

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **039182**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.12.15

(51) Int. Cl. **G07D 7/1205** (2016.01)
G07D 7/202 (2016.01)

(21) Номер заявки
201892785

(22) Дата подачи заявки
2017.06.26

**(54) СИСТЕМА И СПОСОБ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ ОБЪЕКТА И
ГЕНЕРИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ПОДЛИННОСТИ ОБЪЕКТА**

(31) 16177272.8

(56) WO-A1-2008113962

(32) 2016.06.30

US-A1-2012008133

(33) EP

US-A1-2015156394

(43) 2019.06.28

(86) PCT/EP2017/065668

(87) WO 2018/001942 2018.01.04

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
СИКПА ХОЛДИНГ СА (СН)

(72) Изобретатель:
**Дорье Жан-Люк, Диноев Тодор, Реми
Ксавье-Седрик, Халаз Эдмунд (СН)**

(74) Представитель:
Рыбина Н.А., Рыбин В.Н. (RU)

(57) Система (200) для формирования изображения, предназначенная для формирования изображения и генерирования показателя подлинности объекта (10), содержит систему (30) для получения спектрального изображения и систему (60) датчиков изображения. Они расположены таким образом, что при попадании электромагнитного излучения (20) от объекта (10) на систему (30) для получения спектрального изображения излучение отклоняется в различных направлениях, по меньшей мере, на нерассеянную часть (40) и рассеянную часть (50), и их изображения формируются системой (60) датчиков изображения. Система (200) для формирования изображения далее выполнена с возможностью генерирования показателя подлинности объекта (10) в зависимости, по меньшей мере, от отношения между сформированным изображением рассеянной части, сформированным изображением нерассеянной части и эталонной спектральной информацией. Настоящее изобретение также относится к способу формирования изображения.

B1**039182****039182****B1**

Область техники

Настоящее изобретение относится к системам для формирования изображения, предназначенным для формирования изображения объекта и генерирования показателя подлинности объекта. Настоящее изобретение также относится к способам, компьютерным программам, компьютерным программным продуктам и носителям информации для одних и тех же целей.

Предпосылки изобретения

Поставка поддельных товаров на определенном рынке приводит к потере доходов производителей соответствующих неподдельных товаров, а также правительств, когда эти товары подлежат налогообложению. Конечные пользователи страдают от поддельных товаров, поскольку они получают продукты низкого качества, что может даже представлять опасность для здоровья конечного пользователя от определенных продуктов, например, когда лекарственные препараты являются предметом подделки. Следовательно, страдает репутация производителя высококачественных неподдельных продуктов.

Ряд мер, направленных на борьбу с подделкой, был предложен в уровне техники в отношении, например, алкогольных и безалкогольных напитков (пива, вина, спиртных напитков, безалкогольных напитков и т.д.), табачных изделий (сигарет, сигар, рассыпного табака и т.д.), медицинских продуктов, парфюмерных товаров и подакцизных продуктов в целом. Известно, что использование сложных технологий печати позволяет обеспечить максимально сложный рисунок на упаковке для дублирования.

Известно также использование флуоресцирующих элементов, которые выглядят по-одному под окружающим светом и выглядят по-другому при ультрафиолетовом (УФ) излучении. Также используются голографические изображения различной степени сложности. Другие известные методы включают технологию водяных знаков, гравированные линии глубокой печати и метки, которые меняют цвет в зависимости от тепла, приложенного к метке.

Документ CN 202533362 U относится к устройству для идентификации подлинности печатной продукции на основе технологии формирования многоспектральных изображений. Устройство содержит многоспектральный формирователь изображения для осуществления многоспектрального сканирования испытуемого образца (при этом многоспектральный формирователь изображения содержит источник света, решетку и датчик изображения), процессор спектральных данных для сравнения спектральных данных, полученных при сканировании, со спектральными данными стандартного образца, и сервер данных, используемый для хранения спектральных данных стандартного образца. Если разность между спектральными данными, полученными при сканировании, и спектральными данными стандартного образца превышает установленное пороговое значение, испытуемый образец оценивается как подделка. В противном случае, он считается подлинным.

Известный уровень техники также включает различные спектрометры для формирования изображения, используемые для научных наблюдений. Данные системы, как правило, направлены на получение пространственной и спектральной информации высокого разрешения по всем областям сцены или объекта. В частности, спектрометры для формирования изображения представляют собой формирователи изображения, которые обеспечивают возможность извлечения трехмерной карты спектральной плотности потока излучения плоского объекта (куба пространственно-спектральных данных) $I(x, y, \lambda)$ с использованием двумерных матричных детекторов, таких как датчики CCD (т.е. прибор с зарядовой связью) или CMOS (т.е. комплементарная структура металл-оксид-полупроводник). Одним измерением является длина волны, а два других представляют собой пространственную информацию.

Существуют две основные категории спектральных формирователей изображения: спектральные сканирующие формирователи изображения и спектральные формирователи покадрового изображения. Обзор мульти- и гиперспектрального формирователя изображения можно найти, например, в Hagen et al., "Snapshot advantage: a review of the light collection improvement for parallel high-dimensional measurement systems", Optical Engineering 51(11), 111702 (2012), и Hagen et al., "Review of snapshot spectral imaging technologies", Optical Engineering 52(9), 090901 (сентябрь 2013 г.).

Одним из способов захвата трехмерной информации с помощью двумерного датчика является последовательный захват изображений через механически отсканированное колесо или массив оптических фильтров, установленных перед формирователем изображения. Другая возможность заключается в настройке центральной полосы пропускания фильтра, такого как многоступенчатый жидкокристаллический фильтр, акустооптический фильтр или интерферометр Фабри-Перо. Эти два примера относятся к категории спектральных сканирующих формирователей изображения.

Существуют спектральные формирователи покадрового изображения, способные к одновременному захвату изображений в различных спектральных полосах через массив фильтров, и примером является мультиапертурная камера с фильтром (MAFC), использующая массивы элементарных линз с детектором фокальной плоскости.

Также существуют спектральные системы для формирования покадрового изображения на основе просветных дифракционных решеток. Примером может служить спектрометр компьютерной томографии для формирования изображения (CTIS), который использует либо несколько скрещенных просветных решеток, либо специально сконструированную решетку типа киноформ, способную рассеивать несколько спектральных порядков вокруг нулевого порядка. Алгоритмы компьютерной томографии должны

быть использованы для восстановления спектрального излучения объекта.

Другим примером с просветной дифракционной решеткой является спектральный формирователь покадрового изображения с кодированной апертурой (CASSI), который использует сложные маски для затенения некоторых частей изображения объекта для облегчения извлечения спектров.

Интегральные поляризационные спектрометры для формирования изображения зависят также от дифракционных решеток для рассеивания света. В этих установках изображение нарезано различными способами для размещения на входной щели обычного спектрометра для извлечения спектров. Нарезку изображения можно получить либо с использованием пучка волокон и распределением отдельных волокон во входную щель, либо с помощью деления апертуры с использованием массива элементарных линз.

Спектрометры с преобразованием Фурье для формирования изображения также существуют в отдельной категории. Интерферометр сканируется для получения изображений при отличных разностях оптического пути, а спектры восстанавливаются преобразованием Фурье. Некоторые установки зависят от массива элементарных линз для выполнения деления апертуры и анализа средних спектров в разных частях изображения/объекта. Примером является спектрометр с преобразованием Фурье повторного изображения (MIFTS) на основе интерферометра Майкельсона. Другим отличительным примером является гиперспектральный спектрометр с преобразованием Фурье для формирования покадрового изображения (SHIFT), который использует пару двупреломляющих призм для получения различной длины оптического пути.

Ввиду вышеизложенного существует потребность в обеспечении быстрого, простого, недорогого, компактного и надежного оборудования для целей установления подлинности, в частности, но не исключительно, для включения в портативные устройства для проверки.

Краткое описание изобретения

Для решения или, по меньшей мере, частичного, решения вышеупомянутых задач в независимых пунктах формулы изобретения определены системы для формирования изображения, способы формирования изображения, компьютерные программы, компьютерные программные продукты и носители информации согласно настоящему изобретению. В зависимых пунктах формулы изобретения определены конкретные варианты осуществления.

В одном варианте осуществления система для формирования изображения предусмотрена для формирования изображения объекта и генерирования показателя подлинности объекта. Система для формирования изображения содержит один или более датчиков изображения, которые образуют систему датчиков изображения, и один или более оптических элементов, которые образуют систему для получения спектрального изображения. Система для получения спектрального изображения представляет собой такую систему, в которой при попадании электромагнитного излучения от объекта на систему для получения спектрального изображения по меньшей мере часть электромагнитного излучения отклоняется в различных направлениях, по меньшей мере, на нерассеянную часть и рассеянную часть. Более того, система для получения спектрального изображения расположена относительно системы датчиков изображения таким образом, чтобы позволить системе датчиков изображения формировать изображения указанной нерассеянной части в первом участке системы датчиков изображения и указанной рассеянной части в ее втором участке с получением рассеянного изображения. Система для формирования изображения выполнена с возможностью, после формирования изображений системой датчиков изображения нерассеянной части и рассеянной части, по меньшей мере, в один период формирования изображения, генерирования показателя подлинности объекта в зависимости, по меньшей мере, от отношения между сформированным изображением рассеянной части, сформированным изображением нерассеянной части и эталонной спектральной информацией, при этом генерирование показателя подлинности включает одно из

формирования обратной свертки сформированного изображения рассеянной части посредством сформированного изображения нерассеянной части и определения того, насколько результат соответствует эталонной спектральной информации;

формирования обратной свертки сформированного изображения рассеянной части посредством эталонной спектральной информации и определения того, насколько результат соответствует сформированному изображению нерассеянной части; и

формирования свертки сформированного изображения нерассеянной части и эталонной спектральной информации и определения того, насколько результат соответствует сформированному изображению рассеянной части,

при этом если результат определения степени соответствия превышает предварительно заданное пороговое значение, то подтверждается, что объект является подлинным, в противном случае, подтверждается, что объект является неподлинным.

Такая система для формирования изображения обеспечивает возможность эффективной верификации того, совпадает ли и/или насколько совпадает отношение между сформированным изображением рассеянной части, сформированным изображением нерассеянной части и эталонной спектральной информацией, которая представляет собой ожидаемый спектральный состав электромагнитного излучения от объекта, с предсказанной физикой. Если совпадает, то объект, вероятно, является подлинным. В противном случае, объект, более вероятно, является подделкой.

В одном варианте осуществления система для получения спектрального изображения содержит по меньшей мере одно из дифракционного элемента, просветной дифракционной решетки, концентрирующей просветной дифракционной решетки, объемной топографической решетки, отражательной дифракционной решетки, схемы, содержащей расщепитель луча и дифракционную решетку, и схемы, содержащей расщепитель луча и дисперсионную призму.

В одном варианте осуществления объект имеет маркировку. Маркировка содержит по меньшей мере один машиночитаемый код.

В одном варианте осуществления генерирование показателя подлинности дополнительно включает декодирование кода из маркировки в пределах сформированного изображения нерассеянной части и верификацию подлинности кода.

