока LCx. Этапы S1-S12 повторяют, пока оптимальное время интегрирования Иту остается за пределами порогов ИТму и ИТМу и пока ток LCx остается в интервале между порогом LCMx и LCMx.

На этапе S15 устройство RPRC устанавливает время интегрирования каждого элемента у датчика OPS по его оптимальному времени интегрирования Иту, определенному на этапе S7. На этапе S16 устройство RPRC считывает измерение MSxu, выдаваемое каждым элементом у при включенном светодиоде LDx, а также, в случае необходимости, измерение температуры TP анализируемого вещества в измерительной ячейке FLC (TPP) и/или измерение температуры датчика OPS (TPS) и/или измерение температуры источника LS (TPL). На этапе S17 устройство RPRC применяет поправку к каждому измерению MSxu при помощи функции f2 и выдает скорректированное измерение MSCxu для каждого элемента у. Функцию f2 применяют к измеренной температуре TP (или к измеренным температурам) на этапе S16.

Таким образом, последовательность этапов S1-S18 позволяет получить скорректированный спектр MSCx(1...n) для каждого светодиода LDx.

Последовательность этапов S1-S15 осуществляют для каждого светодиода LDx источника LS, чтобы получить по меньшей мере один спектр MSCx(1...n) для каждого светодиода LDx. После нормализации спектров, полученных для каждого светодиода, вычисляют результирующий спектр MR(1...n) путем сложения спектров, полученных при каждом включенном светодиоде LDx, с коэффициентом взвешивания Pxu, определенном для каждого светодиода LDx и каждого элемента у датчика OPS:

$$MR_y = \sum_x P_{xu} \cdot MSC_{xu} \quad (1)$$

Коэффициенты взвешивания Pxu можно корректировать для придания большего значения полезному сигналу в результирующем спектре. Иначе говоря, сигналы элементов у, измеряющих наибольшие необработанные сигналы и, следовательно, выдающие наиболее надежную информацию (высокое отношение сигнала к шуму), связывают с наибольшим коэффициентом взвешивания Pxu. Коэффициенты взвешивания Pxu определяют в течение фазы калибровки, и они зависят от температуры TPL источника LS.

Кроме того, для полученного результирующего спектра MR(1...n) можно вычислить среднее значение при помощи нескольких других последовательно полученных спектров, чтобы получить спектр, который может использовать устройство регулирования рабочих параметров теплового двигателя. Число спектров MR(1...n), используемых для вычисления среднего спектра, может увеличиваться при переходе от нормального NL режима работы OMD к режиму DG с ухудшенными параметрами. Числу полученных спектров, усредняемых в нормальном режиме, может составлять примерно от 5 до 20 и в аварийном режиме около 100.

Необходимо отметить, что время интегрирования Иту всех фоточувствительных элементов у датчика OPS можно зафиксировать на этапе S15 по наименьшему времени интегрирования, определенному на этапе S7 для каждого элемента у.

На этапах S4, S5, S6, S12, S13, S14 и S18 устройство RPRC осуществляет автоматическую диагностику спектрометра, различая при этом три режима работы OMD спектрометра: нормальный NL режим работы, при котором спектрометр выдает

применимые измерения, режим DG с ухудшенными параметрами работы, при котором спектрометр продолжает выдавать применимые измерения, но в аномальных условиях, и режим неисправности DF, при котором спектрометр считается неисправным и не может больше выдавать применимые измерения. В режиме DG с ухудшенными параметрами время для измерения намного увеличивается или же степень надежности измерений снижается (это зависит от выбора пользователя). Спектрометр считается неисправным (режим OMD=DF), например, если измерения силы света LFLz, поступающие от выключенных светодиодов LD1-LD4, не соответствуют току LCx, подаваемому на включенный светодиод, или температуре TPS источника LS. Устройство RPRC может выдать сигнал автоматической диагностики, указывающий на режим работы OMD спектрометра. Этот сигнал может быть передан, например, в бортовой компьютер транспортного средства, на котором установлен спектрометр.

На фиг. 7 показан график заданного значения тока LCx (ось ординат), подаваемого на светодиод LDx источника LS, в зависимости от силы света LFLz или от температуры TPL источника LS (ось абсцисс). Этот график отображает четыре прямые D1, D2, D3, D4, проходящие через начало O графика. Прямые D1 и D2 ограничивают между собой зону 1 работы, соответствующую нормальному NL режиму работы, при котором измеренные ток LCx, подаваемый на светодиод LDx источника LS, температура TPL источника и/или сила света LFLz имеют нормальные значения (не слишком низкие и не слишком высокие). Ось ординат и прямая D3 ограничивают между собой зону 3a. Ось абсцисс и прямая D2 D3 ограничивают между собой зону 3b. Зоны 3a и 3b соответствуют режиму неисправности DF, в котором ток LCx, подаваемый на светодиод LDx источника света, является сильным, а сила света, выдаваемая источником, является аномально малой, или в котором ток, подаваемый на светодиод LDx, является слабым, и температура TPL источника является аномально высокой. Между зоной 1 и зонами 3a и 3b находятся зоны 2a и 2b, соответствующие режиму DG с ухудшенными параметрами работы.

