

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202091504 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.09.15(51) Int. Cl. *H03F 3/08* (2006.01)
H03F 3/45 (2006.01)(22) Дата подачи заявки
2018.12.13

(54) ОПТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК И СКАНЕР ВРЕМЕНИ ЗАТУХАНИЯ

(31) 17210272.5

(32) 2017.12.22

(33) EP

(86) PCT/EP2018/084737

(87) WO 2019/121315 2019.06.27

(71) Заявитель:
СИКПА ХОЛДИНГ СА (CH)

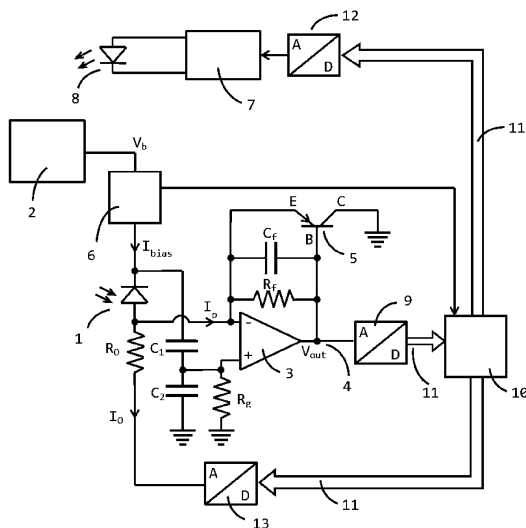
(72) Изобретатель:

Пирсон Фредерик, Бонни Жоэль,
Брюггер Самюэль, Занд Даниэль (CH)

(74) Представитель:

Рыбина Н.А., Рыбин В.Н. (RU)

(57) Раскрытый сканер для обнаружения времени затухания света, испускаемого люминесцентным материалом, имеет блок управления, выполненный с возможностью адаптации тока возбуждения или значения напряжения возбуждения, подачи питания на его источник света для соответствующей адаптации интенсивности возбуждающего света, подаваемого к люминесцентному материалу, так что его высокочувствительный оптический датчик может надежно измерять свет люминесценции, испускаемый в ответ на возбуждающий свет, и, таким образом, точно определять соответствующее значение времени затухания.



202091504
A1

202091504

A1

ОПТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК И СКАНЕР ВРЕМЕНИ ЗАТУХАНИЯ

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

Настоящее изобретение относится к области техники оптических устройств для обнаружения и определения характеристик времени затухания света люминесценции, испускаемого люминесцентным материалом. В частности, настоящее изобретение относится к оптическим устройствам, таким как (портативные) оптические сканеры для аутентификации предмета, содержащего люминесцентный материал, на основании характеристик времени затухания света люминесценции, испускаемого указанным материалом в ответ на освещение приемлемым возбуждающим светом.

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Люминесцентные материалы, как правило, используются в защитных маркировках, подлежащих нанесению на документы или изделия, или в основном материале документов или изделий в качестве признака аутентичности. Люминесцентный материал, как правило, преобразует энергию возбуждающего излучения заданной длины волны в испускаемый свет, имеющий другую длину волны. Испускание люминесценции, используемое для аутентификации маркировки, может находиться в диапазоне спектра от УФ-света (ниже 400 нм), видимого света (400–700 нм) или ближнего и среднего инфракрасного света (700–2500 нм).

Материал с повышением частоты испускает излучение на более короткой длине волны, чем возбуждающее излучение. В противоположность этому, материал с понижением частоты испускает излучение на большей длине волны, чем возбуждающее излучение. Большинство люминесцентных материалов могут возбуждаться на более чем одной длине волны, а некоторые люминесцентные материалы могут испускать одновременно на более чем одной длине волны.

Люминесценцию можно разделить на: (i) фосфоресценцию, которая относится к испусканию излучения с затуханием по времени, наблюдаемому после удаления возбуждающего излучения (как правило, с продолжительностью времени затухания от приблизительно 1 мкс до приблизительно 100 с), и (ii) флуоресценцию, которая относится к быстрому испусканию излучения при возбуждении (как правило, с продолжительностью времени затухания менее 1 мкс).

Таким образом, люминесцентный материал при освещении возбуждающим светом в первом диапазоне длин волн, как правило, испускает свет люминесценции во втором диапазоне длин волн, который может отличаться или перекрываться с указанным первым диапазоном длин волн (в зависимости от используемого материала). Характерные спектральные свойства люминесцентного материала, такие как его профиль интенсивности испускаемого света во времени или его характерное время затухания после прекращения возбуждения, например, являются сигнатурой этого материала и, таким образом, могут использоваться в качестве признака аутентичности для обнаружения подлинности или подделки.

Люминесцентные материалы являются классическими ингредиентами защитных красок или покрытий. Например, в следующих патентах раскрыты люминесцентные вещества (которые могут включать смеси пигментов, имеющих различные свойства времени затухания) и защитная бумага, содержащая такие вещества: EP 0066854 B1, US 4451530, US 4452843, US 4451521. Также хорошо известны процессы и устройства для обнаружения света люминесценции и аутентичности маркированного предмета: см., например, US 4598205 или US 4533244 (которые раскрывают восприятие затухающего поведения испусканий люминесценции). Символы с люминесцентным кодированием известны из US 3473027, а оптический считыватель люминесцентных кодов раскрыт в US 3663813. В патентах US 6996252 B2, US 7213757 B2 и US 7427030 B2 раскрыто использование двух

люминесцентных материалов, имеющих различные свойства времени затухания, для аутентификации предмета.

Традиционный сканер для обнаружения зависящего от времени света люминесценции содержит источник питания, источник света, подключенный к источнику питания, для освещения люминесцентного материала возбуждающим светом, оптический датчик для измерения интенсивности света люминесценции, испускаемого люминесцентным материалом, и блок управления (процессор) для управления источником питания, источником света и оптическим датчиком для получения профиля интенсивности во времени испускаемого света люминесценции и вычисления значения времени затухания из этого профиля интенсивности.

Обычными источниками света для таких сканеров (в зависимости от того, какая часть спектра должна использоваться для обнаружения люминесцентного материала) являются лампы накаливания (как правило, для длин волн от приблизительно 400 нм до приблизительно 2500 нм) (эти лампы используются с механическими или оптико-электронными устройствами для подачи импульсного света), импульсные лампы (например, ксеноновые импульсные лампы высокого давления), лазер или светоизлучающие диоды (светодиоды, испускающие в УФ-, видимом или ИК-диапазонах, как правило, для длин волн от приблизительно 250 нм до приблизительно 1 микрона). Обычные источники света питаются током возбуждения (например, светодиод) или напряжением возбуждения (например, газоразрядные лампы).

Обычными оптическими датчиками или фотодетекторами для сканеров являются фотодиоды (одиночные или матричные), фототранзисторные или фоторезистивные схемы, линейные CMOS или CCD-датчики.

Обычные портативные сканеры (проводные или беспроводные), в дополнение к их специальному модулю питания для подачи питания на сканер, могут также содержать радиомодуль для беспроводной связи (например, через Wi-Fi), модуль отображения (жидкокристаллический дисплей LCD или, например, ЭЛТ-

дисплей) для отображения измеренных данных или параметров сканирования, а также интерфейс управления для ввода условий сканирования (включая кнопки с несколькими функциями и кнопку ВКЛ/ВЫКЛ).

Классически, кривая интенсивности затухания света люминесценции (профиль интенсивности во времени) от люминесцентного материала моделируется (устанавливается) согласно экспоненциальному закону $I(t) \approx I_0 \exp(-\alpha[t-t_0])$, где время t отсчитывается с момента времени t_0 , в который удаляется возбуждающий свет. Таким образом, для получения значения, соответствующего константе скорости затухания α , характеризующей люминесцентный материал, необходимо измерение профиля интенсивности испускания, состоящего из последовательных значений интенсивности $I(t_1), \dots, I(t_n)$, в течение промежутка времени измерения Δt_{meas} после прекращения возбуждения. В обычном сканере импульсный источник света освещает люминесцентный материал возбуждающим светом заданной интенсивности и в первом диапазоне длин волн только в течение промежутка времени возбуждения Δt_{ex} , а затем, возможно, с затуханием по времени после прекращения освещения, датчик света начинает измерять последовательные значения интенсивности затухающего света люминесценции во втором диапазоне длин волн в течение промежутка времени измерения Δt_{meas} , и соответствующий профиль интенсивности люминесценции $I(t)$ сохраняется в запоминающем устройстве. Операцию можно повторять, чтобы получить множество профилей интенсивности люминесценции и вычислить более надежные средние значения. Как правило, можно установить промежуток времени возбуждения и/или затухание по времени, чтобы избежать проблем, связанных с тем, что значение интенсивности люминесценции будет ниже порогового значения обнаружения оптического датчика или будет выше его порогового значения насыщения. Однако, также известны некоторые другие варианты.