В одном варианте осуществления настоящее изобретение также относится к способу формирования изображения, предназначенному для формирования изображения объекта и генерирования показателя подлинности объекта. В способе формирования изображения используют одно из следующего: один или более датчиков изображения, которые образуют систему датчиков изображения, и один или более оптических элементов, которые образуют систему для получения спектрального изображения. Система для получения спектрального изображения представляет собой такую систему, в которой при попадании электромагнитного излучения от объекта на систему для получения спектрального изображения по меньшей мере часть электромагнитного излучения отклоняется в различных направлениях, по меньшей мере, на нерассеянную часть и рассеянную часть. Более того, система для получения спектрального изображения расположена относительно системы датчиков изображения таким образом, чтобы позволить системе датчиков изображения формировать изображения указанной нерассеянной части в первом участке системы датчиков изображения и указанной рассеянной части в ее втором участке с получением рассеянного изображения. Способ формирования изображения включает следующие операции, на которых формируют изображения системой датчиков изображения нерассеянной части и рассеянной части по меньшей мере в один период формирования изображения и генерируют показатель подлинности объекта в зависимости, по меньшей мере, от отношения между сформированным изображением рассеянной части, сформированным изображением нерассеянной части и эталонной спектральной информацией, при этом генерирование (s400) показателя подлинности включает одно из

формирования обратной свертки сформированного изображения рассеянной части посредством сформированного изображения нерассеянной части и определения того, насколько результат соответствует эталонной спектральной информации;

формирования обратной свертки сформированного изображения рассеянной части посредством эталонной спектральной информации и определения того, насколько результат соответствует сформированному изображению нерассеянной части; и

формирования свертки сформированного изображения нерассеянной части и эталонной спектральной информации и определения того, насколько результат соответствует сформированному изображению рассеянной части, при этом если результат определения степени соответствия превышает предварительно заданное пороговое значение, то подтверждается, что объект является подлинным, в противном случае подтверждается, что объект является неподлинным.

В одном варианте осуществления способ формирования изображения дополнительно включает следующие операции, на которых формируют изображение посредством системы датчиков изображения во множестве периодов освещения нерассеянной части и рассеянной части, при этом генерирование показателя подлинности включает генерирование для каждого периода освещения промежуточного показателя подлинности в зависимости, по меньшей мере, от отношения между изображением рассеянной части, сформированным в период освещения, изображением нерассеянной части, сформированным в период освещения, и частью эталонной спектральной информации, при этом указанная часть эталонной спектральной информации связана с тем, как был освещен объект в течение периода освещения; и генерирование показателя подлинности на основе множества сгенерированных промежуточных показателей подлинности.

В этом варианте осуществления способ формирования изображения дополнительно включает следующие операции, на которых формируют изображение посредством системы датчиков изображения во множестве периодов освещения нерассеянной части и рассеянной части, при этом генерирование показателя подлинности включает обработку сформированного изображения нерассеянной части на основе, по меньшей мере, изображения нерассеянной части, сформированного в первый период освещения среди множества периодов освещения, и изображения нерассеянной части, сформированного во второй период освещения среди множества периодов освещения, при этом условия освещения в течение первого периода освещения, по меньшей мере частично, отличаются от условий освещения в течение второго периода освещения; обработку сформированного изображения рассеянной части на основе, по меньшей мере, изображения рассеянной части, сформированного в первый период освещения, и изображения рассеянной части, сформированного во второй период освещения; и генерирование показателя подлинности в зависимости, по меньшей мере, от отношения между обработанным сформированным изображением нерассеянной части, обработанным сформированным изображением нерассеянной части и эталонной спек-

тральной информацией.

В другом варианте осуществления способ формирования изображения дополнительно включает операцию управления освещением объекта.

Краткое описание графических материалов

Варианты осуществления настоящего изобретения далее будут описаны в сочетании с прилагаемыми фигурами, на которых

на фиг. 1 схематически проиллюстрированы объект, подлежащий формированию его изображения, и система для формирования изображения в одном варианте осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 2 схематически проиллюстрированы объект, подлежащий формированию его изображения, и система в одном варианте осуществления настоящего изобретения, где система содержит как систему для формирования изображения, так и схему освещения;

на фиг. 3 схематически проиллюстрированы объект, подлежащий формированию его изображения, и система в одном варианте осуществления настоящего изобретения, где система, в частности, содержит освещающие элементы, расположенные вокруг системы для получения спектрального изображения;

на фиг. 4-6 схематически проиллюстрированы три системы для формирования изображения и объекты, подлежащие формированию их изображений, в трех вариантах осуществления настоящего изобретения соответственно;

на фиг. 7 и 8 схематически представлены с использованием приближения посредством решетки тонких линз две системы для формирования изображения и метки, подлежащие формированию их изображений, в двух вариантах осуществления настоящего изобретения, соответственно, где на фиг. 8, в частности, проиллюстрировано разделение порядка;

на фиг. 9a схематически проиллюстрирована система для формирования изображения в одном варианте осуществления настоящего изобретения, где система для формирования изображения представляет собой устройство для формирования изображения;

на фиг. 9b схематически проиллюстрирована система в одном варианте осуществления настоящего изобретения, где система содержит как систему для формирования изображения, так и схему освещения, и где система представляет собой устройство для формирования изображения;

на фиг. 10a схематически проиллюстрирована система для формирования изображения в одном варианте осуществления настоящего изобретения, где система для формирования изображения содержит устройство для формирования изображения, и указанное устройство для формирования изображения содержит систему датчиков изображения и систему для получения спектрального изображения, но указанное устройство для формирования изображения не выполнено с возможностью действительного генерирования показателя подлинности;

на фиг. 10b схематически проиллюстрирована система в одном варианте осуществления настоящего изобретения, где система содержит устройство для формирования изображения, и указанное устройство для формирования изображения содержит систему датчиков изображения, систему для получения спектрального изображения и схему освещения, но указанное устройство для формирования изображения не выполнено с возможностью действительного генерирования показателя подлинности;

на фиг. 11 представлена блок-схема способа формирования изображения в одном варианте осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 12a-12c представлены блок-схемы способов формирования изображения в трех вариантах осуществления настоящего изобретения, где генерирование показателя подлинности зависит, по меньшей мере, от того, насколько сформированное изображение рассеянной части соответствует свертке сформированного изображения нерассеянной части и эталонной спектральной информации;

на фиг. 13 представлена блок-схема способа формирования изображения в одном варианте осуществления настоящего изобретения, включающего декодирование кода из маркировки в пределах сформированного изображения нерассеянной части и верификацию подлинности кода;

на фиг. 14a схематически проиллюстрирована система для формирования изображения в одном варианте осуществления настоящего изобретения в применении путем моделирования к одной точке двумерного матричного штрих-кода;

на фиг. 14b схематически проиллюстрирована система для формирования изображения в одном варианте осуществления настоящего изобретения в применении путем моделирования к двумерному матричному штрих-коду;

на фиг. 15 показаны иллюстративные изображения нулевого и первого порядка двумерных матричных штрих-кодов, напечатанных на этикетках, сформированные системой для формирования изображения в одном варианте осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 16 показан иллюстративный результат (верхний правый график) обратной свертки по столбцам (или подобного нелинейного процесса) из изображения двумерного матричного штрих-кода, содержащего компоненты нулевого и первого порядка (изображение слева), а также сравнение среднего количества всех кривых спектра верхнего правого графика относительно эталонной спектральной информации (нижний правый график);

на фиг. 17-19 схематически проиллюстрированы три системы для формирования изображения в

трех вариантах осуществления настоящего изобретения, соответственно;

на фиг. 20 и 21 схематически проиллюстрировано генерирование показателя подлинности объекта в двух вариантах осуществления настоящего изобретения, где система датчиков изображения формирует изображения нерассеянной части и рассеянной части во множестве периодов освещения;

на фиг. 22, 23а и 23b представлены блок-схемы способов формирования изображения в трех вариантах осуществления настоящего изобретения, где генерирование показателя подлинности объекта следует за формированием изображений системой датчиков изображения нерассеянной части и рассеянной части во множестве периодов освещения;

на фиг. 24а и 24b показаны изображения крышки банки безалкогольного напитка без маски (фиг. 24а) и с маской (фиг. 24b), захваченные с использованием системы для формирования изображения в одном варианте осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 25 показаны примеры изображений крышки банки безалкогольного напитка, захваченные без физической маски, но возбужденные в двух различных периодах освещения синим светом (изображение слева) и зеленым светом (изображение справа), в одном варианте осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 26 показаны примеры вычитанных из фона изображений с использованием двух разных линейных комбинаций в одном варианте осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 27 показаны примеры извлеченных спектров с применением и без применения алгоритма DIBS к захваченным изображениям в одном варианте осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 28 показана спектральная отражательная способность двух разных цветных пигментов;

на фиг. 29 показано типичное относительное спектральное распределение белого светодиода;

на фиг. 30 показано типичное относительное спектральное распределение лампы накаливания при температуре 3000 К по сравнению с распределением солнца;

на фиг. 31 показан спектр возбуждения и спектр испускания иллюстративного флуоресцентного красителя;

на фиг. 32 и 33 показаны спектры испускания и возбуждения для иллюстративных фосфоресцирующих фосфорных пигментов;

на фиг. 34 представлен схематический чертеж иллюстративного выполнения блока вычисления согласно одному варианту осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 35а-35d схематически проиллюстрированы примеры периода(ов) формирования изображения и периода освещения в четырех вариантах осуществления изобретения; и

на фиг. 36 схематически проиллюстрирована система для формирования изображения, содержащая, с одной стороны, устройство для формирования изображения, содержащее систему датчиков изображения, где устройство для формирования изображения представляет собой сотовый телефон с камерой, и, с другой стороны, вспомогательное устройство для формирования изображения, содержащее систему для получения спектрального изображения.

Подробное описание

Настоящее изобретение далее будет описано в сочетании с конкретными вариантами осуществления. Эти конкретные варианты осуществления служат для обеспечения лучшего понимания специалистом в данной области техники, но не предназначены для ограничения объема настоящего изобретения, который определен прилагаемой формулой изобретения. Перечень сокращений и их значения приведены в конце подробного описания.

На фиг. 1 схематически проиллюстрирована система 200 для формирования изображения в одном варианте осуществления настоящего изобретения. Система 200 предназначена для формирования изображения объекта 10 и генерирования показателя подлинности объекта 10, т.е. изделия. Объект 10 может, например, представлять собой без ограничения бутылку или банку пива, вина, спиртного напитка или безалкогольного напитка, пачку, упаковку или коробку сигарет или сигар, медицинскую упаковку, флакон духов или любые другие подакцизные продукты, банкноту, ценную бумагу, идентификационный документ, карту, билет, этикетку, бандероль, защитную фольгу, защитную нить или т.п. Объект 10 имеет по меньшей мере одну часть, поверхность или сторону, на которую нанесены видимые или невидимые метка, логотип, знак, изображение или узор, например, напечатанные краской для печати и/или покрытием, либо напечатанные на этикетке, расположенной на объекте 10, либо напечатанные непосредственно на объекте 10 (как, например, на крышке, капсуле или т.п. объекта 10, при этом крышка или капсула могут, например, иметь закрашенный фон). Известна ожидаемая спектральная чувствительность указанной части, поверхности или стороны и, возможно, краски на них (которые могут или не могут иметь, например, фотолюминесцентные свойства), подверженные конкретным условиям освещения, которая также составляет часть эталонной спектральной информации.