Минимальное LCMx и максимальное LCMx значения тока питания каждого светодиода LDx получают в результате тестов, осуществляемых во время фазы калибровки для определения идеального диапазона работы каждого из светодиодов источника LS. Максимальное значение LCMx определяют, чтобы не ускорять старение светодиода. Минимальное значение LCMx можно выбирать таким образом, чтобы обеспечивать повторяемость и стабильность излучаемого светодиодом светового потока.

Минимальное ITmy и максимальное ITMy значения времени интегрирования каждого элемента у датчика OPS тоже определяют в ходе фазы калибровки при помощи тестов, позволяющих определить идеальный диапазон работы фоточувствительных элементов у датчика OPS, рассматриваемых отдельно или в совокупности. Максимальное значение ITMy определяют, чтобы избежать насыщения фоточувствительного элемента у.

Минимальное значение ITmy определяют для получения стабильного и повторяемого сигнала, соблюдая вместе с тем предварительно определенное минимальное целевое значение соотношения сигнал/шум.

Точно так же, функции f1 и f2, используемые на этапах S7 и S17, можно определять во время фазы калибровки. Так, функцию f1, дающую оптимальное время интегрирования ITy каждого элемента у датчика OPS в зависимости от значений силы света LFLz, измеряемого не включенными светодиодами LD1-LD4, можно определить, используя одно или несколько текучих или твердых контрольных веществ, на которых осуществляют ряд тестов. Для каждого из контрольных веществ и для каждого

светодиода LDx изменяют заданное значение тока питания LCx светодиода LDx и сохраняют в памяти значения силы света LFLz, измеренные выключенными светодиодами LD1-LD4 и возможным фотодиодом PHD. Для каждого значения измерения силы света LFLz и каждого элемента u выявляют оптимальное время интегрирования ITu, позволяющее получать стабильный и постоянный световой поток, измеряемый элементом u, то есть поток, по существу не зависящий от светового потока, излучаемого источником LS. Таким образом, получают группы измерений (сила света LFLz - оптимальное время интегрирования ITu). По каждой группе измерений считывают также температуру TPL источника, если она измерена, а также температуру TPP вещества и соответствующее заданное значение тока LCx. Изменения значений силы света LFLz, измеряемой каждым выключенным светодиодом LD1-LD4 и/или, возможно, фотодиодом PHD, являются такими, что для части осуществляемых измерений оптимальное время интегрирования ITu находится за пределами заранее определенных пороговых значений ITmy, ITMy. На основании групп измерений либо составляют таблицы соответствия, либо строят номограммы, либо создают предсказательные модели, позволяющие определять оптимальное время интегрирования ITu каждого элемента u в зависимости от измеренных значений силы света LFLz. На основании собранных таким образом данных определяют минимальное и максимальное значения соответствия между измерениями силы света LFLz и температурой TPL источника LS (если она измерена) и между измерениями силы света LFLz и значением тока питания LCx включенного светодиода LDx. Эти минимальное и максимальное значения соответствия используют на этапах S4 и S5 для осуществления автоматической диагностики спектрометра.

Функцию f2, позволяющую скорректировать измерение силы света MSxu, выдаваемое каждым элементом u, в зависимости от температуры TP, можно определить при помощи ряда тестов, в ходе которых изменяют отдельно температуру TPL источника LS, температуру TPS датчика OPS и температуру TPP анализируемого вещества. Эти температуры находятся в диапазоне от -40 до +105°C или в идеале от -50 до +150°C по меньшей мере для одного текучего или твердого контрольного вещества. При каждом из тестов собирают значения измерения силы света MSxu, заданного тока LCx и температуры. На основании этих измерений либо составляют таблицы соответствия, либо строят номограммы, либо создают предсказательные модели, позволяющие определять для каждого фоточувствительного элемента u датчика OPS силу света, которую этот элемент мог бы измерить при определенной фиксированной контрольной температуре (например, 20°C), для получения скорректированного спектра, не зависящего от окружающих условий температуры и условий температуры компонентов спектрометра. Полученные номограммы позволяют определить скорректированное измерение силы света MSCxu при контрольной температуре в зависимости от измерения силы света MSxu при окружающей температуре, полученного от каждого фоточувствительного элемента u, в зависимости от температур TPL, TPP, TPS источника LS, вещества в измерительной ячейке FLC и датчика OPS и в зависимости от времени интегрирования ITu и от тока питания LCx светодиода LDx. Некоторые из вышеперечисленных параметров можно не учитывать, в частности, температуру TPS датчика OPS, в частности, если последний оборудован устройством компенсации по эффективной температуре.

Благодаря транспонированию спектра, осуществляемому для приведения измеренного спектра MSx(1...n) к спектру MSCx(1...n), который мог бы быть получен при контрольной температуре, описанный спектрометр может работать в очень широком

температурном диапазоне, в том числе при очень больших разностях температур между анализируемым веществом и источником света LS. Следует отметить, что это возможно без использования сложного контрольного пути, требующего наличия второго датчика, который принимает напрямую свет, излучаемый источником, как предложено в

5 патентной заявке FR 2940447, а только при помощи измерений силы света LFL0-LFL4, осуществляемых непосредственно на световом потоке, излучаемом светодиодами LD1-LD4, то есть при меньшей стоимости и без увеличения габарита спектрометра.