Например, в патенте US 6264107 B1 раскрыто определение времени затухания из времени, необходимого для того, чтобы интенсивность скрытой фосфоресценции падала через два предварительно определенных пороговых

значения. В этом патенте раскрыт сканер, содержащий светодиодный прожектор (FLED) в качестве источника света, т. е. источник очень интенсивного света. Такой источник интенсивного света действительно необходим в этом случае для достаточной зарядки метки, содержащей люминесцентный материал (фосфор), и предотвращения проблемы низкого ответа сигнала в отношении помех.

В другом подходе в патенте US 7262420 B1 раскрыто осуществление множества освещений возбуждающим светом для получения единственного значения времени затухания: последовательно активируют источник света (в течение одного и того же промежутка времени возбуждения), и один раз измеряют интенсивность люминесценции после отключения освещения люминесцентного материала источником возбуждающего света, но каждое последующее измерение осуществляют с другим затуханием по времени, отсчитываемым от момента времени, когда отключается возбуждающий свет. Однако, для этого метода необходимо одно освещение на каждое измеренное значение интенсивности. Кроме того, для получения более надежных результатов этот метод требует повторных измерений, соответствующих одному и тому же затуханию по времени.

Для получения более сильного сигнала люминесценции, некоторые сканеры позволяют установить промежуток времени возбуждения, чтобы достаточно «зарядить» люминесцентные частицы в люминесцентном материале. Кроме того, для лучшей точности определенного значения времени затухания последовательно получают множество действительных профилей интенсивности (например, приблизительно сто), затем эти кривые суммируются, и полученный в результате сигнал нормализуется, и нормализованный сигнал используется для вычисления значения времени затухания. Профиль интенсивности является действительным, если значение интенсивности по меньшей мере первой точки профиля интенсивности находится выше порогового значения обнаружения оптического датчика и ниже его порогового значения насыщения (если указанное значение является слишком низким или слишком высоким, время возбуждения соответственно увеличивается или уменьшается).

Обычные сканеры сталкиваются с серьезными проблемами в случае защитных маркировок с небольшим количеством люминесцентного материала или люминесцентным материалом, имеющим слабый ответ на световое возбуждение, в частности, в течение короткого времени затухания (например, от приблизительно 100 мкс до нескольких мс). Для обеспечения возможности обнаружения полученных в результате сигналов интенсивности люминесценции низкого уровня, необходимо увеличивать чувствительность сканера, так как простого увеличения времени возбуждения обычно недостаточно для решения этой проблемы: например, из-за количества тепла, выделяемого при использовании длительных световых импульсов возбуждения, необходимо увеличивать расстояние между источником света для освещения и люминесцентным материалом, используя световод между источником света и освещаемой поверхностью люминесцентного материала, при этом центральная полая часть световода служит для сбора полученного в результате света испускания люминесценции, направленного обратно к оптическому датчику. Однако, использование световода для сбора испускаемого света вызывает потери интенсивности света люминесценции и, таким образом, не является приемлемым для обнаружения сигналов интенсивности света низкого уровня. Попытка увеличить чувствительность сканера путем приближения оптического датчика к люминесцентному материалу, чтобы избежать таких потерь интенсивности люминесценции, также является причиной возникновения следующих проблем: поскольку высокий уровень интенсивности освещения необходим, чтобы вызвать ответ испускания люминесценции достаточной интенсивности (т. е. выше порогового уровня обнаружения оптического датчика), оптический датчик обычно насыщен, и полученное в результате «время простоя», необходимое для восстановления (т. е. для точного измерения интенсивности люминесценции ниже уровня насыщения оптического датчика), по меньшей мере требует наличия (довольно продолжительного) затухания по времени после завершения освещения перед началом измерений интенсивности света люминесценции. Однако, из-за быстро уменьшающегося сигнала ответа интенсивности света люминесценции на возбуждающее освещение такое

затухание по времени между завершением освещения и началом обнаружения света люминесценции приводит к тому, что часть сигнала с самой высокой интенсивностью люминесценции не может использоваться для определения значения времени затухания. Может быть измерена только низкоуровневая часть сигнала интенсивности света люминесценции, но с более низкой точностью, в частности, в случае слабого сигнала люминесценции.

Кроме того, в случае, если оптический датчик расположен очень близко к поверхности маркировки, содержащей люминесцентный материал (например, приблизительно несколько миллиметров или менее), мощное возбуждающее освещение, подлежащее подаче к маркировке (например, с помощью FLED, «светодиода со вспышкой»), более легко насыщает фотодиод. Такая ситуация способствует увеличению общего времени восстановления фотодиода, а также может вызывать чрезмерный уровень тока, протекающего в электрическом контуре (с соответствующими возможными повреждениями). Таким образом, в случае мощного освещения в традиционных считывателях между источником света и маркировкой размещают световод, чтобы устранить эти недостатки, но остается вышеупомянутое неудобство снижения чувствительности оптического датчика (поскольку обнаруживается меньше света люминесценции). Дополнительная проблема, связанная с световодом, заключается в том, что необходим еще больший свет для освещения, что связано с неудобствами потребления энергии и рассеивания тепла. Однако, в случае, если между источником света и люминесцентной маркировкой не используется световод, вышеупомянутый эффект насыщения практически исключает точное обнаружение профиля интенсивности люминесценции из-за чрезмерного времени простоя (как правило, 80-100 мкс или более) перед восстановлением оптического датчика (т. е. возвращением в ненасыщенное состояние).

Увеличение времени измерения, очевидно, также не является решением, поскольку только часть сигнала интенсивности люминесценции, испускаемого вскоре после окончания возбуждения светом для освещения, фактически имеет значение для определения характеристик времени затухания (т. е. когда сигнал

интенсивности испускания достаточно силен, чтобы быть обнаруженным оптическим датчиком с хорошей точностью). Это особенно верно при попытке измерить значения времени короткого затухания по слабому сигналу испускания («короткий» означает значение менее чем приблизительно 100 мкс).

Таким образом, все еще существует потребность в высокочувствительном сканере, способном обнаруживать слабые сигналы интенсивности света люминесценции от люминесцентного материала маркировки и получать соответствующий профиль интенсивности люминесценции для точного вычисления характеристик времени затухания, и, тем не менее, работать для подачи высокой интенсивности возбуждающего света в люминесцентный материал, практически исключая потери света при освещении маркировки и сборе света люминесценции.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Настоящее изобретение направлено на обеспечение высокочувствительного оптического датчика и сканера, содержащего указанный оптический датчик, в частности, компактного портативного оптического сканера, выполненного с возможностью обнаружения слабых сигналов интенсивности света люминесценции для точного определения соответствующего времени затухания люминесцентного материала, что позволяет устранить вышеупомянутые недостатки предшествующего уровня техники.

Согласно одному аспекту настоящего изобретения оптический датчик для обнаружения света люминесценции, принятого от люминесцентного материала, содержит:

- регулятор напряжения смещения, выполненный с возможностью подачи напряжения смещения V_b ;
- фотодиод, имеющий катод, подключенный к регулятору напряжения смещения, так что фотодиод обратно смещен подаваемым напряжением смещения V_b , при этом фотодиод выполнен с возможностью подачи в

фотопроводящем режиме интенсивности фототока I_p в ответ на принятый свет люминесценции в заданном спектральном диапазоне фотодиода;

- инвертирующий усилитель напряжения, управляемый током, представляющий собой операционный усилитель, имеющий резистор цепи обратной связи R_f и конденсатор цепи обратной связи C_f , установленный параллельно резистору цепи обратной связи R_f между инвертирующей входной клеммой и клеммой выходного напряжения операционного усилителя, при этом инвертирующая входная клемма операционного усилителя подключена к аноду фотодиода и выполнена с возможностью преобразования подаваемой интенсивности фототока I_p в сигнал выходного напряжения V_{out} на клемме выходного напряжения;

- при этом оптический датчик дополнительно содержит биполярный плоскостной транзистор типа р-п-р, эмиттер Е и основание В которого подключены параллельно указанному резистору цепи обратной связи R_f и конденсатору цепи обратной связи C_f , при этом его основание В подключено к указанной клемме выходного напряжения и его заземленному коллектору С.

Регулятор напряжения смещения оптического датчика предпочтительно представляет собой малозумный регулятор напряжения смещения с ответом переходного процесса.

Оптический датчик может дополнительно содержать конденсаторы C_1 и C_2 , подключенные в ряд к катоду фотодиода и заземленные, и заземленный резистор R_g , подключенный к неинвертирующей выходной клемме операционного усилителя, и клемму между конденсаторами C_1 и C_2 , которые выполнены с возможностью ограничения колебаний напряжения, вызванных регулятором напряжения смещения.