Система 200 содержит систему 60, далее называемую в данном документе как "система датчиков изображения" 60, состоящую из одного или более датчиков изображения. Система 200 также содержит другую систему 30, далее называемую в данном документе как "система для получения спектрального изображения" 30, состоящую из одного или более оптических элементов.

В одном варианте осуществления система 60 датчиков изображения содержит одну или более мат-

риц CCD или детекторов CMOS для записи распределения интенсивности падающей электромагнитной энергии. Система 30 для получения спектрального изображения не только рассеивает электромагнитную энергию, но также может собирать электромагнитную энергию от объекта 10 и фокусировать лучи электромагнитной энергии для создания изображения объекта 10 на плоскости изображения, где размещена система 60 датчиков изображения. В одном варианте осуществления система 30 для получения спектрального изображения содержит, с одной стороны, по меньшей мере одно из дифракционного элемента, преломляющего элемента, одной или более линз и объектива для создания изображения объекта 10 на плоскости изображения, где размещена система 60 датчиков изображения, и, с другой стороны, широкополосный фильтр (также называемый "длинноволновой пропускающий фильтр") для ограничения спектрального диапазона, используемого для установления подлинности.

Система 200 может также содержать необязательно различные вспомогательные элементы (не показаны на фиг. 1), такие как, например, любой один из или любая комбинация: а) корпуса для размещения, покрытия и/или защиты системы 30 для получения спектрального изображения и системы 60 датчиков изображения; b) опорных элементов, выполненных как единое целое внутри корпуса или прикрепленных к нему для поддержания системы 30 для получения спектрального изображения в фиксированном или, по существу, фиксированном относительно положении относительно системы 60 датчиков изображения; c) защитного кожуха или средств для защитного покрытия, предназначенных для использования между объектом 10 и системой 30 для получения спектрального изображения во избежание излишнего освещения от окружающего света и/или солнечного света (в этом случае в данном защитном кожухе может содержаться контролируемый источник освещения); d) дополнительных оптических фильтров (длинноволновых пропускающих, широкополосных и т.д.), что может быть особенно преимущественным, например, если система 200 для формирования изображения работает в режиме люминесценции для вырезания отражения источника излучения; e) контроллера или управляющих средств или блоков для управления работой системы 60 датчиков изображения и других элементов; f) средств вывода и ввода для предоставления информации оператору и приема информации от оператора, таких как экран дисплея, клавиатура, кнопки, ручки управления, светодиодные индикаторы и т.д. (в этом отношении см. также фиг. 34 и соответствующее описание); и g) аккумулятора для питания различных электронных частей системы 200.

Система 30 для получения спектрального изображения составлена и расположена так, что если электромагнитное излучение 20 от объекта 10 освещает систему 30 или, в частности, ее определенную часть, поверхность, сторону, апертуру или отверстие, по меньшей мере часть излучения 20 разделяется в различных направлениях, по меньшей мере, на нерассеянную часть 40 и рассеянную часть 50. Система 30 может, например, содержать дифракционный элемент, просветную дифракционную решетку (также известную просто как "просветная решетка" или редко как "просветная дифракционная решетка"), концентрирующую просветную дифракционную решетку, объемную топографическую решетку, призму (также называемую "призма-решетка"), отражательную дифракционную решетку, схему, содержащую расщепитель луча и дифракционную решетку, схему, содержащую расщепитель луча и дисперсионную призму, или комбинацию любого из них. Если система 30 преломляет излучение 20, нерассеянная часть 40 может быть упомянута как часть нулевого порядка дифракции излучения, а рассеянная часть 50 может быть упомянута как часть ненулевого порядка дифракции, как, например, отрицательная или положительная часть первого порядка дифракции излучения.

Ниже приведены некоторые примеры просветных решеток, которые могут быть использованы в некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения.

Пример 1. В частности, для просветной решетки, установленной перед объективом (см. также в этом отношении фиг. 4 и 17), можно использовать Thorlabs #GT13-06V (от компании Thorlabs, Inc., расположенной в Ньютон, штат Нью-Джерси, США) с плотностью штрихов 600 штрихов на мм (штр./мм), углом наклона штриха $28,7^\circ$, размером $12,7 \times 12,7 \times 3$ мм из стекла Schott B270.

Пример 2. В частности, для просветной решетки, установленной между объективом и датчиком(ами) изображения (см. также в этом отношении фиг. 5, 6, 18 и 19), можно использовать решетку Richardson 340056TB07-775R (от компании Newport Corporation, расположенной в Рочестер, штат Нью-Йорк, США) с плотностью штрихов 360 штр./мм, углом наклона штриха 21° и размером $12,7 \times 12,7 \times 3$ мм.

Пример 3. В частности, для решетки, установленной с внутренней стороны, с расширенным полем обзора можно использовать Thorlabs #GTU13-06 с плотностью штрихов 600 штр./мм, углом наклона штриха 22° и размером $12,7 \times 12,7 \times 2$ мм из плавленого кварца.

Электромагнитное излучение 20, исходящее от объекта 10 и освещающее систему 30 для получения спектрального изображения, может возникать частично или полностью из отражения электромагнитного излучения, испускаемого источником электромагнитного излучения (не показан на фиг. 1). Излучение 20 от объекта 10 и системы 30 освещения может в качестве альтернативы или дополнения возникать частично или полностью из некоторой формы фотолюминесценции (т.е. флуоресценции или фосфоресценции) вещества объекта 10 при или после освещения объекта 10 электромагнитным излучением, испускаемым источником электромагнитного излучения. В обоих случаях (т.е. излучение отражением или не-

которой формой фотолюминесценции) источник электромагнитного излучения может в одном варианте осуществления быть встроен или прикреплен к корпусу, содержащему систему 200 для формирования изображения (или ее часть). Указанный источник электромагнитного излучения может, например, представлять собой источник света, источник инфракрасного излучения и/или источник УФ-излучения. В одном варианте осуществления источник электромагнитного излучения представляет собой источник освещения, управляемый системой 200 или управляемый вместе с ней.

Электромагнитное излучение 20, исходящее от объекта 10, как правило, содержит излучение более одной длины волны, в частности, когда объект 10 является подлинным. Таким образом, излучение 20, как правило, является полихроматическим в широком смысле этого слова, т.е. не обязательно ограниченными видимыми цветами. Излучение 20 может происходить, например, в любом диапазоне длин волн, охватываемом от 180 нм (УФ-излучение) до 2500 нм (инфракрасное излучение), т.е. в диапазоне видимого света и/или вне этого диапазона (например, в ближнем инфракрасном (NIR) или коротковолновом инфракрасном (SWIR) диапазоне). Часть излучения 20, достигающая системы 30 для получения спектрального изображения, которая фактически диспергирована, может зависеть от характеристик оптического(их) элемента(ов), образующего(их) систему 30. Например, длинноволновой пропускающий фильтр можно использовать для выбора спектрального диапазона, подлежащего анализу.

Кроме того, система 30 для получения спектрального изображения расположена относительно системы 60 датчиков изображения таким образом, чтобы позволить системе 60 одновременно формировать изображение в одном периоде формирования изображения (как проиллюстрировано фиг. 35a), последовательно формировать изображение в двух периодах формирования изображения (как проиллюстрировано фиг. 35b) или частично одновременно формировать изображение в двух периодах формирования изображения (как проиллюстрировано фиг. 35c и 35d) нерассеянной части 40 в первом участке системы 60 и рассеянной части 50 во втором участке системы 60.

Примером датчика изображения, который может быть использован в некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения, является 1/3-дюймовый датчик цифрового изображения CMOS с разрешением Wide-VGA MT9V022 от компании ON Semiconductor, расположенной в Финикс, штат Аризона, США. Этот датчик имеет разрешение 752×480 пикселей с размером 6 мкм, образуя активный формирователь изображения размером 4,51 мм×2,88 мм и диагональю 5,35 мм.

Период формирования изображения в этом случае определяется как а) если нерассеянная часть 40 и рассеянная часть 50 одновременно захвачены системой 60 датчиков изображения, период, в течение которого захватывают как нерассеянную часть 40, так и рассеянную часть 50 (как проиллюстрировано фиг. 35 a), или б) если нерассеянная часть 40 и рассеянная часть 50 последовательно (как проиллюстрировано фиг. 35b) или частично одновременно (как проиллюстрировано фиг. 35c и 35d) захвачены системой 60 датчиков изображения, каждый из периода, в течение которого захватывают нерассеянную часть 40, и периода, в течение которого захватывают рассеянную часть 50.

В одном варианте осуществления продолжительность каждого или по меньшей мере одного периода формирования изображения имеет значение, выбранное из диапазона от 5 до 1200 мс, предпочтительно выбранное из диапазона от 10 до 800 мс, как, например, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200 или 300 мс.

В одном варианте осуществления продолжительность периода формирования изображения для рассеянной части 40 и продолжительность периода формирования изображения для рассеянной части 50 отличаются друг от друга. Этот вариант осуществления может быть преимущественным, в частности, при использовании дифракционных решеток, имеющих разную эффективность для нулевого и первого порядка. Например, продолжительность периода формирования изображения нерассеянной части 40 может составлять 10 мс, тогда как продолжительность периода формирования изображения рассеянной части 50 может составлять 100 мс.

Период освещения (как проиллюстрировано фиг. 35a-35d) в этом случае определяется как период, в течение которого условия освещения считаются достаточно постоянными с целью формирования изображений нерассеянной части 40 и рассеянной части 50 и генерирования показателя подлинности на их основе.

В одном варианте осуществления первый и второй участки системы 60 датчиков изображения находятся на двух разных датчиках изображения системы 60. При использовании двух датчиков изображения для формирования изображений нерассеянной и рассеянной частей 40, 50 необходимо учитывать их относительное расположение.

В другом варианте осуществления первый и второй участки системы 60 представляют собой два разных участка одного датчика изображения. Другими словами, в данном варианте осуществления нерассеянная и рассеянная части 40, 50 могут быть захвачены в одном кадре.

Конфигурация (геометрия, параметры и т.д.) оптических элементов системы 30 для получения спектрального изображения позволяет отделить рассеянную часть 50 от нерассеянной части 40 в пределах одного кадра. Более короткие длины волн отклоняются меньше, чем более длинные волны. В одном варианте осуществления система 200 выполнена с возможностью избегания перекрытия изображения первого порядка на наиболее короткой длине волны изображением нулевого порядка (см. также фиг. 8,

на которой схематически проиллюстрировано разделение порядка). Например, длинноволновой пропускающий фильтр может быть использован для разрезания более коротких длин волн, как показано на фиг. 8, чтобы предотвратить перекрытие порядков.

Часть электромагнитного излучения 20, освещающая и проходящая через систему 30 для получения спектрального изображения (следовательно, будучи диспергированной в одном наборе направлений и недиспергированной в другом наборе направлений), которая затем фактически обнаруживается системой 60 датчиков изображения, зависит от характеристик ее датчика(ов) изображения. Электромагнитное излучение, обнаруживаемое датчиком(ами) изображения, может происходить, например, в любом диапазоне длин волн, охватываемом от 180 нм (УФ-излучение) до 2500 нм (инфракрасное излучение), т.е. в диапазоне видимого света и/или вне этого диапазона (например, в ближнем инфракрасном (NIR) или коротковолновом инфракрасном (SWIR) диапазоне). В этом примере нижний предел 180 нм может быть наложен ограничениями материала как системы 30 для получения спектрального изображения, так и датчиком(ами) 60 изображения, тогда как верхний предел 2500 нм может быть наложен спектральной чувствительностью инфракрасных детекторов на основе арсенида индий-галлия (GaInAs). В одном варианте осуществления электромагнитное излучение, обнаруживаемое датчиком(ами) 60 изображения, находится в диапазоне длин волн от 180 до 2500 нм, более предпочтительно в диапазоне от 400 до 1000 нм.