Вместо использования значений силы света LFL0-LFL4, измеряемых выключенными светодиодами LD1-LD4 и/или фотодиодом PHD, регулирование при помощи

10 последовательности этапов S1-S18 можно осуществлять на основании температуры TPL источника и/или температуры TPP анализируемого вещества, или на основании напряжений V_x или токов I_x (где x находится в пределах от 1 до 4 в примере на фиг. 2), измеряемых схемой, показанной на фиг. 2. Кроме того, измерения силы света LFL1-LFL4, получаемые от выключенных светодиодов, температуру TPL и/или напряжения

15 V_x и/или токи I_x можно использовать для проверки нормальной работы фотодиода PHD и датчика температуры TSS.

Специалисту понятно, что настоящее изобретение может охватывать различные версии выполнения и различные варианты применения. В частности, способ управления не ограничивается использованием светодиодов в качестве источника света.

20 Действительно, описанный выше способ регулирования можно применять к любому источнику света, силу света которого можно корректировать при помощи тока питания источника света.

Кроме того, способ управления можно применять к другим спектрометрам, отличным от описанного со ссылками на фиг. 1. Главное, чтобы можно было корректировать

25 время интегрирования датчика спектрометра и чтобы спектрометр мог выдавать измерения, характеризующие работу источника света.

Можно также отказаться от этапа коррекции полученных измерений спектра, чтобы учитывать температуру различных компонентов спектрометра. Действительно, спектрометр можно поместить в камеру, температура в которой остается постоянной,

30 или производить измерение спектра, только когда температура спектрометра достигает заданной температуры.

Источник света может содержать несколько групп из нескольких светодиодов, имеющих идентичные спектры излучения или по существу идентичные спектры излучения, то есть с учетом производственных допусков. Это значит, что одновременно

35 можно включать несколько светодиодов и даже все светодиоды.

(57) Формула изобретения

1. Способ управления спектрометром для анализа вещества, при этом спектрометр содержит источник света (LS), содержащий несколько светодиодов (LD1-LD4), спектры

40 излучения которых охватывают в комбинации анализируемую полосу длин волн, характеризующийся тем, что содержит этапы, на которых:

подают ток питания (I_x) по меньшей мере на один из светодиодов (LD1-LD4) для его включения и измеряют силу света (LFL_{*z*}), излучаемого источником света (LS), посредством измерения тока на контакте по меньшей мере одного из других

45 светодиодов, который остается выключенным,

в зависимости от каждого измерения силы света определяют заданное значение (LC_{*x*}) силы тока каждого включенного светодиода, и регулируют ток питания каждого включенного светодиода таким образом, чтобы

он соответствовал заданному значению.

2. Способ по п. 1, содержащий этапы, на которых последовательно включают группы по меньшей мере из одного светодиода (LD1-LD4), при этом светодиоды одной группы имеют по существу идентичные спектры излучения, тогда как другие светодиоды остаются выключенными, измеряют силу света (LFLz) для каждого из других остающихся выключенными светодиодов и регулируют, в зависимости от каждого полученного измерения силы света, заданное значение тока питания (LCx) включенного светодиода.

3. Способ по п. 1, содержащий этапы, на которых:

в зависимости от измерений силы света (LFLz) определяют значение времени интегрирования (ITy) фоточувствительных элементов (y) датчика (OPS) спектрометра, расположенных на пути светового пучка (LB), излучаемого источником света и взаимодействовавшего с анализируемым веществом, и,

если значение времени интегрирования и/или заданное значение тока питания (LCx) каждого включенного светодиода (LDx) находится в интервале между пороговыми значениями (ITmy, ITMy, ICmx, ICMx), на каждый включенный светодиод подают ток питания (Ix), регулируемый в зависимости от заданного значения тока питания, при этом время интегрирования каждого фоточувствительного элемента регулируют по определенному значению времени интегрирования, и при помощи каждого элемента датчика получают измерения силы света (MSxy), позволяющие сформировать спектр.

4. Способ по п. 3, в котором определяют новые заданные значения тока питания (LCx) каждого включенного светодиода и/или время интегрирования (ITy) каждого элемента и подают ток питания (Ix), соответствующий определенному заданному значению тока питания, на каждый включенный светодиод, пока указанное определенное значение времени интегрирования не находится в интервале между пороговыми значениями (ITmy, ITMy).

5. Способ по п. 1, в котором заданное значение тока питания (LCx) каждого включенного светодиода регулируют также в зависимости от измерения силы света (LFL0), поступающего от фотодиода (PHD) источника света (LS), и/или от измерения температуры (TPL) источника света (LS), и/или от измерения силы тока (Ix) или напряжения питания (Vx) каждого включенного светодиода.