Оптический датчик может дополнительно содержать датчик тока смещения, подключенный между клеммой выходного напряжения регулятора напряжения

смещения и катодом фотодиода, выполненный с возможностью измерения интенсивности тока смещения I_{bias} , подаваемого на фотодиод.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения сканер для обнаружения света люминесценции от люминесцентного материала при освещении возбуждающим светом в пределах диапазона длин волн возбуждения, при этом указанный люминесцентный материал испускает указанный свет люминесценции в пределах диапазона длин волн испускаемого света, содержит:

- источник питания, выполненный с возможностью подачи изменяющегося тока возбуждения или напряжения возбуждения; и

- источник света, подключенный к указанному источнику питания и выполненный с возможностью освещения указанного люминесцентного материала указанным возбуждающим светом в пределах указанного диапазона длин волн возбуждения при подачи тока возбуждения или напряжения возбуждения источником питания, в течение промежутка времени возбуждения Δt_{ex} , при этом указанный источник света выполнен с возможностью создания указанного возбуждающего света интенсивностью возбуждающего света, варьирующей согласно подаваемому току возбуждения или напряжению возбуждения,

указанный сканер дополнительно содержит

- вышеупомянутый оптический датчик, оснащенный указанным датчиком тока смещения, выполненный с возможностью подачи сигнала выходного напряжения V_{out} на входную клемму преобразователя аналогового сигнала в цифровой сигнал, подключенного к клемме выходного напряжения, при освещении указанного люминесцентного материала указанным источником света и обнаружении соответствующего испускаемого света люминесценции, при этом преобразователь аналогового сигнала в цифровой сигнал выполнен с возможностью преобразования сигнала выходного напряжения V_{out} в

оцифрованный сигнал интенсивности света люминесценции в течение промежутка времени измерения Δt_{meas} ; и

- блок управления, подключенный к датчику тока смещения для приема измеренного значения интенсивности тока смещения I_{bias} и дополнительно подключенный к шине управления, при этом блок управления выполнен с возможностью управления

- источником питания посредством первого преобразователя цифрового сигнала в аналоговый сигнал, подключенного между источником питания и шиной управления, путем установки значения тока возбуждения или напряжения возбуждения и значения промежутка времени возбуждения Δt_{ex} , и

- оптическим датчиком посредством как преобразователя аналогового сигнала в цифровой сигнал, дополнительно подключенного к шине управления, так и второго преобразователя цифрового сигнала в аналоговый сигнал, подключенного к резистору смещения R_o , подключенному к аноду фотодиода и дополнительно подключенному к шине управления для преобразования интенсивности тока смещения I_o в оцифрованную интенсивность тока смещения, для установки значения промежутка времени измерения Δt_{meas} и получения сигнала интенсивности света люминесценции в течение значения промежутка времени измерения Δt_{meas} для образования профиля $I(t)$ оцифрованного сигнала интенсивности света люминесценции,

при этом

- указанный блок управления дополнительно выполнен с возможностью приема указанного сигнала интенсивности света люминесценции и управления указанным источником питания для адаптации значения тока возбуждения или значения напряжения возбуждения, подаваемых на источник света, так что значение интенсивности света люминесценции, соответствующее подаваемому сигналу интенсивности света люминесценции, ниже значения максимальной

интенсивности $I_{\max}$, соответствующего пороговому значению насыщения фотодиода.

Блок управления сканера согласно настоящему изобретению может быть дополнительно выполнен с возможностью, на основании измеренного значения интенсивности тока смещения I_{bias} , адаптации значения тока возбуждения или значения напряжения возбуждения, подаваемых на источник света, так что уровень соответствующей интенсивности тока в фотодиоде ниже порогового значения интенсивности тока фотодиода, и уровень соответствующей интенсивности тока через биполярный плоскостной транзистор типа p-n-p ниже порогового значения интенсивности тока транзистора.

Более того, в варианте осуществления сканера согласно настоящему изобретению блок управления может быть дополнительно выполнен с возможностью, на основании измеренного значения интенсивности тока смещения I_{bias} , принятого значения оцифрованной интенсивности тока смещения I_0 и принятого значения оцифрованного сигнала интенсивности света люминесценции, установки значения подаваемой интенсивности тока смещения I_0 через второй преобразователь цифрового сигнала в аналоговый сигнал. Сканер может дополнительно иметь блок управления, выполненный с возможностью выключения источника света, а затем получения оцифрованного сигнала интенсивности света люминесценции и установки значения тока смещения, таким образом, чтобы обеспечить близкое к нулю значение полученного оцифрованного сигнала интенсивности света люминесценции, тем самым компенсируя интенсивность тока из-за рассеянного света. Сканер может также иметь блок управления, дополнительно выполненный с возможностью подачи питания на источник света, а затем образования профиля $I(t)$ оцифрованного сигнала интенсивности света люминесценции, проверки того, если значение оцифрованного сигнала интенсивности света люминесценции, полученного после промежутка времени измерения Δt_{meas} , близко к нулю, и в случае, если указанное проверенное значение не близко к нулю, дополнительной установки значения тока смещения для обеспечения близкого к нулю значения

оцифрованного сигнала интенсивности света люминесценции, дополнительно полученного после промежутка времени измерения Δt_{meas} , а затем управления сканером для освещения люминесцентного материала в течение промежутка времени возбуждения Δt_{ex} , получения по меньшей мере одного соответствующего профиля $I(t)$ оцифрованного сигнала интенсивности света люминесценции в течение промежутка времени измерения Δt_{meas} и хранения в запоминающем устройстве каждого полученного профиля оцифрованного сигнала интенсивности света люминесценции. Предпочтительно, сканер может иметь свой блок управления, дополнительно выполненный с возможностью определения значения времени затухания люминесцентного материала из сохраненного профиля оцифрованного сигнала интенсивности света люминесценции. Более того, блок управления может быть дополнительно выполнен с возможностью решения того, является ли люминесцентный материал подлинным, в случае совпадения определенного значения времени затухания с эталонным значением времени затухания.

В любом из вышеупомянутых вариантов осуществления сканера согласно настоящему изобретению источник света может содержать плоский светодиод, фотодиод может представлять собой плоский фотодиод, и указанный плоский светодиод и плоский фотодиод могут быть установлены смежно и соединены на плоской опорном элементе наконечника сканера для освещения люминесцентного материала и сбора соответствующего света люминесценции, тем самым обеспечивая размещение наконечника близко к люминесцентному материалу для улучшения освещения и эффективного сбора света люминесценции без необходимости использования световода. Предпочтительно, сканер имеет свой источник света, содержащий множество плоских светодиодов, соединенных последовательно на опорном элементе, и множество плоских фотодиодов, соединенных параллельно на опорном элементе.

Кроме того, в сканере согласно настоящему изобретению установка интенсивности возбуждающего света посредством интенсивности тока возбуждения или значения напряжения возбуждения (в зависимости от

источника питания, адаптированного к источнику света), так что обнаруженный сигнал люминесценции является приемлемым (т. е. находится в диапазоне надежной работы оптического датчика), позволяет получать как надежные интенсивности люминесценции, так и иметь одинаковое время возбуждения для каждого профиля интенсивности люминесценции, и, таким образом, множество профилей интенсивности, соответствующих одному и тому же времени возбуждения, может использоваться для получения (возможно, нормализованного) профиля, имеющего лучшую точность.

Значение интенсивности люминесценции может считаться приемлемым для блока управления, если оно находится в заданном диапазоне значений интенсивности люминесценции. Например, значение интенсивности люминесценции может быть выше порогового значения обнаружения оптического датчика и ниже порогового значения насыщения оптического датчика, т. е. в пределах надежного диапазона обнаружения оптического датчика. Диапазон значений интенсивности люминесценции также может гарантировать, что отношение сигнал/помехи измеренной интенсивности люминесценции выше порогового значения, и оптический датчик не насыщается во время соответствующей операции измерения.

Далее настоящее изобретение будет описано более полно со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых одинаковые цифры представляют одинаковые элементы на разных фигурах и на которых проиллюстрированы основные аспекты и признаки настоящего изобретения.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

На **фиг. 1** проиллюстрирована типичная форма сигнала интенсивности света люминесценции, принятого от люминесцентного материала в ответ на возбуждающее освещение.

На **фиг. 2** представлена схематическая иллюстрация электрического контура оптического датчика для обнаружения света люминесценции от

люминесцентного материала согласно варианту осуществления настоящего изобретения.

На **фиг. 3** представлена схематическая иллюстрация электрической цепи оптического датчика согласно **фиг. 2**, с дополнительным подключением к датчику тока смещения согласно настоящему изобретению.

На **фиг. 4** проиллюстрирована схема электрической цепи сканера согласно настоящему изобретению, содержащего оптический датчик согласно **фиг. 3**.