Более того, система 200 для формирования изображения выполнена с возможностью после формирования изображений системой 60 датчиков изображения нерассеянной части 40 и рассеянной части 50 по меньшей мере в один период формирования изображения, генерирования показателя подлинности объекта 10 в зависимости, по меньшей мере, от отношения между сформированным изображением рассеянной части, сформированным изображением нерассеянной части и эталонной спектральной информацией. Таким образом, система 200 обеспечивает возможность верификации того, соответствует ли и/или насколько соответствует отношение между сформированным изображением рассеянной части, сформированным изображением нерассеянной части и эталонной спектральной информацией, которая представляет собой ожидаемый спектральный состав электромагнитного излучения 20, исходящего от объекта 10, предсказанной основополагающей физике системы. Если соответствует, то объект 10, вероятно, является подлинным. В противном случае он, более вероятно, является подделкой. Таким образом, система 200 обеспечивает форму установления подлинности на основе материала, такую как, например, по меньшей мере одну из а) установления подлинности на основе материала краски, используемой для создания метки 11, напечатанной на объекте 10, и б) установления подлинности на основе материала объекта 10 самого по себе, в частности, если объект 10 люминесцирует с конкретным спектром испускания или имеет конкретное отражение или спектр поглощения.

Характер рассматриваемого отношения, т.е. отношения между сформированным изображением рассеянной части, сформированным изображением нерассеянной части и эталонной спектральной информацией, может быть понят в том смысле, что, если эталонная спектральная информация соответствует или, по существу, соответствует спектральному составу электромагнитного излучения 20, исходящего от сформированного изображения объекта 10, сформированное изображение рассеянной части, как правило, напоминает (нелинейные эффекты также могут быть приняты во внимание) результат свертки сформированного изображения нерассеянной части с эталонной спектральной информацией, и в этом случае объект 10, вероятно, является подлинным. Напротив, если эталонная спектральная информация не соответствует спектральному составу излучения 20, исходящего от сформированного изображения объекта 10, сформированное изображение рассеянной части, как правило, заметно отличается от результата свертки сформированного изображения нерассеянной части с эталонной спектральной информацией, и в этом случае объект 10, вероятно, будет подделкой.

Конкретнее, характер рассматриваемого отношения, т.е. отношения между сформированным изображением рассеянной части, сформированным изображением нерассеянной части и эталонной спектральной информацией, также может существенно отличаться от простой свертки, учитывая существование нелинейных эффектов. Характер отношения может быть определен а) на основе основополагающей физики и геометрии; б) эмпирически и/или с) путем моделирования (например, с использованием методов трассировки лучей коммерчески доступных решений, таких как, например, программа оптического проектирования Zemax, доступная от компании Zemax, LLC, расположенной в Редмонд, штат Вашингтон, США).

Основополагающая физика и геометрия могут включать (i) свойства системы 30 для получения спектрального изображения, системы 60 датчиков изображения, канала передачи между ними и т.д., и (ii) эффекты растягивания изображения (нулевого или первого порядка) в направлении дисперсии (оси y), что может быть компенсировано картированием оси y изображения (нулевого или первого порядка) до новой оси y' с использованием нелинейной функции. Изображение может быть растянутым из-за 1) нелинейной дисперсии решетки, 2) искажений проекции (с разными путями прохождения от системы 30 до системы 60) и/или 3) оптических конкретных сферических aberrаций (поскольку линзы могут искажать несколько иначе изображения нулевого и первого порядка).

В одном варианте осуществления нелинейные эффекты могут также быть смоделированы в виде отношения между рассеянным и нерассеянным изображениями и эталонным спектром, представленным в форме, максимально приближенной к инварианту линейного перемещения (LTI). В таком случае определение нелинейных эффектов может быть выполнено, например, путем а) захвата нескольких изображений нулевого и первого порядка объектов 10 с известным эталонным спектром и б) настройки нелинейных параметров для преобразования отношения к LTI.

Одним из способов определения нелинейных эффектов и, следовательно, характера рассматриваемого отношения может быть математический анализ оптической системы и определение поправки, которую следует применять или которая должна применяться для создания системы LTI. Это может быть сделано с использованием оптических уравнений, найденных, например, в учебниках, таких как Yakov G. Sosking, "Field Guide to Diffractive Optics", SPIE, 2011. Это также может быть сделано численно с использованием оптического программного обеспечения, такого как, например, Zemax OpticStudio™, доступного от компании Zemax, LLC.

В одном варианте осуществления система 30 для получения спектрального изображения отклоняет электромагнитное излучение 20 при помощи дифракционной решетки, и сформированное изображение нерассеянной части представляет собой изображение нулевого порядка дифракционной решетки, тогда как сформированное изображение рассеянной части представляет собой изображение первого порядка дифракционной решетки. Средняя спектральная плотность потока излучения области изображения может быть восстановлена с использованием сформированных изображений нерассеянной и рассеянной частей, и тогда среднюю спектральную плотность потока излучения можно сравнить с ожидаемой спектральной плотностью потока излучения (эталонной спектральной информацией). В одном варианте осуществления профили штрихов дифракционной решетки (например, угол наклона штриха) оптимизированы для распространения большей части входного электромагнитного излучения в эти два порядка.

В одном варианте осуществления генерирование показателя подлинности объекта 10 включает установление подлинности, т.е. определение того, является ли он, вероятно, подлинным или нет. В одном варианте осуществления генерирование показателя подлинности объекта 10 включает генерирование показателя подлинности (или индекса), такого как, например, реальное значение от 0 до 1, где "0" может означать "совершенно точно, что объект не является подлинным" и "1" может означать "совершенно точно, что объект является подлинным".

На практике индекс подлинности, как правило, не достигает значения "1" для всех подлинных объектов (и "0" для всех неподлинных). Следовательно, в одном варианте осуществления определяют пороговое значение от "0" до "1" (например, значение составляет от 0,80 до 0,90 и, в частности, 0,85), выше которого объект считается подлинным, ниже которого объект считается неподлинным. Данное пороговое значение может, например, быть определено посредством измерений, проводимых над набором подлинных и неподлинных объектов. Данные измерения, как правило, приводят к бимодальному распределению индексов (т.е. одна часть для подлинных объектов, сконцентрированных на значении "1", и одна часть для неподлинных объектов, значение которых ниже, обе разделенные пробелом). Надежность способа напрямую связана с тем, насколько две части (моды) распределения индексов удалены друг от друга. Затем пороговое значение может быть установлено либо близко к распределению индексов подлинных объектов для сведения к минимуму ложноположительных срабатываний, либо ближе к распределению индексов неподлинных объектов для сведения к минимуму ложноотрицательных срабатываний.

Если объект 10 представляет собой, например, тару или упаковку, содержащую некоторые товары, сгенерированный показатель подлинности может только представлять собой показатель подлинности товаров, определенный через метку или знак, присутствующие на таре или упаковке (при условии, что целостность тары или упаковки не была нарушена), необязательно непосредственно обеспечивая возможность установления подлинности товаров как таковых.

Поскольку изображения нерассеянной и рассеянной частей 40, 50 электромагнитного излучения могут быть сформированы в один период формирования изображения, и поскольку формирование изображения позволяет определить спектральный состав падающего электромагнитного излучения 20, система 200 для формирования изображения может быть рассмотрена в виде спектрального формирователя кадрового изображения в том смысле, что сцена не сканируется во время процесса формирования изображения. Однако система 200 не позволяет или, по меньшей мере, не обязательно позволяет получить спектральный состав, т.е. плотность потока излучения каждой точки (x, y) сцены, что не является необходимым для установления подлинности при условии, что на изображении присутствует доминирующая спектральная чувствительность.

На фиг. 2 схематически проиллюстрированы объект 10, подлежащий формированию его изображения, и система 220 в одном варианте осуществления настоящего изобретения. Система 220 содержит как систему 200 для формирования изображения (как описано выше со ссылкой на фиг. 1), так и схему 210 освещения. В одном варианте осуществления система 220 образует единое устройство, такое как, например, портативное устройство для считывания кода и установления подлинности.

Схема 210 освещения генерирует электромагнитное излучение 21 для освещения объекта 10. В одном варианте осуществления излучение 21 имеет известные параметры (например, спектр, мощность,

однородность и т.д.) с целью обеспечения возбуждения, например, спектров испускания люминесценции для обеспечения формирования изображения объекта 10 и/или метки 11 на нем и анализа спектров испускания для установления подлинности. Как объяснялось выше со ссылкой на фиг. 1, электромагнитное излучение 20 исходит от объекта 10 и/или метки 11 на нем и достигает системы 200 для формирования изображения.

В одном варианте осуществления система 220 подключена к электронной схеме возбуждения и электронной схеме считывания датчика, так что, например, данные изображения, выводимые системой 200 для формирования изображения, могут быть переданы в блок обработки для обработки данных.

На фиг. 3 схематически проиллюстрированы объект 10, подлежащий формированию его изображения, и система 220 в одном варианте осуществления настоящего изобретения в качестве возможного варианта выполнения системы, проиллюстрированной на фиг. 2. Система 220, в частности, содержит освещающие элементы 22, расположенные вокруг системы 30 для получения спектрального изображения. Хотя на фиг. 3 показаны два освещающих элемента 22, может быть предусмотрено любое количество освещающих элементов 22, как, например, три, четыре или более. Более того, в одном варианте осуществления освещающие элементы 22 расположены симметрично вокруг системы 30 для получения спектрального изображения. Симметричное расположение освещающих элементов 22 вокруг системы 30 является преимущественным для однородного освещения целевой поверхности объекта 10.

На фиг. 4-6 схематически проиллюстрированы три системы 200 для формирования изображения в трех вариантах осуществления настоящего изобретения, соответственно, показывающие возможные компоненты системы 30 для получения спектрального изображения, такие как просветная решетка 31, линза 32 для формирования изображения, оптический длинноволновой пропускающий фильтр 33 и дополнительная схема 34 линз.

Система 30 согласно фиг. 4 содержит линзу 32 для формирования изображения, просветную решетку 31, установленную перед линзой 32, и оптический длинноволновой пропускающий фильтр 33, установленный за линзой 32. Это позволяет производить низкие оптические аберрации как для рассеянного, так и для нерассеянного изображений при использовании широкого поля обзора объектива с линзами.

В системе 30 согласно фиг. 5 как просветная решетка 31, так и оптический длинноволновой пропускающий фильтр 33 установлены за линзой 32. Это позволяет отменить зависимость извлекаемых спектров от положения объекта вдоль оптической оси.

В варианте осуществления согласно фиг. 6 оптический длинноволновой пропускающий фильтр 33 установлен перед линзой 32, и просветная решетка 31 установлена за линзой 32. Более того, дополнительная схема 34 линз также установлена за линзами 32. Данная конфигурация позволяет эффективно отделять рассеянное и нерассеянное изображения и избегать зависимости от положения объекта вдоль оптической оси.