6. Способ по одному из пп. 1-5, содержащий тестовые этапы автоматической диагностики, включающие в себя одно из следующих сравнений: сравнения, чтобы определить, что измерения силы света (LFLz) и/или измерения (Ix, Vx) тока питания, подаваемого на включенный светодиод (LDx), и/или измерения температуры (TPL) источника света (LS) согласуются между собой и с каждым заданным значением тока питания (LCx) включенного светодиода, сравнения заданного значения тока питания, подаваемого на каждый включенный светодиод, с минимальными и максимальными значениями (LCmx, LCMx), и, если одно из сравнений приводит к выявлению дефекта, спектрометр переключают в режим (DG) с ухудшенными параметрами работы (OMD) или в режим неисправности (DF).

7. Способ по одному из пп. 1-5, содержащий этап коррекции измерений силы света (MSxy) с учетом отклонения температуры (TPP) анализируемого вещества и/или температуры (TPS) датчика (OPS) от контрольной температуры таким образом, чтобы получить скорректированные измерения силы света (MSCxy) на основании измерений, произведенных при контрольной температуре, при этом скорректированные измерения образуют скорректированный спектр (MSCx(1...n)).

8. Способ по одному из пп. 1-5, содержащий этапы, на которых получают скорректированный спектр для каждого светодиода (LD1-LD4) и суммируют полученные

скорректированные спектры посредством применения коэффициентов взвешивания для получения результирующего спектра ($MR(1 \dots n)$), и, в случае необходимости, вычисляют среднее значение результирующих спектров, при этом число усредненных спектров может зависеть от режима работы (OMD) спектрометра, нормального или с ухудшенными параметрами.

9. Способ по одному из пп. 1-5, включающий в себя калибровку спектрометра и содержащий:

этапы определения минимального и максимального значений соответствия измерений силы света (LFLz) светового потока, производимого каждым светодиодом (LD1-LD4), с заданными значениями тока питания (LC1-LC4) каждого из светодиодов и/или с температурой (TPL) источника света, и/или

этапы определения минимального и максимального заданных значений (LCmx, LCMx) тока питания источника света, и/или

этапы определения минимального и максимального значений (ITmy, ITMy) времени интегрирования фоточувствительных элементов (y) датчика (OPS), и/или

этапы, осуществляемые в присутствии одного или нескольких контрольных веществ, для определения функции (f1), дающей оптимальное время интегрирования (ITy) фоточувствительного элемента (y) датчика (OPS) в зависимости от измерений силы света светового потока, производимого каждым светодиодом, и/или

этапы, осуществляемые в присутствии одного или нескольких контрольных веществ, в ходе которых отдельно изменяют температуру источника света и/или температуру (TPS) датчика (OPS), и/или температуру (TPP) контрольного вещества, собирают измерения силы света (MSxy), получаемые при помощи датчика, заданные значения тока питания светодиодов, элементов датчика, и измерения температуры, и определяют функцию (f2), дающую скорректированное измерение силы света (MSCxy), соответствующее контрольной температуре, в зависимости от собранных измерений.

10. Спектрометр, содержащий источник света (LS), содержащий несколько светодиодов (LD1-LD4), спектры излучения которых охватывают в комбинации анализируемую полосу длин волн, датчик (OPS) с фоточувствительными элементами (y), расположенными на пути светового пучка после его взаимодействия с анализируемым веществом, и устройство (RPRC) управления, предназначенное для регулирования заданных значений тока питания (LCx) светодиодов (LD1-LD4) источника света и времени интегрирования (ITy) фоточувствительных элементов,

отличающийся тем, что устройство (RPRC) управления выполнено с возможностью давать команду на подачу тока питания (Ix) по меньшей мере на один из светодиодов (LD1-LD4) для его включения и измерение силы света (LFLz), излучаемого источником света (LS), посредством измерения тока на контакте по меньшей мере одного из других светодиодов, который остается выключенным,

определять, в зависимости от каждого измерения силы света, заданное значение (LCx) силы тока каждого включенного светодиода, и

регулировать ток питания каждого включенного светодиода таким образом, чтобы он соответствовал заданному значению.

11. Спектрометр по п. 10, выполненный с возможностью включения только одного светодиода (LDx) источника света (LS) за один раз и с возможностью получения измерения силы света (LFLz) посредством измерения тока на контакте каждого из выключенных светодиодов источника света.

12. Спектрометр по п. 10, в котором источник света (LS) выполнен с возможностью подачи на устройство (RPRC) управления напряжений (Vx) и/или токов (Ix) питания

светодиодов (LD1-LD4).

13. Спектрометр по п. 12, в котором светодиоды (LDx) установлены в одном электронном компоненте (LS), в случае необходимости, вместе с фотодиодом (PHD) и/или температурным датчиком (TSS).

5 14. Спектрометр по п. 10, содержащий температурный датчик (TSS), предназначенный для измерения температуры (TPL) источника света (LS), и/или температурный датчик, предназначенный для измерения температуры (TPS) датчика (OPS), и/или температурный датчик, предназначенный для измерения температуры (TPP) анализируемого вещества.