На **фиг. 5** проиллюстрирован наконечник компактного сканера, в который встроены источник света с плоскими светодиодами и оптический датчик с плоскими фотодиодами, согласно варианту осуществления настоящего изобретения.

На **фиг. 6** проиллюстрирована схема электрической цепи источника света согласно **фиг. 5**.

На **фиг. 7** проиллюстрирована схема электрической цепи оптического датчика согласно **фиг. 5**.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

С целью получения высокочувствительного оптического датчика, выполненного с возможностью обнаружения слабых сигналов интенсивности света люминесценции от люминесцентного материала маркировки (для обеспечения получения профиля $I(t)$ интенсивности люминесценции и точного вычисления характеристики времени затухания люминесцентного материала из профиля), был разработан конкретный электрический контур, который обеспечивает возможность быстрого восстановления (т. е. ослабления насыщения) высокочувствительного фотодиода оптического датчика вскоре после подачи мощного освещения возбуждающим светом к маркировке, так что точное обнаружение сигнала интенсивности света люминесценции, испускаемого люминесцентным материалом маркировка в ответ на это возбуждение, может

начаться вскоре после окончания освещения, в то время как (слабый и уменьшающийся) сигнал интенсивности люминесценции все еще близок к максимуму интенсивности испускания (т. е. сразу после окончания импульса освещения), даже если фотодиод расположен очень близко к испускающей поверхности люминесцентного материала.

На фиг. 1 показана типичная форма сигнала интенсивности света люминесценции от люминесцентного материала в ответ на возбуждающее освещение. Мощный импульс возбуждающего света (со спектром длин волн в пределах диапазона длин волн возбуждения, например, посредством FLED, «светодиодный прожектор») сначала освещает маркировку, содержащую люминесцентный материал, в течение промежутка времени возбуждения Δt_{ex} , а затем, в ответ, люминесцентный материал испускает свет люминесценции (в пределах диапазона длин волн испускания) с интенсивностью, достигающей максимального значения I_{em} в конце освещения в момент времени t_0 . Благодаря мощному освещению это значение I_{em} , как правило, выше значения максимальной интенсивности I_{max} , соответствующего пороговому значению насыщения фотодиода оптического датчика, используемого для обнаружения испускания света люминесценции. Как правило, сигнал интенсивности испускаемого света люминесценции I_L со временем может быть установлен уменьшающейся экспоненциальной кривой $I_L = I_{em} \exp(-(t-t_0)/\tau)$, где τ представляет собой значение времени затухания, которое является характеристикой конкретного рассматриваемого люминесцентного материала. Как правило, фотодиод начинает точное обнаружение сигнала интенсивности люминесценции только с момента времени t_1 после окончания освещения в момент времени t_0 , находясь в ненасыщенном состоянии, для обнаружения соответствующего значения I_1 интенсивности испускаемого света люминесценции и продолжает обнаружение интенсивностей света люминесценции $I_2(t_2), \dots, I_N(t_N)$ в соответствующих последовательных моментах времени $t_2, \dots, t_N$ в течение промежутка времени измерения Δt_{meas} до падения интенсивности испускаемого уменьшающегося света люминесценции ниже значения минимальной интенсивности I_{min} (близко к нулю), соответствующего

пороговому значению помех фотодиода (ниже которого измеренные значения интенсивности недостаточно точны). Например, для иллюстрации значения выражения «близко к нулю», на оптическом датчике с пятью фотодиодами D5-D9, показанными на фиг. 5 и 7, типичное значение минимальной интенсивности $I_{\min}$ приблизительно в пять раз превышает интенсивность темнового тока, т. е. приблизительно $5 \times 5 \text{ нА} = 25 \text{ нА}$ для напряжения обратного (смещения) приблизительно 20 В. Таким образом, измеренные значения интенсивности света люминесценции $I_1(t_1), \dots, I_N(t_N)$ можно использовать для определения (с помощью подбора кривой или способов интерполяции) профиля $I(t)$ интенсивности света люминесценции, из которого можно определить значение характерного параметра времени затухания τ (как хорошо известно в данной области техники). На практике, чтобы получить более надежное статистическое (среднее) значение для τ , цикл освещения-обнаружения повторяется определенное количество раз, чтобы получить множество профилей интенсивности света люминесценции. В качестве примера упоминается люминесцентный материал, который может возбуждаться светом для освещения в инфракрасном (ИК) диапазоне длин волн (т. е. в диапазоне от приблизительно 700 нм до 1 мм, например, приблизительно 900 нм) с импульсами освещения, соответствующими промежутку времени возбуждения Δt_{ex} приблизительно 100 мкс, и испускать свет люминесценции в инфракрасном (ИК) диапазоне (например, приблизительно 900 нм) с промежутком времени измерения Δt_{meas} в несколько миллисекунд (например, приблизительно 4 мс). Испускаемый ИК свет люминесценции, в зависимости от люминесцентного материала, имеет характеристику времени затухания τ (постоянную времени затухания), которая может составлять от нескольких мкс до нескольких мс (например, от 15 мкс до 10 мс).

Чтобы получить вышеупомянутый высокочувствительный быстровосстанавливающийся оптический датчик, проиллюстрированный на фиг. 2 только с одним фотодиодом (1), модуль фотодиода содержит фотодиод (1), установленный для работы в фотопроводящем режиме (т. е. фотодиод с обратным смещением) с положительным высоким напряжением V_b ,

применяемым на его катоде посредством малошумного регулятора (2) напряжения смещения с ответом переходного процесса и инвертирующего усилителя напряжения, управляемого током, содержащего операционный усилитель (3), инвертирующая входная клемма которого подключена к аноду фотодиода (1), а неинвертирующая входная клемма заземлена. Инвертирующий усилитель напряжения, управляемый током, также содержит резистор цепи обратной связи R_f и конденсатор цепи обратной связи C_f (в данном случае R_f и C_f , соответственно, обозначают как элемент резистора и его значение сопротивления, так и элемент конденсатора и его значение емкости), параллельно резистору цепи обратной связи R_f , подключенный между инвертирующей входной клеммой и клеммой (4) выходного напряжения операционного усилителя (3). Обратное смещение увеличивает ширину обедненного слоя р-п-перехода фотодиода, вследствие чего емкость перехода уменьшается, а время ответа уменьшается (таким образом, улучшаются высокочастотные характеристики).

Резистор цепи обратной связи R_f предназначен для установки (высокого) усиления инвертирующего усилителя напряжения, управляемого током, и конденсатор цепи обратной связи C_f (малого значения) предназначен для улучшения стабильности. При освещении светом люминесценции фотодиод (1) подает интенсивность фототока I_p на операционный усилитель (3), который подает соответствующее выходное напряжение V_{out} на выходную клемму (4). Согласно настоящему изобретению с целью резкого сокращения общего времени восстановления фотодиода (1), даже в случае расположения фотодиода близко к поверхности люминесцентного материала (операционный усилитель тогда не способен отводить весь ток), биполярный плоскостной транзистор (5) типа р-п-р дополнительно подключен параллельно между резистором цепи обратной связи и конденсатором цепи обратной связи, при этом его коллектор С подключен к заземлению для отвода импульсного тока, который возникает при подаче фотодиодом сильного тока и его насыщении, в то время как выходное фотоэлектрическое напряжение достигает напряжения обратного смещения V_b , и, таким образом, позволяет сократить время ослабления насыщения

оптического датчика (PNP «помогает» операционному усилителю отводить ток). Подключение коллектора С к заземлению также снижает эффект «звона», вызванный нарушением источника питания операционного усилителя (не показан) из-за колебаний фототока при прекращении импульса освещения. Например, регулятор напряжения (не показан), питающий операционный усилитель (3) и транзистор (5), как правило, создает огромный ток приблизительно 500 мА и вызывает «звон». Эмиттер Е и основание В транзистора (5) подключены параллельно резистору цепи обратной связи R_f и конденсатору цепи обратной связи C_f , при этом основание В подключено к выходной клемме (4). Как указано, коэффициент усиления операционного усилителя устанавливается значением резистора цепи обратной связи R_f , но он также является основным источником шума (эффект «звона»). При подключении коллектора С к заземлению работа регулятора напряжения смещения не нарушается, и эффект «звона» сильно уменьшается. Эта конфигурация особенно удобна для фотодиодов, освещаемых с низкими уровнями интенсивности света, требующими высокого усиления (большое значение R_f). В результате этой конфигурации схемы допускается высокая скорость переключения, совместимая с циклами освещения-измерения, характеристики времени более короткого затухания могут быть получены из измеренной интенсивности света люминесценции (поскольку интенсивность обнаружена ранее), сигнал слабой интенсивности из-за более низкого количественного определения люминесцентного материала в маркировке можно обнаружить (так как сигнал не слишком сильно затухает, когда фотодиод начинает обнаруживать), и чувствительность оптического датчика соответственно увеличивается. Более того, увеличение интенсивности импульса возбуждения, подаваемой к люминесцентному материалу (для определения уровня испускания люминесценции из-за уменьшенного количества люминесцентного материала), создает сильный фототок, подаваемый фотодиодом (1). Однако, фотодиод насыщается, когда выходное фотоэлектрическое напряжение приближается к напряжению обратного смещения V_b , и можно избежать насыщения операционного усилителя путем отвода импульсного тока в фотодиоде

посредством заземления (благодаря транзистору типа р-п-р, который отводит импульсный ток).