На фиг. 7 и 8 схематически представлены с использованием приближения посредством решетки тонких линз две системы 200 для формирования изображения и метки 11 в двух вариантах осуществления настоящего изобретения, соответственно, для облегчения понимания разделения порядка и определения минимальной длины волны спектрального диапазона, который анализируют для установления подлинности метки 11.

На фиг. 7 система 30 для получения спектрального изображения включает линзу, просветную решетку и длинноволновой пропускающий фильтр для создания нерассеянного изображения 41 (нулевой порядок) и рассеянного изображения на плоскости 65 изображения, где расположен(ы) датчик(и) изображения. Рассеянные лучи 50-1 касаются наиболее короткой длины волны λ_1 и создают рассеянное изображение 51, соответствующее длине волны λ_1 .

Система 200 для формирования изображения принимает электромагнитную энергию 20, исходящую от объекта 10, для создания нерассеянного изображения 41 объекта 10 на плоскости 65 изображения. Нерассеянная часть 40 создается системой 30 таким же или схожим образом, что и обычная не система для получения спектрального изображения, состоящая исключительно из линзы.

Рассеянная часть сдвигается по сравнению с нерассеянной частью и размывается спектром электромагнитной энергии 20, падающей на систему 30. Минимальный сдвиг зависит от минимальной длины волны, присутствующей в спектре, излучаемом объектом 10, или зависит от минимальной длины волны, передаваемой через систему 30. Минимальный сдвиг также может зависеть от некоторых параметров решетки и системы (например, плотности штрихов, порядка и угла падения), параметры которых определяют угловую дисперсию решетки.

Три дискретных рассеянных изображения метки 11 на фиг. 7 соответствуют дискретным длинам волн λ_1 , λ_2 и λ_3 . Таким образом, данные дискретные длины волн могут быть легко решены, поскольку соответствующие изображения не перекрываются. Более того, система 200 отделяет рассеянное изображение 51 для длины волны λ_1 от нерассеянного изображения 41, так что, с одной стороны, изображение метки 11 может быть удобно прочитано (например, для декодирования кода, представленного меткой), а с другой стороны, могут быть извлечены спектры испускания краски, используемой для печати метки 11.

На фиг. 8 показано изображение области 12 объекта 10, где область 12 содержит напечатанную

метку 11, которая может находиться в любом положении или ориентации. Если метка 10 находится вне области 12, система 200 для формирования изображения должна быть перемещена таким образом, чтобы метка 11 находилась в области 12. Нерассеянное изображение 41 области 12 содержит изображение метки 11. Рассеянное изображение 51 области 12 содержит изображение метки 11.

Изображение 51 соответствует минимальной длине волны $\lambda_{\min}$, которая может быть передана системой и определена разрезаемой длиной волны длинноволнового пропускающего фильтра системы 30. Ссылка 62 показывает разделение порядка, которое в одном варианте осуществления соответствует размеру изображения 41 области 12. В одном варианте осуществления система 30 обеспечивает данное разделение порядка для минимальной длины волны $\lambda_{\min}$ с эффективным установлением подлинности объекта 10.

В одном варианте осуществления схема 210 освещения (не проиллюстрирована на фиг. 8) освещает только часть объекта 10, соответствующую области 12. Схема 210 освещения вместе с необязательным защитным кожухом (как указано выше) может быть выполнена таким образом, чтобы препятствовать попаданию окружающего света в область 12, обеспечивая тем самым лучшие условия для считывания кода и установления подлинности.

На фиг. 9a схематически проиллюстрирована система 200 для формирования изображения в одном варианте осуществления настоящего изобретения, которая отличается от системы 200 для формирования изображения согласно фиг. 1 в том, что система 200 согласно фиг. 9a конкретно состоит из одного устройства для формирования изображения. В дополнение к системе 30 для получения спектрального изображения и системе 60 датчиков изображения, описанных со ссылкой на фиг. 1, система 200 содержит блок 70 обработки, выполненный с возможностью приема данных, представляющих сформированные изображения нерассеянной и рассеянной частей (обнаруженных системой 60), генерирования показателя подлинности, как описано со ссылкой на фиг. 1, и вывода информации 80, представляющей сгенерированный показатель подлинности, на пользовательский интерфейс любого типа устройства для формирования изображения и/или на порт вывода для передачи на одно или более других внешних устройств (не показано на фиг. 9a).

В одном варианте осуществления устройство для формирования изображения, являющееся частью системы 200 для формирования изображения согласно фиг. 9a, представляет собой портативное устройство. Такое устройство для формирования изображения может, следовательно, быть рассмотрено как портативное устройство для проверки, выполненное с возможностью генерирования показателя подлинности объекта и обеспечения показателя подлинности, например, оператору устройства.

На фиг. 9b схематически проиллюстрирована система 220 в одном варианте осуществления настоящего изобретения, при этом система 220 содержит как систему 200 для формирования изображения, так и схему 210 освещения, и при этом система 220 представляет собой устройство для формирования изображения. Другими словами, вариант осуществления согласно фиг. 9b может быть рассмотрен как комбинация вариантов осуществления, описанных со ссылкой на фиг. 9a и 2. В одном варианте осуществления устройство для формирования изображения, являющееся частью системы 200 согласно фиг. 9b, представляет собой портативное устройство.

На фиг. 10a схематически проиллюстрирована система 200 для формирования изображения в одном варианте осуществления настоящего изобретения, которая отличается от системы 200 для формирования изображения согласно фиг. 1 в том, что система 200 согласно фиг. 10a показана как таковая, которая конкретно содержит более одного устройства. А именно, в примере согласно фиг. 10a система 200 содержит два устройства: с одной стороны, устройство 100 для формирования изображения, содержащее систему 30 для получения спектрального изображения и систему 60 датчиков изображения, описанных со ссылкой на фиг. 1, и с другой стороны, устройство 110 для обработки, содержащее блок 70 обработки. Устройство 110 обработки, а не устройство 100 для формирования изображения, генерирует показатель подлинности (как описано со ссылкой на фиг. 1). Для этого данные 90, представляющие сформированные изображения нерассеянной и рассеянной частей, передаются из устройства 100 для формирования изображения на устройство 110 для обработки. Данные 90 могут передавать через любой подходящий проводной или беспроводной канал с использованием любого формата передачи (как, например, с использованием пакетов протокола Интернет (IP), необязательно зашифрованных). Затем в устройстве 110 для обработки показатель подлинности генерируют посредством блока 70 обработки, а информацию 80, представляющую сгенерированный показатель подлинности, могут затем выводить на пользовательский интерфейс устройства 110 для обработки и/или на порт вывода для передачи на одно или более других внешних устройств (не показаны на фиг. 10a).

На фиг. 10b схематически проиллюстрирована система 220 в одном варианте осуществления настоящего изобретения, при этом система 220 содержит устройство 100 для формирования изображения, и указанное устройство 100 для формирования изображения содержит систему 60 датчиков изображения, систему 30 для получения спектрального изображения и схему 210 освещения, но устройство 100 для формирования изображения не выполнено с возможностью действительного генерирования показателя подлинности. Другими словами, вариант осуществления согласно фиг. 10b может быть рассмотрен как

комбинация вариантов осуществления, описанных со ссылкой на фиг. 10а и 2.

В одном варианте осуществления устройство 100 для формирования изображения согласно любой из фиг. 10а и 10b представляет собой портативное устройство.

В одном варианте осуществления блок 70 обработки согласно любой из фиг. 9а, 9b, 10а и 10b обрабатывает часть блока вычисления, такого как, например, блок, проиллюстрированный со ссылкой на фиг. 34 (которая рассмотрена ниже). В таком случае блок 70 обработки согласно фиг. 9а или 9b и блок 503 обработки согласно фиг. 34 могут фактически быть одним и тем же элементом. Подобным образом, в таком случае блок 70 обработки согласно фиг. 10а или 10b (без блока 110 обработки) и блок 503 обработки согласно фиг. 34 могут фактически быть одним и тем же элементом.

В некоторых вариантах осуществления устройство для формирования изображения, являющееся частью системы 200 для формирования изображения согласно фиг. 9а или 9b, или устройство 100 для формирования изображения, проиллюстрированное на фиг. 10а или 10b, содержит ручку, встроенную как единое целое в корпус или прикрепленную к нему, для обеспечения возможности удержания оператором устройства для формирования изображения относительно объекта, подлежащего формированию его изображения и установлению подлинности.

В одном варианте осуществления устройство для формирования изображения, являющееся частью системы 200 для формирования изображения согласно фиг. 9а или являющееся частью системы 220 согласно фиг. 9b, или устройство 100 для формирования изображения, проиллюстрированное на любой из фиг. 10а и 10b, дополнительно содержит блок хранения (не показан на любой из фиг. 9а, 9b, 10а и 10b), предназначенный для хранения, например, эталонной спектральной информации, которая известна заранее и используется для генерирования показателя подлинности. Эталонная спектральная информация может храниться в виде эталонного спектрального профиля.

На фиг. 11 представлена блок-схема способа в одном варианте осуществления настоящего изобретения, в котором используют систему 60 датчиков изображения и систему 30 для получения спектрального изображения, как описано выше со ссылкой на фиг. 1-10b. Способ включает этапы формирования изображения s300 посредством системы 60 по меньшей мере в один период формирования изображения нерассеянной части 40 и рассеянной части 50 и генерирования s400 показателя подлинности объекта 10 в зависимости по меньшей мере от отношения между сформированным изображением рассеянной части, сформированным изображением нерассеянной части и эталонной спектральной информацией. Этап s400 осуществляют через операцию(операции) свертки или обратной свертки (как рассмотрено ниже со ссылкой на фиг. 12а-12с) или через операцию(операции), подобные свертке или обратной свертке, чтобы учесть нелинейные эффекты, как объяснялось выше.

Если этап s300 формирования изображения состоит из формирования изображения нерассеянной части 40 и рассеянной части 50 в одном периоде освещения, этап s300 предшествует этапу s400 генерирования, как правило, без перекрытия. Однако, если этап s300 состоит из формирования изображения нерассеянной части 40 и рассеянной части 50 во множестве периодов освещения (как правило, при различных условиях освещения), этап s300 формирования изображения и этап s400 генерирования могут перекрываться (не показано на фиг. 11). А именно, процесс генерирования s400 показателя подлинности могут начинать на основе данных изображения, записанных в течение одного или более периодов освещения, тогда как этап s300 формирования изображения все еще находится в процессе выполнения.

В одном варианте осуществления генерирование s400 показателя подлинности зависит по меньшей мере от того, насколько сформированное изображение рассеянной части соответствует свертке сформированного изображения нерассеянной части и эталонной спектральной информации. Его можно осуществлять разными способами, как проиллюстрировано на фиг. 12а-12с.

В частности, в первом вспомогательном варианте осуществления, проиллюстрированном блок-схемой согласно фиг. 12а, генерирование s400 показателя подлинности включает обратную свертку s410 сформированного изображения рассеянной части посредством сформированного изображения нерассеянной части и определение s420 того, насколько результат соответствует эталонной спектральной информации.