15. Спектрометр по п. 10, содержащий измерительную ячейку (FLC), в которой
10 анализируемое вещество взаимодействует со световым пучком (LB), оптический элемент (CLS) для формирования пучка на выходе источника света (LS) и его передачи в измерительную ячейку, фильтр длины волны (WFL), выполненный с возможностью пространственного распределения различных длин волн светового пучка на выходе измерительной ячейки и их передачи в различные фоточувствительные элементы (y)
15 датчика (OPS), при этом источник света, оптический элемент, измерительная ячейка, фильтр и датчик соединены таким образом, чтобы не образовывалась воздушная зона, через которую может проходить световой пучок, между источником света и датчиком.

16. Спектрометр по любому из пп. 10-15, в котором устройство (RPRC) управления выполнено с возможностью:

20 последовательно включать группы по меньшей мере из одного светодиода (LD1-LD4), при этом светодиоды одной группы имеют по существу идентичные спектры излучения, тогда как другие светодиоды остаются выключенными,

измерять силу света (LFLz) для каждого из других остающихся выключенными светодиодов и

25 регулировать, в зависимости от каждого полученного измерения силы света, заданное значение тока питания (LCx) включенного светодиода.

17. Спектрометр по любому из пп. 10-15, в котором устройство (RPRC) управления выполнено с возможностью:

30 определять, в зависимости от измерений силы света (LFLz), значение времени интегрирования (ITy) фоточувствительных элементов (y) датчика (OPS) спектрометра, расположенных на пути светового пучка (LB), излучаемого источником света и взаимодействовавшего с анализируемым веществом, и,

35 если значение времени интегрирования и/или заданное значение тока питания (LCx) каждого включенного светодиода (LDx) находится в интервале между пороговыми значениями (ITmy, ITMy, ICmx, ICMx), подавать на каждый включенный светодиод ток питания (Ix), регулируемый в зависимости от заданного значения тока питания, регулировать время интегрирования каждого фоточувствительного элемента по определенному значению времени интегрирования, и получать при помощи каждого элемента датчика измерения силы света (MSxy), позволяющие сформировать спектр.

40 18. Спектрометр по п. 17, в котором устройство (RPRC) управления выполнено с возможностью определять новые заданные значения тока питания (LCx) каждого включенного светодиода и/или время интегрирования (ITy) каждого элемента и подавать команду на подачу тока питания (Ix), соответствующего определенному заданному значению тока питания, на каждый включенный светодиод, пока указанное
45 определенное значение времени интегрирования не находится в интервале между пороговыми значениями (ITmy, ITMy).

19. Спектрометр по любому из пп. 10-15, в котором устройство (RPRC) управления выполнено с возможностью регулировать заданное значение тока питания (LCx)

каждого включенного светодиода также в зависимости от измерения силы света (LFL0), поступающего от фотодиода (PHD) источника света (LS), и/или от измерения температуры (TPL) источника света (LS), и/или от измерения силы тока (Ix) или напряжения питания (Vx) каждого включенного светодиода.

- 5 20. Спектрометр по любому из пп. 10-15, в котором устройство (RPRC) управления выполнено с возможностью выполнять тестовые этапы автоматической диагностики, включающие одно из следующих сравнений: сравнения, чтобы определить, что измерения силы света (LFLz) и/или измерения (Ix, Vx) тока питания, подаваемого на включенный светодиод (LDx), и/или измерения температуры (TPL) источника света (LS)
- 10 согласуются между собой и с каждым заданным значением тока питания (LCx) включенного светодиода, сравнения заданного значения тока питания, подаваемого на каждый включенный светодиод, с минимальными и максимальными значениями (LCmx, LCMx), и, если одно из сравнений приводит к выявлению дефекта, переключать спектрометр в режим (DG) с ухудшенными параметрами работы (OMD) или в режим неисправности (DF).
- 15

21. Спектрометр по любому из пп. 10-15, в котором устройство (RPRC) управления выполнено с возможностью корректировать измерения силы света (MSxy) с учетом отклонения температуры (TPP) анализируемого вещества и/или температуры (TPS) датчика (OPS) от контрольной температуры таким образом, чтобы получить
- 20 скорректированные измерения силы света (MSCxy) на основании измерений, произведенных при контрольной температуре, при этом скорректированные измерения образуют скорректированный спектр (MSCx(1...n)).

22. Спектрометр по любому из пп. 10-15, в котором устройство (RPRC) управления выполнено с возможностью получать скорректированный спектр для каждого
- 25 светодиода (LD1-LD4) и суммировать полученные скорректированные спектры посредством применения коэффициентов взвешивания для получения результирующего спектра (MR(1...n)), и, в случае необходимости, вычислять среднее значение результирующих спектров, при этом число усредненных спектров может зависеть от режима работы (OMD) спектрометра, нормального или с ухудшенными параметрами.