Предпочтительно, чтобы устранить колебания напряжения из-за регулятора (2) напряжения смещения (пытаясь поддерживать напряжение смещения на значении V_b в течение циклов освещения-измерения), два конденсатора C_1 и C_2 установлены в ряд и подключены к аноду фотодиода (1) и заземлению (для блокировки колебаний переменного тока смещения I_{bias} , возникающих в результате колебаний напряжения смещения из-за импульса), и заземленный резистор R_g подключен между неинвертирующей входной клеммой операционного усилителя (3) и клеммой между двумя конденсаторами C_1 и C_2 . Более того, резистор R_o может быть дополнительно подключен к аноду фотодиода (1) и установлен на поглощение тока смещения и сдвиг измеренной интенсивности тока смещения I_o до некоторого надежного диапазона.

Как показано на фиг. 3, оптический датчик может также содержать датчик (6) тока смещения, подключенный между клеммой V_b выходного напряжения регулятора (2) напряжения смещения и анодом фотодиода, для измерения интенсивности тока смещения I_{bias} , подаваемого на фотодиод (1). Такой датчик тока смещения необходим для управления уровнем интенсивности тока в фотодиоде (1) и предотвращения его повреждения (эта интенсивность тока может достигать высоких значений, например, 300 мА или даже выше), путем ограничения уровня освещения возбуждением.

На фиг. 4 показана электрическая схема сканера согласно настоящему изобретению, содержащая оптический датчик, показанный на фиг. 3. Сканер содержит источник (7) питания для подачи изменяющегося тока возбуждения или напряжения возбуждения на источник (8) света. Данный источник (8) света может освещать люминесцентный материал (не показан) возбуждающим светом в пределах диапазона длин волн возбуждения (адаптированного к люминесцентному материалу) при подачи питания источником (7) питания, в течение промежутка времени возбуждения Δt_{ex} , при этом источник (8) света

выполнен с возможностью освещения люминесцентного материала указанным возбуждающим светом, интенсивность возбуждающего света которого варьирует согласно току возбуждения или напряжению возбуждения, подаваемым источником (7) питания.

Сканер дополнительно содержит оптический датчик согласно фиг. 3, который, при освещении люминесцентного материала источником (8) света и обнаружении соответствующего испускаемого света люминесценции фотодиодом (1), выполнен с возможностью подачи сигнала выходного напряжения V_{out} на входную клемму ADC (9) («преобразователь аналогового сигнала в цифровой сигнал»), подключенный к клемме (4) выходного напряжения. Данный ADC (9) преобразует сигнал выходного напряжения V_{out} , принятый в течение промежутка времени измерения Δt_{meas} , в соответствующий оцифрованный сигнал интенсивности света люминесценции.

Сканер дополнительно содержит блок (10) управления, подключенный к датчику (6) тока смещения для приема измеренного значения интенсивности тока смещения I_{bias} , а также подключенный к шине (11) управления.

Блок (10) управления управляет источником (7) питания посредством первого DAC (12) («преобразователя цифрового сигнала в аналоговый сигнал»), подключенного к источнику (7) питания и шине (11) управления, путем установки значения тока возбуждения или напряжения возбуждения и значения промежутка времени возбуждения Δt_{ex} .

Блок (10) управления также управляет оптическим датчиком посредством как ADC (9), дополнительно подключенного к шине (11) управления, так и второго DAC (13), подключенного к резистору смещения R_o , подключенному к аноду фотодиода (1) и дополнительно подключенному к шине (11) управления для преобразования интенсивности тока смещения I_o в оцифрованную интенсивность тока смещения, для установки значения промежутка времени измерения Δt_{meas} и получения сигнала интенсивности света люминесценции в

течение значения промежутка времени измерения Δt_{meas} и для образования профиля $I(t)$ оцифрованного сигнала интенсивности света люминесценции.

Блок (10) управления дополнительно выполнен с возможностью управления источником (7) питания для адаптации значения тока возбуждения или значения напряжения возбуждения, подаваемых на источник (8) света, на основании принятого сигнала интенсивности света люминесценции, так что значение интенсивности света люминесценции, соответствующее принятому сигналу интенсивности света люминесценции, ниже значения максимальной интенсивности I_{max} , соответствующего пороговому значению насыщения фотодиода (1) и операционного усилителя (3).

На фиг. 5 показан вид наконечника компактного сканера, имеющего квадратную форму размером 8 x 8 мм, в котором источник света с четырьмя плоскими светодиодами D1-D4, соединенными последовательно, и оптический датчик с пятью плоскими фотодиодами D5-D9 (в данном случае фотодиоды быстрого реагирования), соединенными параллельно, встроены в плоскую опору (они приклеены к опоре) согласно варианту осуществления настоящего изобретения. Эта параллельное соединение позволяет достичь высокого уровня чувствительности для обнаружения света. В данном случае фотодиоды имеют спектральный диапазон чувствительности от 750 нм до 1100 нм, чувствительную к излучению область площадью 1 мм², время нарастания и спада 5 нс, емкость 11 пФ, спектральную чувствительность чипа 0,65 А/Вт на длине волны $\lambda = 870$ нм, с темновым током 1 нА и обратным напряжением 20 В. Такой компактный наконечник позволяет размещать светодиоды и фотодиоды очень близко к поверхности маркировки, содержащей люминесцентный материал, таким образом избегая любого световода и соответствующих потерь при минимизации рассеянного света. Например, этот головка для носового освещения-обнаружения позволяет измерять сигналы интенсивности света люминесценции каждые 200 нс и, как правило, получать от 30 до 40 значений в течение промежутка времени измерения Δt_{meas} .

В качестве примера, цикл измерения включает следующие этапы:

- предварительный этап для установки смещения (через DAC (13)), в котором оптический датчик сканера обнаруживает свет для получения профиля $I(t)$ интенсивности без возбуждающего освещения источником (8) света. Это позволяет устранить составляющую сигнала интенсивности фототока из-за рассеянного света.
- импульсы света для освещения подаются источником (8) света, который служит для установки амплитуды импульсов таким образом, чтобы обнаруженная максимальная интенсивность фототока (I_{em} в начале затухания) была ниже значения максимальной интенсивности I_{max} , соответствующего пороговому значению насыщения оптического датчика. Затем дополнительно проверяют и, возможно, устанавливают (через DAC (13)) интенсивность тока смещения I_o , так что минимальное значение измеренной интенсивности фототока очень близко к нулю.
- на следующем этапе осуществляют цикл освещения возбуждающим светом в течение промежутка времени возбуждения Δt_{ex} и получения сигнала интенсивности света люминесценции в течение промежутка времени измерения t_{meas} для получения (и сохранения) профилей $I(t)$ оцифрованной интенсивности света люминесценции (как правило, приблизительно сто), и среднее значение вычисляют по указанным профилям, которое, в свою очередь, используют для вычисления соответствующей (тестовой) характеристики времени затухания τ .
- затем осуществляют последний этап аутентификации путем сравнения вычисленного значения τ с эталонным значением τ_{ref} для люминесцентного материала: в случае (разумного) совпадения маркировка, содержащая люминесцентный материал, считается подлинной, если нет, то маркировка считается подделкой. В этом примере могут быть измерены значения времени затухания от 100 до 120 мкс. Испытывали другие примеры с успешным измерением значений времени затухания приблизительно 30 мкс.

Вышеуказанный предмет изобретения следует считать иллюстративным, а не ограничивающим, и он служит для лучшего понимания настоящего изобретения, определяемого независимыми пунктами формулы изобретения.