Во втором вспомогательном варианте осуществления, проиллюстрированном блок-схемой согласно фиг. 12b, генерирование s400 показателя подлинности включает обратную свертку s430 сформированного изображения рассеянной части посредством эталонной спектральной информации и определение s440 того, насколько результат соответствует сформированному изображению нерассеянной части.

В третьем вспомогательном варианте осуществления, проиллюстрированном блок-схемой согласно фиг. 12с, генерирование s400 показателя подлинности включает свертку s450 сформированного изображения нерассеянной части и эталонной спектральной информации и определение s460 того, насколько результат соответствует сформированному изображению рассеянной части.

Возможное осуществление этапа s400 в этом третьем вспомогательном варианте осуществления может быть описано следующим образом.

На этапе s450 синтетическое изображение первого порядка дифракции вычисляют путем свертки известной спектральной подписи подлинной краски (т.е. эталонной спектральной информации) с изображением нулевого порядка (т.е. сформированным изображением нерассеянной части). Затем на этапе

s460 используют взаимную корреляцию между захваченным изображением первого порядка (т.е. сформированным изображением рассеянной части) и синтетическим изображением первого порядка (т.е. результатом этапа s450) для их сравнения и генерирования параметра подобия. Данную корреляцию могут осуществлять не только на изображениях, но и на первых и вторых производных изображений для вывода трех параметров подобия. Затем принимают решение путем, например, применения классификаторов на основе алгоритмов машинного обучения к наборам параметров подобия для установления подлинности метки 11 на объекте 10.

Однако свертка может не всегда приводить к лучшим результатам из-за существования нелинейных эффектов (как рассмотрено выше). Таким образом, в одном варианте осуществления настоящего изобретения вместо выполнения свертки на этапе s450 могут использовать модель или функцию, которая может быть определена заранее с использованием данных калибровки прибора, измерений, моделирования или их комбинации. Модель или функция представляет собой вычислительную модель для вычисления синтетического изображения первого порядка (т.е. синтетической рассеянной части) из заданного изображения нулевого порядка (т.е. сформированного изображения нерассеянной части) и известного спектра (т.е. эталонной спектральной информации). Аналогичные соображения применимы к этапам s410 и s430 обратной свертки, которые могут быть заменены другими моделями или функциями.

С целью осуществления сравнительной части этапа s460 в этой реализации сравнивают захваченное изображение первого порядка (т.е. сформированное изображение рассеянной части) и синтетическое изображение первого порядка (т.е. выходные данные этапа s450) и вычисляют одно или несколько совпадающих значений подобия.

В одном варианте осуществления совпадающее значение представляет собой значение взаимной корреляции двух изображений, т.е. захваченного изображения первого порядка и синтетического изображения первого порядка. В другом варианте осуществления совпадающее значение представляет собой значение взаимной корреляции производного двух изображений. В дополнительном варианте осуществления совпадающее значение представляет собой значение взаимной корреляции второго производного двух изображений. В еще одном варианте осуществления более одного совпадающего значения извлекают из комбинации ранее предложенных совпадающих значений. Вычисления могут иметь место на всех изображениях первого порядка или на его подмножестве (область, представляющая интерес). В одном варианте осуществления область изображения первого порядка, представляющая интерес, представляет собой ограниченную площадку метки подлинности. Ограниченная площадка имеет наименьшую выпуклую форму, которая содержит метку подлинности. В другом варианте осуществления дополнительный набор значений корреляции вычисляют на основе так называемых изображений DIBS. Метод DIBS и значение изображений DIBS будут очевидны из приведенных ниже объяснений со ссылкой на фиг. 24a-27.

С целью осуществления части принятия решения этапа s460 в этой реализации используют алгоритм решения для классификации измеренного образца по меньшей мере в две категории: "неподдельный" или "поддельный". Для этой цели могут использовать известные алгоритмы машинного обучения, такие как метод векторной машины (SVM), деревья решений, метод К-ближайших соседей (KNN) и т.д. В одном варианте осуществления признаки обучения представляют собой вышеописанные совпадающие значения подобия. В другом варианте осуществления используют другие признаки обучения, которые не связаны со взаимными корреляциями, как, например, стандартное отклонение значений пикселей (т.е. значений интенсивности) изображения первого порядка или стандартное отклонение значений пикселей изображения нулевого порядка.

В одном варианте осуществления используют значения стандартного отклонения и несколько наборов совпадающих значений подобия от изображений, полученных при разных длинах волн возбуждения (например, красный, зеленый или синий светодиод). Например, один набор признаков обучения, используемых для описания одного образца, может быть таким, как показано в следующей таблице.

Признак 1	Значение корреляции захваченного изображения первого порядка с синтетическим изображением первого порядка при освещении синим светодиодом
Признак 2	Значение корреляции первого производного захваченного изображения первого порядка с первым производным синтетического изображения первого порядка при освещении синим светодиодом
Признак 3	Значение корреляции второго производного захваченного изображения первого порядка со вторым производным синтетического изображения первого порядка при освещении синим светодиодом
Признак 4	Значение корреляции захваченного изображения первого порядка с синтетическим изображением первого порядка при освещении зеленым светодиодом
Признак 5	Значение корреляции первого производного захваченного изображения первого порядка с первым производным синтетического изображения первого порядка при освещении зеленым светодиодом
Признак 6	Значение корреляции второго производного захваченного изображения первого порядка со вторым производным синтетического изображения первого порядка при освещении зеленым светодиодом
Признак 7	Значение стандартного отклонения захваченного изображения первого порядка при освещении синим светодиодом
Признак 8	Значение стандартного отклонения захваченного изображения первого порядка при освещении зеленым светодиодом

В одном варианте осуществления классификатор может быть заранее обучен гетерогенному набору данных, состоящему из рандомизированных неподдельных образцов и поддельных образцов.

Во время фазы принятия решения классификатор может классифицировать данные образцы с использованием признаков, введенных в классификатор.

Вышеупомянутую возможную реализацию этапа s400 в третьем вспомогательном варианте осуществления испытывали с использованием алгоритмов классификации (в этом отношении см., например, David Barber, "Bayesian Reasoning and Machine Learning", Cambridge University Press 2011), как описано в следующей таблице.

Признаки обучения	Используемые признаки включали значение корреляции, значение корреляции первого производного, значение корреляции второго производного, все три значения для возбуждения синим и зеленым
-------------------	--

	светодиодом, корреляцию значений DIBS (как рассмотрено ниже) и стандартное отклонение первого порядка.
Обучение	Классификатор KNN прошел обучение на 340 образцах (130 неподдельных и 210 поддельных).
Результаты	При испытании на отдельный испытуемый набор из 175 изображений, состоящий из невидимых ранее фонов и кодов, точность классификации составляла 94,29% с 10 ложноположительными и 0 ложноотрицательными.

По сравнению со спектрометрами для формирования изображения, используемыми для научных наблюдений, подход в вариантах осуществления, описанных со ссылкой на фиг. 12а-12с, не фокусируется на восстановлении гиперкуба, который содержит спектральную информацию для каждого пикселя в захваченном изображении. Этот подход направлен на создание одного синтетического изображения с предположением, что задействован только один доминирующий спектр (спектр неподдельной метки). Вычисление, необходимое для создания этого синтетического изображения, состоит в основном из нескольких одномерных сверток. По сравнению с вычислением и памятью, необходимыми для вычисления гиперкуба, подход является более экономично выгодным. Более того, применение классификатора машинного обучения также является быстрым и легким.

В одном варианте осуществления операцию(операции) свертки или обратной свертки этапа s400 осуществляют на линию изображения вдоль направления дифракции. Более того, если этап s410 обратной свертки согласно варианту осуществления, описанному со ссылкой на фиг. 12а, осуществляют по очереди, результат обратной свертки может быть усреднен для уменьшения шума и отмены возможного модулирования фоновыми неравномерностями, перед сравнением результата и эталонной спектральной информации в рамках этапа s420.

В одном варианте осуществления, проиллюстрированном блок-схемой согласно фиг. 13, генерирование s400 показателя подлинности дополнительно включает декодирование s492 кода из маркировки в пределах сформированного изображения нерассеянной части и верификацию s494 подлинности кода. Это обеспечивает формирование покадрового изображения маркировки для декодирования s492 и верификации s494 (на основе сформированного изображения нерассеянной части, т.е. на основе "непосредственного" изображения), а затем использование вывода процесса верификации кода в дополнение к верификации на основе отношения между сформированным изображением рассеянной части, сформированным изображением нерассеянной части и эталонной спектральной информацией для генерирования показателя подлинности. Например, в одном варианте осуществления объект 10 считается подлинным, если только обе верификации, т.е. верификация на основе кода и верификация на основе спектра, являются успешными. Другими словами, как пространственная информация маркировки или напечатанного кода, так и информация о спектральном испускании маркировки или напечатанного кода, которые могут быть напечатаны, например, с использованием фотолюминесцентной краски, могут быть получены с целью установления подлинности.

В одном варианте осуществления этап s492 декодирования кода используют для получения информации на основе того, какой ожидаемый спектральный состав электромагнитного излучения от объекта 10 и, следовательно, эталонная спектральная информация, подлежащая использованию для верификации установления подлинности на основе спектра на этапе s400, может быть извлечен (например, из базы данных). Таким образом, несколько отличных семейств кодов, каждое из которых связано с отличной краской (и, следовательно, с отличным эталонным спектром), могут быть напечатаны на отличных классах продуктов и подлежат установлению подлинности с помощью одного и того же устройства.

В одном варианте осуществления маркировка содержит по меньшей мере один машиночитаемый код, который может, например, включать по меньшей мере один из линейного штрих-кода и матричного штрих-кода (например, напечатанного двумерного матричного штрих-кода или QR-кода). Таким образом, в некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения возможно не только декодировать двумерный матричный штрих-код (или подобное), но также осуществить установление подлинности на основе материала с использованием спектра излучения, исходящего от объекта 10, при этом спектр излучения соответствует, например, спектру испускания флуоресценции краски, используемой для маркировки.

В одном варианте осуществления маркировка содержит единые спектральные характеристики по меньшей мере вдоль одной области маркировки. Маркировка может также содержать единые спектральные характеристики вдоль всей маркировки.

В одном варианте осуществления намерено предусмотрена маска в качестве части системы 200 для формирования изображения и в дополнение к ней на объекте 10 или вблизи него для обнаружения только

части объекта 10. Это выгодно в том случае, если весь объект содержит вещество, имеющее эталонную спектральную информацию или большую маркировку, которая покрывает все изображение. Маска искусственно создает переход от немаркированной к маркированной области, даже если такого перехода не будет без маски.

В одном варианте осуществления в системе 200 для формирования изображения не использована никакая щель между системой 30 для получения спектрального изображения и объектом 10. Преимущество в неиспользовании щели заключается в том, что это обеспечивает одновременный захват изображения и его спектра без необходимости сканирования (путем перемещения устройства для формирования изображения или спектрометра) поверхности объекта для измерения спектра для каждого положения.

Теперь, прежде чем описывать дальнейшие варианты осуществления настоящего изобретения, может быть полезно обсудить некоторые преимущества, связанные с некоторыми его вариантами осуществления, в частности, по сравнению с системами, известными из предшествующего уровня техники.