- 30 23. Спектрометр по любому из пп. 10-15, в котором устройство (RPRC) управления выполнено с возможностью выполнять калибровку спектрометра, включающую:

- этапы определения минимального и максимального значений соответствия измерений силы света (LFLz) светового потока, производимого каждым светодиодом (LD1-LD4), с заданными значениями тока питания (LC1-LC4) каждого из светодиодов и/или с
- 35 температурой (TPL) источника света, и/или

этапы определения минимального и максимального заданных значений (LCmx, LCMx) тока питания источника света, и/или

этапы определения минимального и максимального значений (ITmy, ITMy) времени интегрирования фоточувствительных элементов (y) датчика (OPS), и/или

- 40 этапы, выполняемые в присутствии одного или нескольких контрольных веществ, для определения функции (f1), дающей оптимальное время интегрирования (ITy) фоточувствительного элемента (y) датчика (OPS) в зависимости от измерений силы света светового потока, производимого каждым светодиодом, и/или

- этапы, выполняемые в присутствии одного или нескольких контрольных веществ,
- 45 в ходе которых отдельно изменяют температуру источника света и/или температуру (TPS) датчика (OPS), и/или температуру (TPP) контрольного вещества, собирают измерения силы света (MSxy), получаемые при помощи датчика, заданные значения тока питания светодиодов, элементов датчика, и измерения температуры, и определяют

функцию (f_2), дающую скорректированное измерение силы света (MSC_{xy}), соответствующее контрольной температуре, в зависимости от собранных измерений.