Формула изобретения

1. Оптический датчик для обнаружения света люминесценции, принятого от люминесцентного материала, содержащий:

регулятор (2) напряжения смещения, выполненный с возможностью подачи напряжения смещения V_b ;

фотодиод (1), имеющий катод, подключенный к регулятору (2) напряжения смещения, так что фотодиод обратно смещен подаваемым напряжением смещения V_b , при этом фотодиод (1) выполнен с возможностью подачи в фотопроводящем режиме интенсивности фототока I_p в ответ на принятый свет люминесценции в заданном спектральном диапазоне фотодиода;

инвертирующий усилитель напряжения, управляемый током, представляющий собой операционный усилитель (3), имеющий резистор цепи обратной связи R_f и конденсатор цепи обратной связи C_f , установленный параллельно резистору цепи обратной связи R_f между инвертирующей входной клеммой и клеммой (4) выходного напряжения операционного усилителя (3), при этом инвертирующая входная клемма операционного усилителя (3) подключена к аноду фотодиода и выполнена с возможностью преобразования подаваемой интенсивности фототока I_p в сигнал выходного напряжения V_{out} на клемме (4) выходного напряжения;

отличающийся тем, что датчик дополнительно содержит

биполярный плоскостной транзистор (5) типа р-п-р, эмиттер Е и основание В которого подключены параллельно указанному резистору цепи обратной связи R_f и конденсатору цепи обратной связи C_f , при этом его основание В подключено к указанной клемме (4) выходного напряжения и его заземленному коллектору С.

2. Оптический датчик по п. 1, отличающийся тем, что регулятор (2) напряжения смещения представляет собой малошумный регулятор (2) напряжения смещения с ответом переходного процесса.

3. Оптический датчик по п. 1 или 2, отличающийся тем, что датчик дополнительно содержит конденсаторы C_1 и C_2 , подключенные в ряд к катоду фотодиода (1) и заземленные, заземленный резистор R_g , подключенный к неинвертирующей входной клемме операционного усилителя (3), и клемму между конденсаторами C_1 и C_2 , выполненную с возможностью ограничения колебаний напряжения, вызванных регулятором (2) напряжения смещения.

4. Оптический датчик по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что датчик дополнительно содержит датчик (6) тока смещения, подключенный к клемме выходного напряжения регулятора (2) напряжения смещения и катоду фотодиода, выполненный с возможностью измерения интенсивности тока смещения I_{bias} , подаваемого на фотодиод (1).

5. Сканер для обнаружения света люминесценции от люминесцентного материала при освещении возбуждающим светом в пределах диапазона длин волн возбуждения, при этом указанный люминесцентный материал испускает указанный свет люминесценции в пределах диапазона длин волн испускания, содержащий:

источник (7) питания, выполненный с возможностью подачи изменяющегося тока возбуждения или напряжения возбуждения; и

источник (8) света, подключенный к указанному источнику (7) питания и выполненный с возможностью освещения указанного люминесцентного материала указанным возбуждающим светом в пределах указанного диапазона длин волн возбуждения при подачи тока возбуждения или напряжения возбуждения источником (7) питания, в течение промежутка времени возбуждения Δt_{ex} , при этом указанный источник (8) света выполнен с возможностью создания указанного возбуждающего света интенсивностью

возбуждающего света, варьирующей согласно подаваемому току возбуждения или напряжению возбуждения,

отличающийся тем, что сканер дополнительно содержит

оптический датчик по п. 4, выполненный с возможностью подачи сигнала выходного напряжения V_{out} на входную клемму преобразователя (9) аналогового сигнала в цифровой сигнал, подключенного к клемме (4) выходного напряжения, при освещении указанного люминесцентного материала указанным источником (8) света и обнаружении соответствующего испускаемого света люминесценции, при этом преобразователь (9) аналогового сигнала в цифровой сигнал выполнен с возможностью преобразования сигнала выходного напряжения V_{out} в оцифрованный сигнал интенсивности света люминесценции в течение промежутка времени измерения Δt_{meas} ; и

блок (10) управления, подключенный к датчику (6) тока смещения для приема измеренного значения интенсивности тока смещения I_{bias} и дополнительно подключенный к шине (11) управления, при этом блок (10) управления выполнен с возможностью управления

источником (7) питания посредством первого преобразователя (12) цифрового сигнала в аналоговый сигнал, подключенного между источником (7) питания и шиной (11) управления, путем установки значения тока возбуждения или напряжения возбуждения и значения промежутка времени возбуждения Δt_{ex} , и

оптическим датчиком посредством как преобразователя (9) аналогового сигнала в цифровой сигнал, дополнительно подключенного к шине (11) управления, так и второго преобразователя (13) цифрового сигнала в аналоговый сигнал, подключенного к резистору смещения R_o , подключенному к аноду фотодиода (1) и дополнительно подключенному к шине (11) управления для преобразования интенсивности тока смещения I_o в оцифрованную интенсивность тока смещения, для установки значения промежутка времени измерения Δt_{meas} и получения сигнала интенсивности света люминесценции в течение значения промежутка

времени измерения Δt_{meas} для образования профиля $I(t)$ оцифрованного сигнала интенсивности света люминесценции,

при этом

указанный блок (10) управления дополнительно выполнен с возможностью приема указанного сигнала интенсивности света люминесценции и управления указанным источником (7) питания для адаптации значения тока возбуждения или значения напряжения возбуждения, подаваемых на источник (8) света, так что значение интенсивности света люминесценции, соответствующее подаваемому сигналу интенсивности света люминесценции, ниже значения максимальной интенсивности I_{max} , соответствующего пороговому значению насыщения фотодиода (1).

6. Сканер по п. 5, отличающийся тем, что блок (10) управления, на основании измеренного значения интенсивности тока смещения I_{bias} , дополнительно выполнен с возможностью адаптации значения тока возбуждения или значения напряжения возбуждения, подаваемых на источник (8) света, так что уровень соответствующей интенсивности тока в фотодиоде (1) ниже порогового значения интенсивности тока фотодиода, и уровень соответствующей интенсивности тока через биполярный плоскостной транзистор (5) типа р-п-р ниже порогового значения интенсивности тока транзистора.

7. Сканер по любому из п. 5 и 6, отличающийся тем, что блок (10) управления, на основании измеренного значения интенсивности тока смещения I_{bias} , принятого значения оцифрованной интенсивности тока смещения I_0 и принятого значения оцифрованного сигнала интенсивности света люминесценции, дополнительно выполнен с возможностью установки значения подаваемой интенсивности тока смещения I_0 через второй преобразователь (13) цифрового сигнала в аналоговый сигнал.

8. Сканер по п. 7, отличающийся тем, что блок управления выполнен с возможностью выключения источника (8) света, а затем получения

оцифрованного сигнала интенсивности света люминесценции и установки значения тока смещения, таким образом, чтобы обеспечить близкое к нулю значение полученного оцифрованного сигнала интенсивности света люминесценции, тем самым компенсируя интенсивность тока из-за рассеянного света.

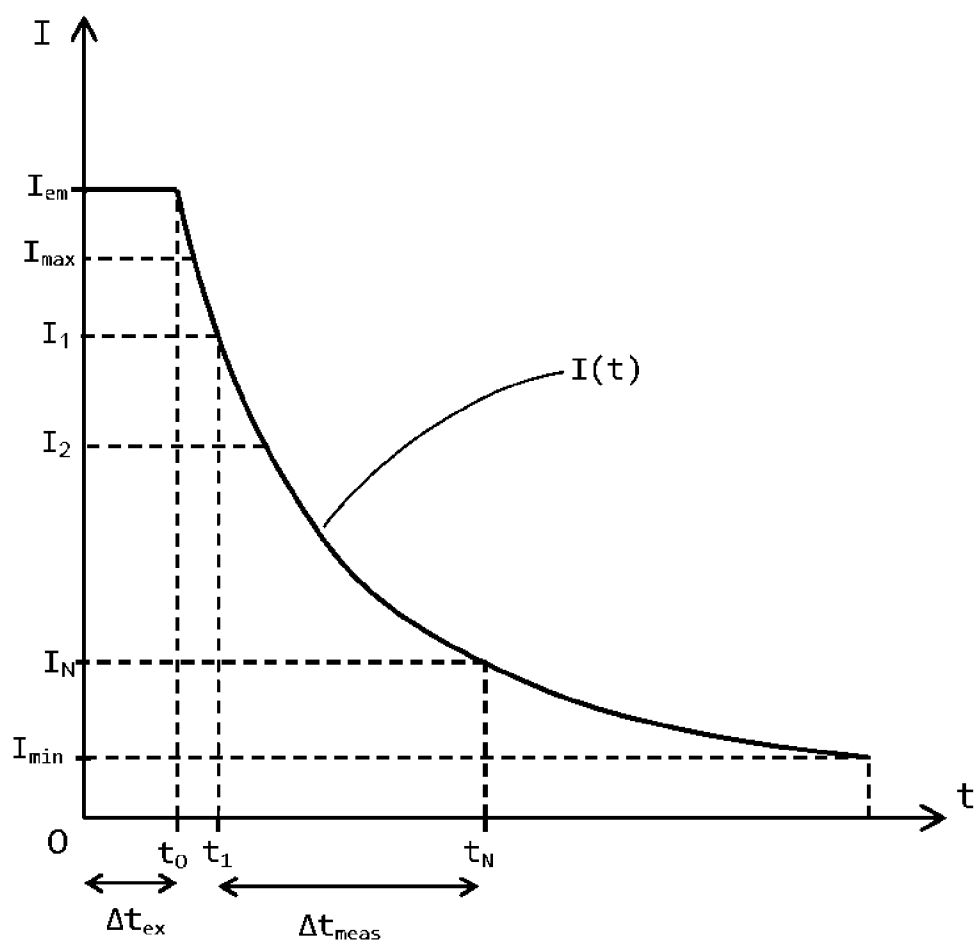
9. Сканер по п. 8, отличающийся тем, что блок управления дополнительно выполнен с возможностью подачи питания на источник (8) света, а затем образования профиля $I(t)$ оцифрованного сигнала интенсивности света люминесценции, проверки того, если значение оцифрованного сигнала интенсивности света люминесценции, полученного после промежутка времени измерения Δt_{meas} , близко к нулю, и в случае, если указанное проверенное значение не близко к нулю, дополнительной установки значения тока смещения для обеспечения близкого к нулю значения оцифрованного сигнала интенсивности света люминесценции, дополнительно полученного после промежутка времени измерения Δt_{meas} , а затем управления сканером для освещения люминесцентного материала в течение промежутка времени возбуждения Δt_{ex} , получения по меньшей мере одного соответствующего профиля $I(t)$ оцифрованного сигнала интенсивности света люминесценции в течение промежутка времени измерения Δt_{meas} и хранения в запоминающем устройстве каждого полученного профиля оцифрованного сигнала интенсивности света люминесценции.