Вышеописанные системы и способы формирования изображения в соответствии с некоторыми вариантами осуществления настоящего изобретения являются преимущественными, поскольку они позволяют создавать конструкцию простых, компактных, покадровых (не требующих сканирования), недорогих и универсальных устройств, которые могут, например, быть включены в портативные устройства для проверки. Захвата изображений как нерассеянной части электромагнитного излучения, так и его рассеянной части действительно достаточно, вместе с эталонной спектральной информацией, которая известна заранее, для генерирования показателя подлинности.

Напротив, спектрометры для формирования изображения, используемые для научных наблюдений, как упомянуто выше, как правило, являются сложными, дорогими или громоздкими. Это связано с тем, что эти системы предшествующего уровня техники, как правило, направлены на получение пространственной и спектральной информации высокого разрешения по всем областям объекта или сцены.

Механическое сканирование различных широкополосных фильтров перед формирователем изображения позволяет восстановить карту спектральной плотности потока излучения объекта $I(x, y, \lambda)$. Однако время сканирования всех фильтров и сложность и хрупкость механизма сканирования делают оптическую систему громоздкой, не прочной и дорогостоящей для реализации.

Системы настройки на основе интерферометра Фабри-Перо или многоступенчатых жидких кристаллов избегают механической сложности, но требуют высококачественных и дорогостоящих оптических компонентов (т.е. интерферометрических зеркал). Сканирование параметров фильтра, необходимых для захвата полного набора изображений, может быть медленным и может стать еще одним ограничением для использования в портативных системах для установления подлинности.

Решения для покадрового изображения, основанные на одновременном формировании изображения объекта через массив широкополосных фильтров, могут обеспечить быстрый захват данных, и они, в частности, адаптированы для портативных устройств для проверки. Более того, такие системы являются компактными и легко устанавливаемыми в небольшом объеме портативного устройства. Однако недостатком является ограниченное количество различных полосовых фильтров, и также трудно получить подходящие массивы элементарных линз. Кроме того, спектральные полосы массива фильтра должны быть оптимизированы для спектральной чувствительности краски, что предотвращает использование готовых массивов фильтров, в то время как пользовательские массивы фильтров, как правило, являются дорогими для проектирования и изготовления.

Пример формирователя изображения на основе решетки с использованием компьютерной томографии (т.е. CTIS) требует либо сложной голографически записанной решетки типа киноформ, либо нескольких пересекающихся решеток, способных рассеивать свет в наборе порядков вокруг нулевого порядка. Необходимость нескольких решеток усложняет установку, и, более того, время воздействия следует увеличить для компенсации низкой эффективности в более высоких порядках дифракции. Таким образом, захват данных замедляется, что делает установку неподходящей для портативного устройства. Такие схемы также требуют дорогостоящих больших датчиков с несколькими мегапикселями и обширным вычислением для инверсии томографии.

Формирователи изображения с кодированной апертурой так же медленны, как и устройства CTIS. Более того, есть существенная проблема восстановления полного спектра для конкретной структуры кодированной апертуры. Между тем, интегральные поляризационные спектрометры требуют громоздкой оптики для обрезки изображения и требуют относительно больших поверхностных датчиков изображения.

Спектрометры с преобразованием Фурье для формирования изображения представляют собой сложные приборы, основанные на использовании дорогостоящих интерферометров или двупреломляющих призм. В любом случае спектрометры требуют сканирования либо воздушного зазора, либо угловой ориентации элементов для получения спектров, что делает их медленными и хрупкими.

Вышеописанные установки предшествующего уровня техники требуют сложной оптики и алгоритмов обработки данных для вычисления полного куба спектральных данных $I(x, y, \lambda)$, что на самом деле не требуется для целей установления подлинности. Изобретатели не обнаружили ни одной из этих уста-

новок предшествующего уровня техники, подходящей для экономичного, компактного, надежного и быстрого устройства для проверки на основе спектрального формирователя изображения.

Далее будут описаны дополнительные варианты осуществления настоящего изобретения, которые могут помочь понять некоторые аспекты и преимущества настоящего изобретения.

В одном варианте осуществления система 200 для формирования изображения имеет оптическую установку с просветной дифракционной решеткой 31, установленной перед объективом 32 с линзами в системе 30 для получения спектрального изображения, которая затем расположена перед системой 60 датчиков изображения, как схематически проиллюстрировано в левой части как фиг. 14а, так и фиг. 14b. В системе 200 используют объектив 32 с линзами модели EO57907 от компании Edmund Optics Ltd (которая расположена в г. Йорк, Великобритания) с фокусным расстоянием $f/2,5$ и $f = 3,6$ мм. Дисперсионный элемент в системе 30 представляет собой просветную дифракционную решетку 31 типа GT13-06V от компании Thorlabs, Inc., как упоминалось выше, с 600 штрихами на 1 мм и углом наклона штриха $28,7^\circ$. Область 12 объекта 10 находится в поле обзора системы 200 для формирования изображения.

На фиг. 14а также в правой части чертежа показана смоделированная дисперсия одной точки (например, двумерного матричного штрих-кода) на трех дискретных длинах волн, полученных с помощью просветной дифракционной решетки 31, установленной перед объективом 32 для формирования изображения. Показана дисперсия дифракционной решетки 31, полученная с помощью моделирования Zemax OpticStudio™. Изображены прямое ("порядок 0") и рассеянное изображения первого положительного ("порядок 1") и первого отрицательного ("порядок -1") порядков одной точки (диаметром 0,5 мм) на пространстве изображения для трех дискретных длин волн.

Более сложные метки, такие как полные двумерные матричные штрих-коды, как правило, производят размытые изображения первого порядка решетки 31 из-за специфических более широких спектров испускания красок, и наблюдается связанное перекрытие последовательных разбросанных точек в направлении дифракции, как проиллюстрировано в правой части фиг. 14b. В частности, на фиг. 14b показана смоделированная дисперсия матрицы данных с нерассеянным изображением ("порядок 0") и двумя изображениями, связанными с двумя рассеянными порядками, т.е. первым положительным порядком ("порядок 1") и первым отрицательным порядком ("порядок -1"), предполагая равную эффективность решетки 31 для всех трех порядков. Прямое изображение нулевого порядка решетки не зависит от решетки (за исключением ослабления интенсивности) и может быть использовано для декодирования напечатанного двумерного матричного штрих-кода. Шкала, показанная на фиг. 14b, имеет интенсивность в произвольных единицах ("I, п. ед.").

Примеры реальных изображений нулевого и первого порядка двумерного матричного штрих-кода, напечатанного двумя красками, т.е. краской типа 1 и краской типа 2, показаны на фиг. 15. А именно, на фиг. 15 показаны реальные изображения нулевого и первого порядка двумерных матричных штрих-кодов, напечатанных на этикетках, в левой части фиг. 15 с помощью краски типа 1, возбуждаемые синим светодиодом (пик 450 нм), а в правой части фиг. 15 с помощью краски типа 2, возбуждаемые красным светом (пик 640 нм).

Можно заметить, что изображения нулевого и первого порядка решетки могут быть записаны одновременно (как проиллюстрировано на фиг. 35а), последовательно (как проиллюстрировано на фиг. 35b) или частично последовательно (как проиллюстрировано 35c и 35d), поскольку они оба подходят для матричного детектора. Более того, эффективность решетки для обоих порядков является аналогичной, обеспечивая возможность записи обоих порядков с одинаковым временем воздействия. Эффективность в n -м порядке решетки представляет собой соотношение дифрагированной мощности в n -м порядке к полной падающей мощности.

Рассеянное изображение первого порядка представляет собой свертку (или функцию, подобную свертке) изображения нулевого порядка двумерного матричного штрих-кода с спектром испускания флуоресценции краски. В результате спектр испускания краски может быть извлечен путем обратной свертки (или операции, подобной обратной свертке) изображения первого порядка с использованием пространственной информации из изображения нулевого порядка, на которое не влияет дисперсия решетки.

Для извлечения спектра краски может быть использован, например, алгоритм обратной свертки на основе быстрого преобразования Фурье (FFT). В нем можно использовать набор столбцов из изображений, извлеченных вдоль направления дисперсии решетки, содержащих профили интенсивности из изображений нулевого и первого порядка.

На фиг. 16 показан иллюстративный результат (верхний правый график) обратной свертки по столбцам (или подобного нелинейного процесса) из изображения двумерного матричного штрих-кода, содержащего компоненты нулевого и первого порядка (изображение слева), а также сравнение среднего количества всех кривых спектра верхнего правого графика относительно эталонной спектральной информации (нижний правый график), т.е. спектра краски типа 1. Каждый из приблизительно 250 столбцов подвергается обратной свертке (или подобному нелинейному процессу) и производит спектр. Затем спектры, полученные из всех столбцов, усредняются. Это усреднение уменьшает шум (например, из-за искажений, которые могут быть созданы при обратной свертке или подобном нелинейном процессе) и

отменяет локальный вклад из фона, который может возникать на ограниченных частях двумерного матричного штрих-кода. Следовательно, восстановленный спектральный профиль является средним для всего напечатанного двумерного матричного штрих-кода, поскольку предполагается, что все матричные точки печатаются с помощью одинаковой краски и нет значительного вклада фона в спектр испускания.

На фиг. 17-19 схематически проиллюстрированы три системы 200 для формирования изображения в трех вариантах осуществления настоящего изобретения, соответственно, показывающие возможные компоненты системы 30 для получения спектрального изображения, такие как просветная решетка 31, линза 32 для формирования изображения, оптический длинноволновой пропускающий фильтр 33 и дополнительная схема 34 линз. Изображение области 12 изделия 10 может быть сформировано системой 30, учитывая его поле обзора (FOV) 15. Указаны как нерассеянное изображение 41 области 12, так и рассеянное изображение 51 области 12, соответствующие наиболее короткой длине волны. Ссылка 61 представляет собой окно 61 датчика(ов) 63 изображения.

Система 30 согласно фиг. 17 содержит линзу 32 для формирования изображения, просветную решетку 31 (600 штр./мм), установленную перед линзой 32 (объектив с линзами Edmund Optics 57907), и оптический длинноволновой пропускающий фильтр 33, установленный за линзой 32. Как уже объяснялось со ссылкой на фиг. 4, это позволяет производить низкие оптические aberrации как для рассеянного, так и для нерассеянного изображений при использовании широкого поля обзора объектива с линзами.

Поскольку решетка 31 установлена перед линзой 32 для формирования изображения, она отклоняет лучи по-разному для нулевого и первого порядка, и линза 32 для формирования изображения принимает входные лучи под разными углами. В такой конфигурации используют линзу 32 для формирования изображения с широким полем обзора, которая позволяет использовать падающие лучи под углами, определенными для первого порядка.

В системе 30 согласно фиг. 18 как просветная решетка 31 (360 штр./мм), так и оптический длинноволновой пропускающий фильтр 33 установлены за линзой 32 (объектив с линзами Edmund Optics 57907). Как уже объяснялось со ссылкой на фиг. 5, это позволяет отменить зависимость извлекаемых спектров от положения объекта вдоль оптической оси.

В системе 30 согласно фиг. 19 оптический длинноволновой пропускающий фильтр 33 установлен перед линзой 32, и просветная решетка 31 (600 штр./мм) установлена за линзой 32 (объектив с линзами Edmund Optics 57907). Более того, дополнительная схема 34 линз также установлена за линзами 32. Как уже объяснялось со ссылкой на фиг. 6, данная конфигурация позволяет эффективно отделять рассеянные и нерассеянные изображения (приблизительно вдвое больше по сравнению с вариантом осуществления согласно фиг. 18) и избегать зависимости от положения объекта вдоль оптической оси.