5

10

15

20

25

30

35

40

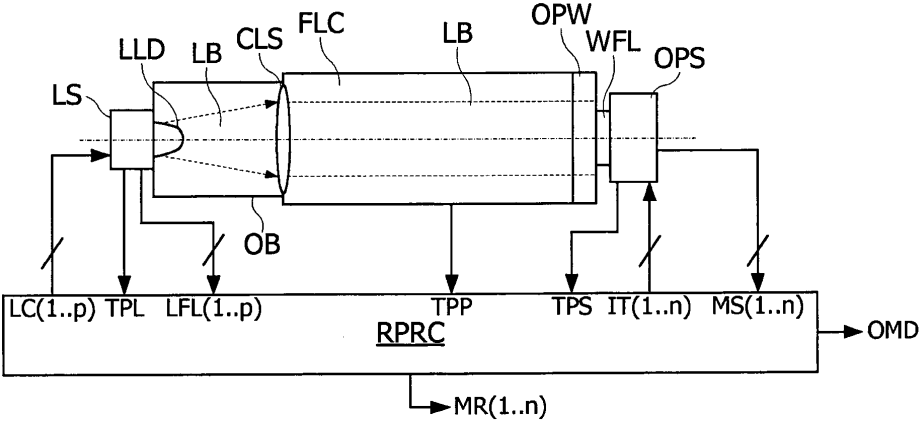
45

1

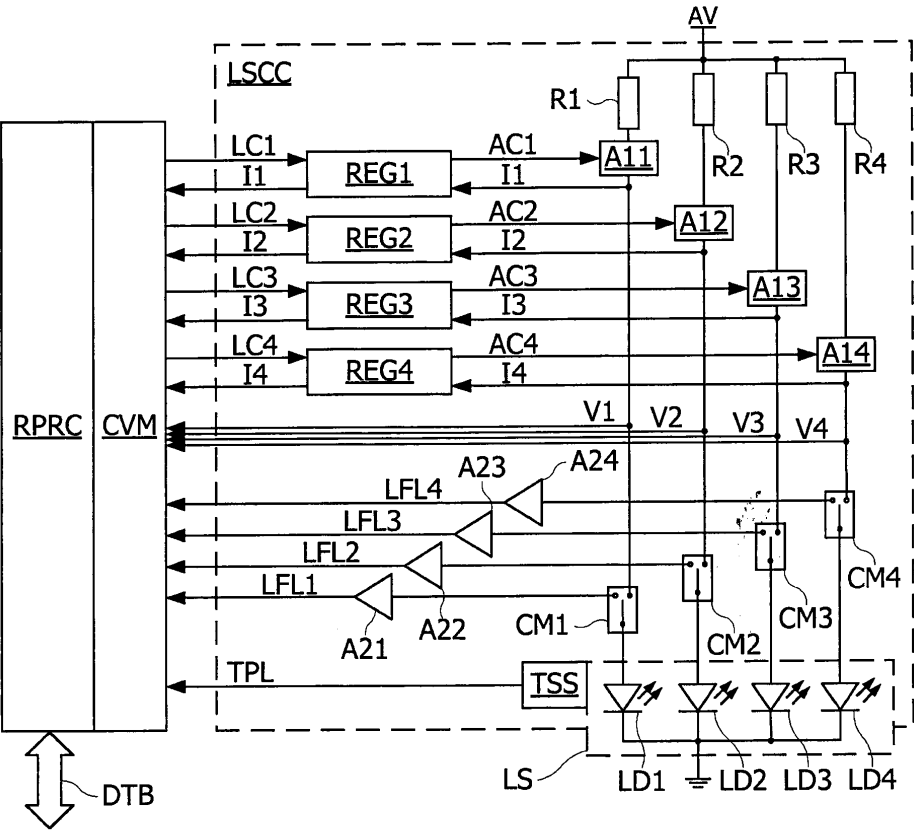
WO 2014/087103

PCT/FR2013/052941

1/4



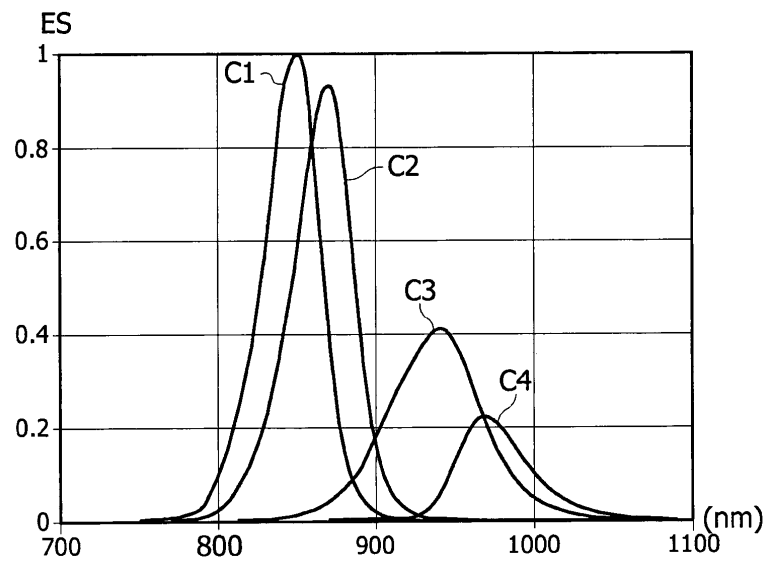
Фиг. 1



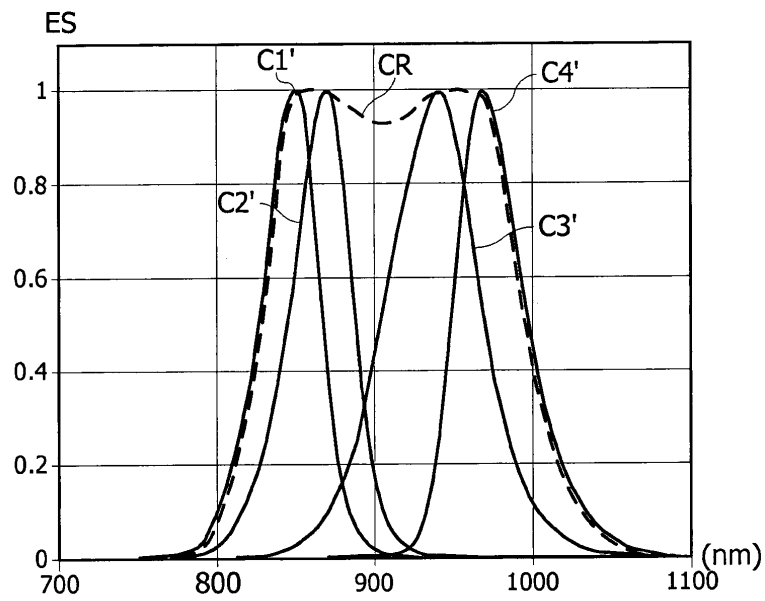