10. Сканер по п. 9, отличающийся тем, что блок управления дополнительно выполнен с возможностью определения значения времени затухания люминесцентного материала из сохраненного профиля оцифрованного сигнала интенсивности света люминесценции.

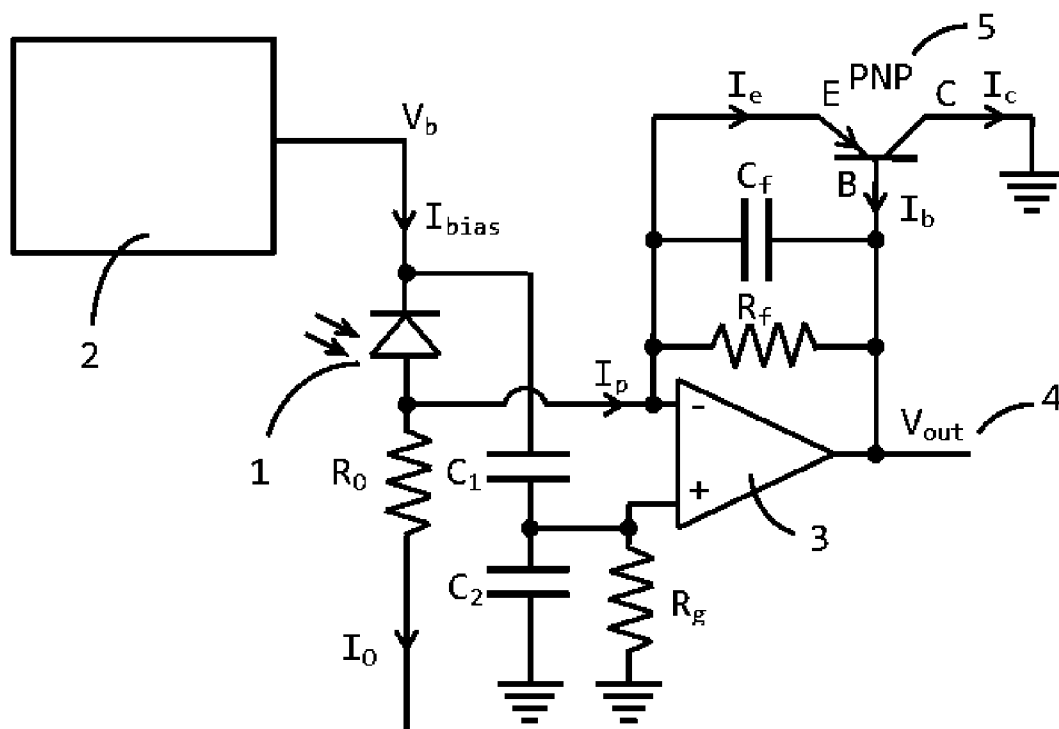
11. Сканер по п. 10, отличающийся тем, что блок управления дополнительно выполнен с возможностью решения того, является ли люминесцентный материал подлинным, в случае совпадения определенного значения времени затухания с эталонным значением времени затухания.

12. Сканер по любому из пп. 5–11, отличающийся тем, что источник (8) света для освещения содержит плоский светодиод, фотодиод (1) представляет собой плоский фотодиод, и указанный плоский светодиод и плоский фотодиод установлены смежно и соединены на плоском опорном элементе наконечника сканера для освещения люминесцентного материала и сбора соответствующего света люминесценции, тем самым обеспечивая размещение наконечника близко к люминесцентному материалу для улучшения освещения и эффективного сбора света люминесценции без необходимости использования световода.

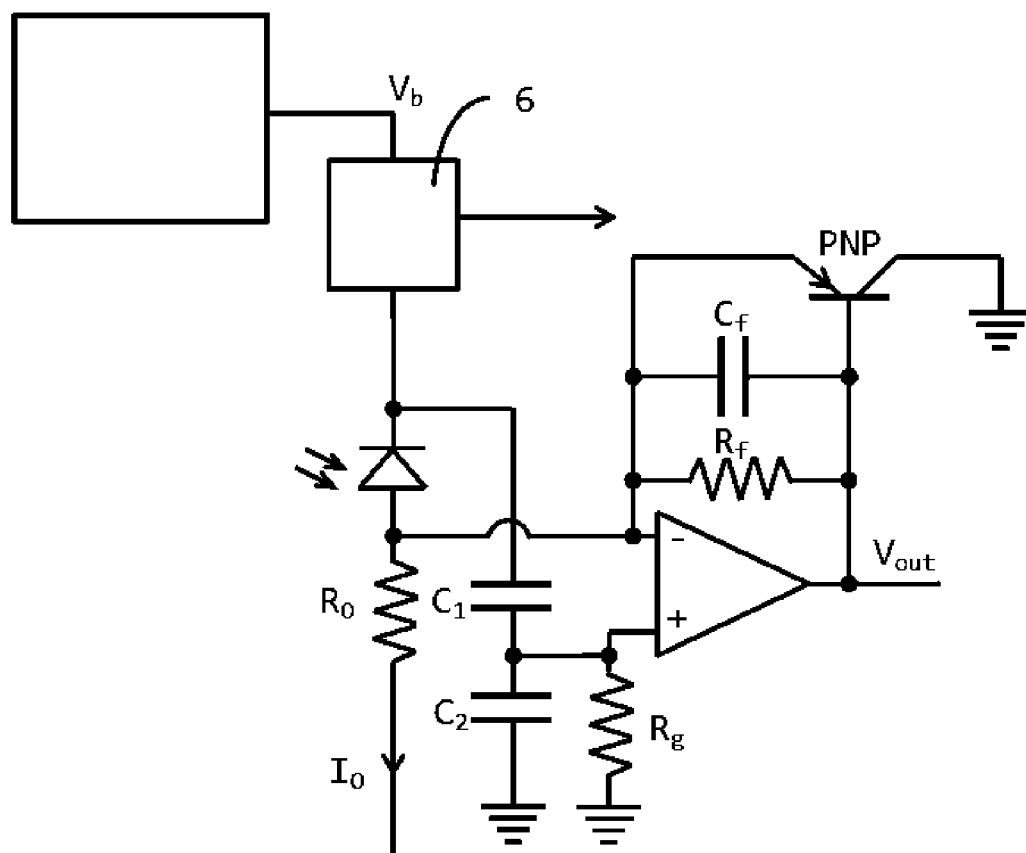
13. Сканер по п. 12, отличающийся тем, что источник (8) света для освещения содержит множество плоских светодиодов, соединенных последовательно на опорном элементе, и множество плоских фотодиодов, соединенных параллельно на опорном элементе.