Фиг. 2

2

2/4

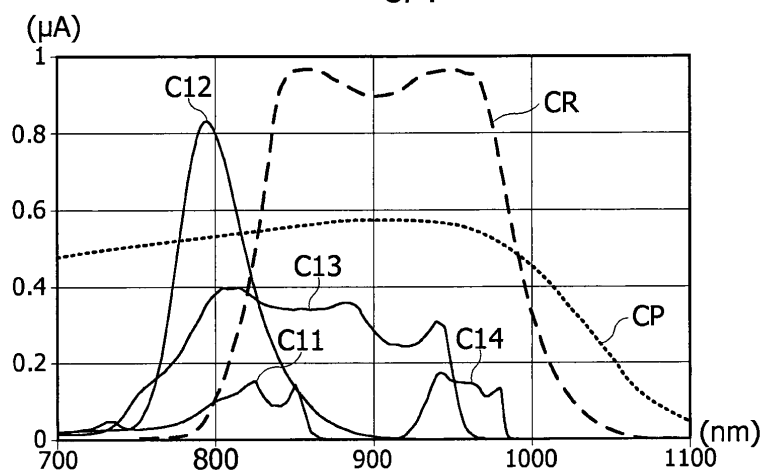


Фиг. 3А

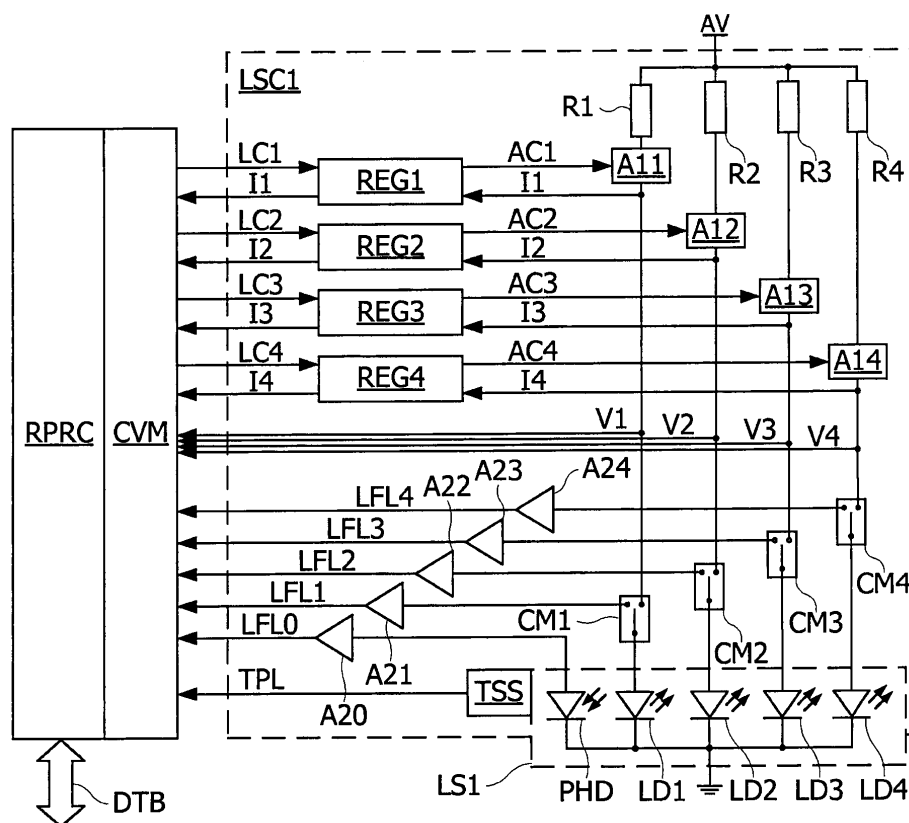


Фиг. 3В

ФИГ. 4

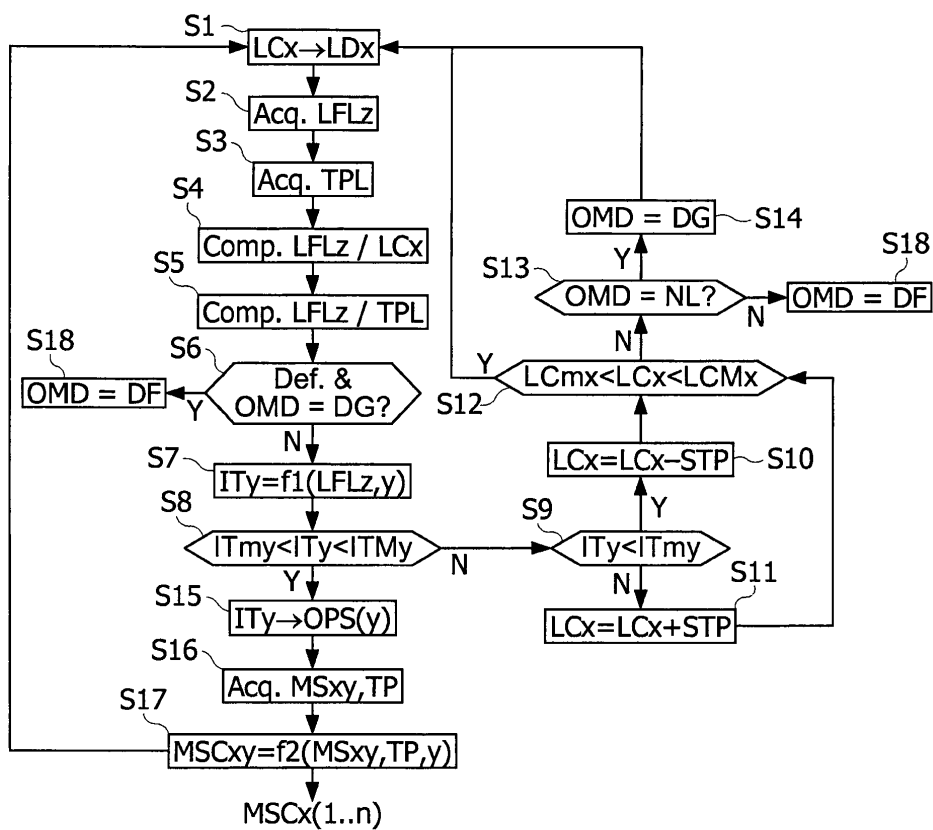


ФИГ. 4

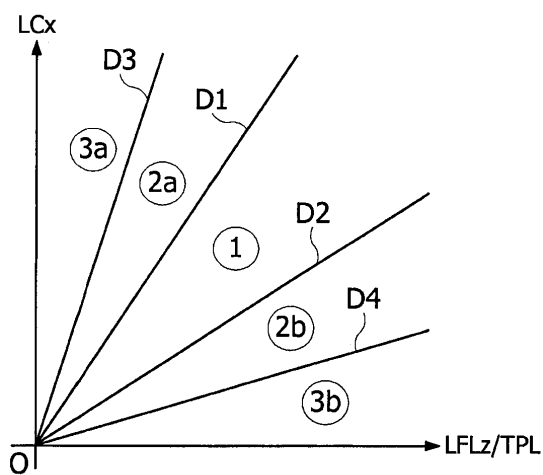


ФИГ. 5

4/4



Фиг. 6



Фиг. 7