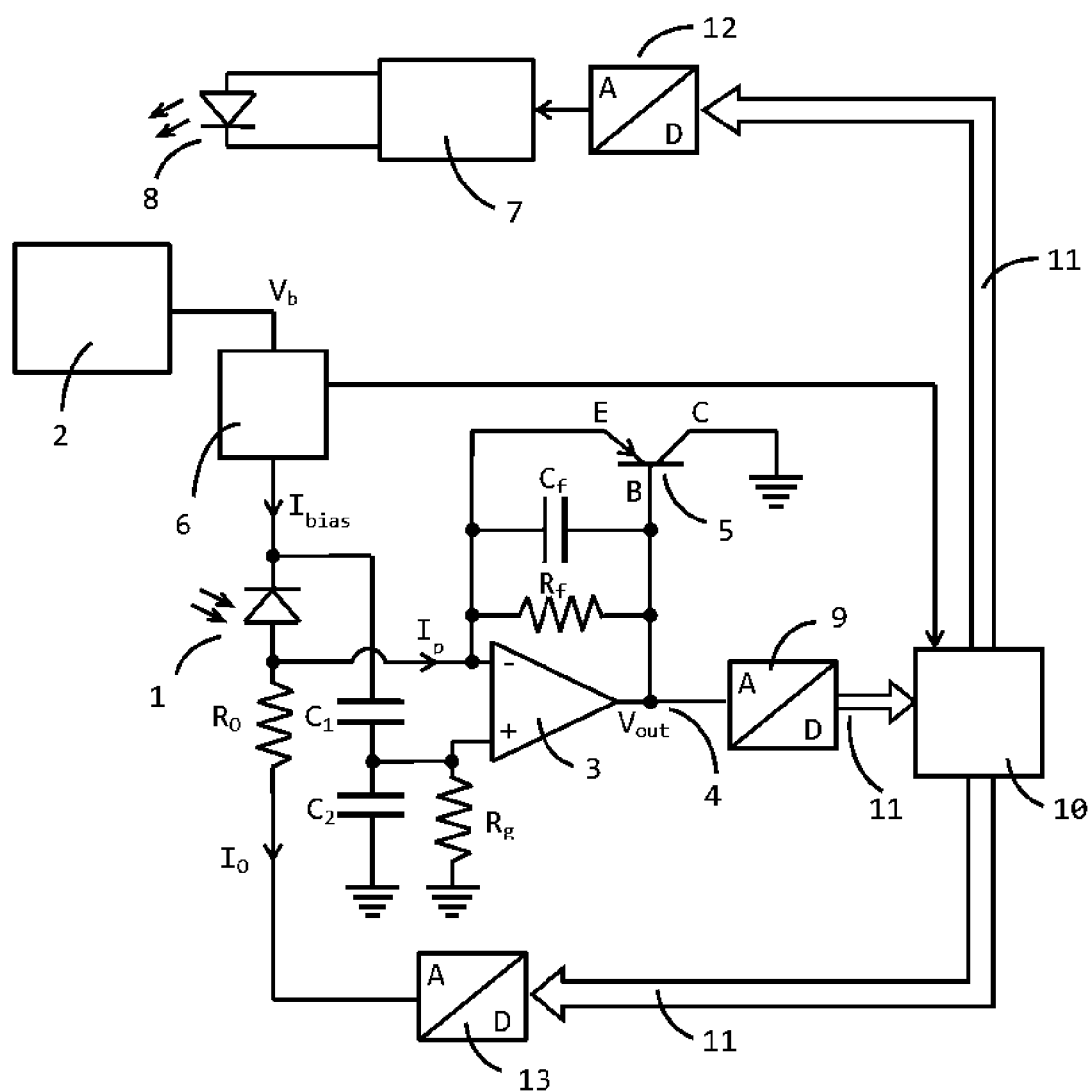
Фиг. 1



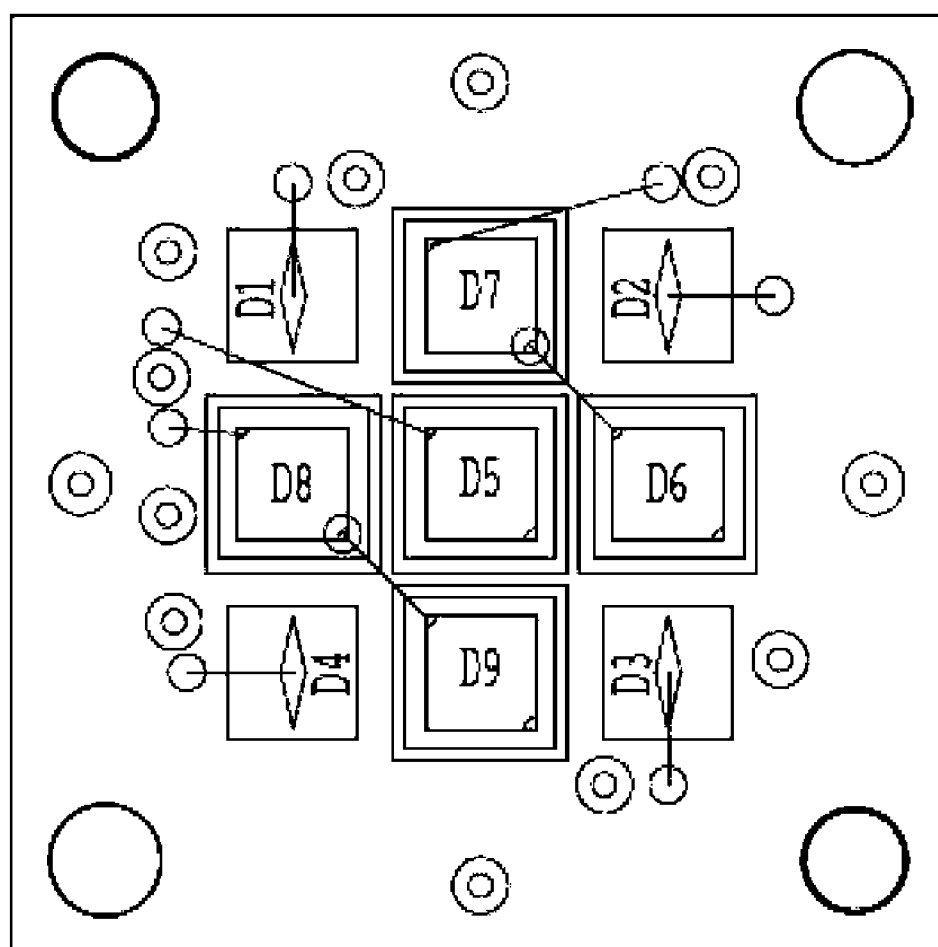
Фиг. 2



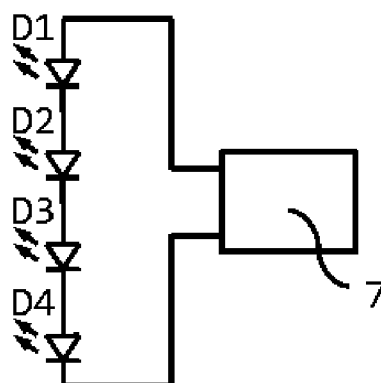
ФИГ. 3



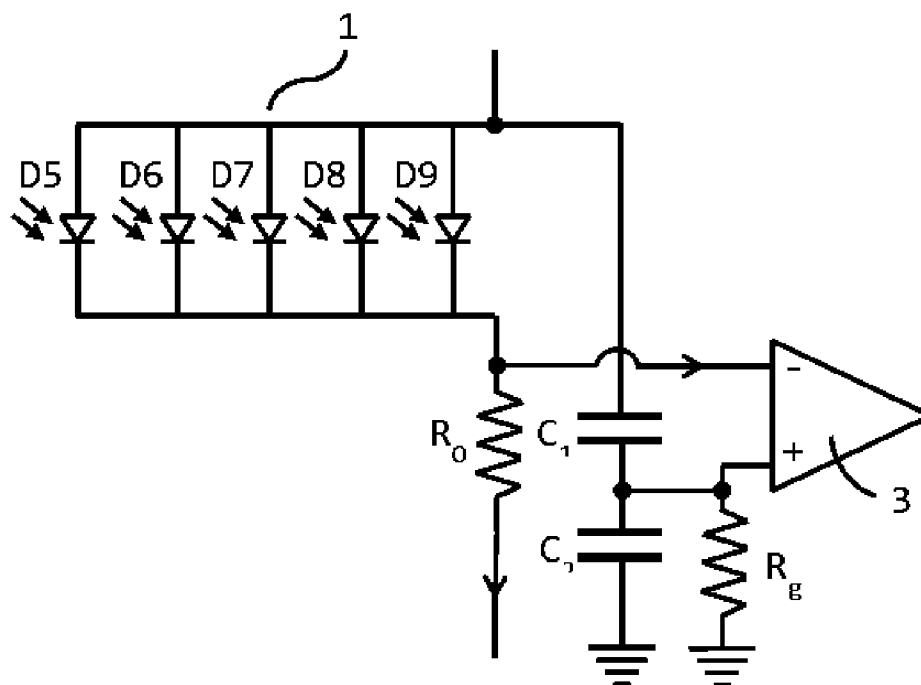
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7