Далее будут описаны дополнительные варианты осуществления настоящего изобретения, включая формирование изображения во множестве периодов освещения, сначала со ссылкой на фиг. 20 и 22, а затем со ссылкой на фиг. 21 и 23a-b. Данные дополнительные варианты осуществления, естественно, могут быть объединены с любым из вышеописанных вариантов осуществления.

На фиг. 20 схематически проиллюстрировано генерирование показателя подлинности объекта 10 в одном варианте осуществления системы 200 для формирования изображения. В этом варианте осуществления в качестве первого этапа система 60 датчиков изображения формирует изображения вышеописанных нерассеянной части 40 и рассеянной части 50 во множестве периодов освещения $t_1, t_2, \dots, t_n$. В одном варианте осуществления n равно 2. В другом варианте осуществления n равно 3. Объект 10 по-разному освещают в течение каждого периода освещения. Каждый период освещения может охватывать один или два периода формирования изображения (либо перекрывая, либо не перекрывая), как схематически проиллюстрировано со ссылкой на фиг. 35a-35d.

Затем генерируют показатель подлинности. Генерирование показателя подлинности включает следующие этапы.

Во-первых, для каждого периода освещения t_i ($1 \leq i \leq n$) генерируют промежуточный показатель подлинности k_i в зависимости от по меньшей мере отношения между изображением рассеянной части 50 (A_i), сформированным в период освещения t_i , изображением нерассеянной части 40 (B_i), сформированным в период освещения t_i , и частью эталонной спектральной информации, при этом указанная часть эталонной спектральной информации связана с тем, как был освещен объект 10 в течение периода освещения t_i . В одном варианте осуществления генерируют промежуточный показатель подлинности k_i для каждого периода освещения t_i путем определения для каждого периода освещения t_i того, насколько изображение рассеянной части, сформированное в период освещения t_i , соответствует свертке изображения нерассеянной части, сформированного в период освещения t_i , и указанной части эталонной спектральной информации, связанной с тем, как был освещен объект 10 в течение периода освещения t_i .

Во-вторых, генерируют показатель подлинности m на основе множества промежуточных показателей подлинности $k_1, k_2, \dots, k_n$. Это проиллюстрировано на фиг. 20 посредством иллюстративного уравнения: $m = f(k_1, k_2, \dots, k_n)$, где f представляет собой функцию, такую как, например, арифметическое среднее промежуточных показателей подлинности.

На фиг. 22 представлена блок-схема способа формирования изображения, соответствующего процессу, проиллюстрированному на фиг. 20, где генерирование $s400$ показателя подлинности объекта 10

следует за формированием изображений s300 системой 60 датчиков изображения нерассеянной части 40 и рассеянной части 50 во множестве периодов освещения $t_1, t_2, \dots, t_n$. Генерирование s400 показателя подлинности включает генерирование s470 для каждого периода освещения t_i промежуточного показателя подлинности k_i , как описано выше, и затем генерирование s475 показателя подлинности m на основе множества сгенерированных промежуточных показателей подлинности $k_1, k_2, \dots, k_n$.

В одном варианте осуществления генерирование s470 для каждого периода освещения t_i промежуточного показателя подлинности k_i включает определение для каждого периода освещения t_i того, насколько изображение рассеянной части, сформированное в период освещения t_i , соответствует свертке изображения нерассеянной части, сформированного в период освещения t_i , и указанной части эталонной спектральной информации, связанной с тем, как был освещен объект 10 в течение периода освещения t_i .

В одном варианте осуществления (не проиллюстрированном на фиг. 22) промежуточный показатель k_i подлинности каждого периода освещения генерируют s470 без ожидания завершения этапа s300 формирования изображения для всех периодов освещения. Таким образом, этап s470 можно осуществлять, пока этап s300 все еще находится в процессе выполнения. Например, как только система 60 датчиков изображения формирует изображения нерассеянной части 40 и рассеянной части 50 в течение периода освещения t_i , можно генерировать s470 промежуточный показатель подлинности k_i в течение периода освещения t_i , а затем сохранять, так что этап s475 генерирования можно осуществлять позже на основе всех сохраненных промежуточных показателей подлинности $k_1, \dots, k_n$.

На фиг. 21 схематически проиллюстрировано генерирование показателя подлинности объекта 10 в другом варианте осуществления настоящего изобретения. В этом варианте осуществления, как и в варианте осуществления, описанном со ссылкой на фиг. 20 и 22, система 60 датчиков изображения сначала формирует изображения нерассеянной части 40 и рассеянной части 50 во множестве периодов освещения $t_1, t_2, \dots, t_n$. Значение n может, например, быть равным 2 или 3, и объект 10 по-разному освещают в течение каждого периода освещения. Снова каждый период освещения может охватывать один или два периода формирования изображения (либо перекрывая, либо не перекрывая), как схематически проиллюстрировано со ссылкой на фиг. 35a-35d. Затем показатель подлинности генерируют на следующих этапах. Сформированное изображение нерассеянной части $\{B_1, B_2, \dots, B_n\}$ обрабатывают на основе, по меньшей мере, изображения нерассеянной части B_1 , сформированного в первый период освещения t_1 среди множества периодов освещения $t_1, t_2, \dots, t_n$, и изображения нерассеянной части B_2 , сформированного во второй период освещения t_2 , для создания обработанного сформированного изображения нерассеянной части B_X . Все изображения $B_1, B_2, \dots, B_n$ могут также быть учтены для создания так называемого обработанного сформированного изображения нерассеянной части B_X . Таким образом, обработанное сформированное изображение нерассеянной части B_X могут генерировать на основе изображений нерассеянных частей, сформированных в первый- n -й периоды освещения $t_1, t_2, \dots, t_n$. Подобным образом, обработанное сформированное изображение рассеянной части генерируют на основе, по меньшей мере, изображения рассеянной части A_1 , сформированного в первый период освещения t_1 среди множества периодов освещения $t_1, t_2, \dots, t_n$, и изображения рассеянной части A_2 , сформированного во второй период освещения t_2 , для создания так называемого обработанного сформированного изображения рассеянной части A_X . Все изображения рассеянных частей $A_1, A_2, \dots, A_n$, сформированные во все периоды освещения $t_1, t_2, \dots, t_n$, могут в качестве альтернативы быть учтены для создания обработанного сформированного изображения рассеянной части A_X .

Затем показатель подлинности m генерируют в зависимости, по меньшей мере, от отношения между обработанным сформированным изображением рассеянной части A_X , обработанным сформированным изображением нерассеянной части B_X и эталонной спектральной информацией. В одном варианте осуществления показатель подлинности m генерируют на основе, по меньшей мере, того, насколько обработанное сформированное изображение рассеянной части A_X соответствует свертке обработанного сформированного изображения нерассеянной части B_X и эталонной спектральной информации.

На фиг. 23a и 23b представлены две блок-схемы способов формирования изображения в двух вариантах осуществления, соответствующих процессу, проиллюстрированному на фиг. 21, где генерирование s400 показателя подлинности следует за формированием изображений s300 системой 60 датчиков изображения нерассеянной части 40 и рассеянной части 50 во множестве периодов освещения $t_1, t_2, \dots, t_n$.

А именно, со ссылкой на фиг. 23a, после формирования изображений s300 системой 60 датчиков изображения нерассеянной части 40 и рассеянной части 50 во множестве периодов освещения $t_1, t_2, \dots, t_n$ генерируют s400 показатель подлинности. Этап s400 включает, во-первых, генерирование s482 так называемого обработанного сформированного изображения нерассеянной части B_X на основе, по меньшей мере, изображений нерассеянных частей B_1, B_2 , сформированных в первый и второй периоды освещения t_1, t_2 , и предпочтительно на основе всех изображений нерассеянных частей $B_1, B_2, \dots, B_n$, сформированных в периоды освещения $t_1, t_2, \dots, t_n$. Подобным образом, так называемое обработанное сформированное изображение рассеянной части A_X генерируют s484 на основе, по меньшей мере, изображений рассеянных частей A_1, A_2 , сформированных в периоды освещения t_1, t_2 , и предпочтительно на основе всех изображений нерассеянных частей $A_1, \dots, A_n$, сформированных в периоды освещения $t_1, \dots, t_n$. Затем показатель подлинности m генерируют s486 в зависимости, по меньшей мере, от отношения между обработан-

ным сформированным изображением рассеянной части A_x , обработанным сформированным изображением нерассеянной части B_x и эталонной спектральной информацией.

На фиг. 23а этапы s482 и s484 осуществляют последовательно. Однако этап s482 могут также осуществлять после этапа s484. В одном варианте осуществления этапы s482 и s484 вместо этого осуществляют параллельно, как проиллюстрировано на фиг. 23b.

В одном варианте осуществления этап s482 могут осуществлять следующим образом (подобным образом, этап s484 могут осуществлять аналогично). Во-первых, долевого коэффициент вычисляют на основе статистической обработки значений пикселей первых данных изображения B_1 (т.е. изображения нерассеянной части, сформированного в период освещения t_1) и значений пикселей вторых данных изображения B_2 (т.е. изображения нерассеянной части, сформированного в период освещения t_2). Затем третьи данные изображения B_x (т.е. так называемого обработанного сформированного изображения нерассеянной части) генерируют путем вычисления взвешенной комбинации с использованием значений пикселей указанных первых данных изображения B_1 , значений пикселей указанных вторых данных изображения B_2 и указанного долевого коэффициента. Такая реализация может быть осуществлена для сведения к максимуму контрастности изображения между маркировкой (например, штрих-кодом) и оставшимся фоном, как описано в заявке PCT WO 2014/187474 A1 того же заявителя. В документе WO 2014/187474 A1 раскрыты способы улучшения изображения метки или кода, напечатанных на флуоресцирующем фоне или других фонах. Несколько изображений метки или кода захватывают при разных условиях освещения, а алгоритм вычитания изображения подавляет фон для облегчения извлечения напечатанных кодов из изображений.

Этот вариант осуществления, который будет описан более подробно со ссылкой на фиг. 24а-27, можно рассматривать как способ улучшения спектрального распознавания и установления подлинности метки (такой как, например, напечатанная метка) на фоне (таком как, например, сложные флуоресцирующие фоны) с использованием спектрального формирователя изображения с системой 30 для получения спектрального изображения (такой как, например, просветная дифракционная решетка), и вычитания фона с использованием дифференциальных изображений (как описано в документе WO 2014/187474 A1). Вычитание фона с использованием дифференциальных изображений, как описано в документе WO 2014/187474 A1, будет далее упомянуто как функция, метод или алгоритм вычитания фона дифференциального освещения (DIBS).

Этот вариант осуществления решает, в частности, следующие потенциальные проблемы. Сформированное изображение нерассеянной части и сформированное изображение рассеянной части, созданные посредством системы 30 для получения спектрального изображения, как рассмотрено выше, могут перекрываться и, например, флуоресцирующий фон крышки банки (или подобного) может вызывать проблемы декодирования и извлечения спектра. В одном варианте осуществления настоящего изобретения для уменьшения эффекта перекрытия необязательно используют приемлемую маску, которая прячет часть изображения объекта 10 во избежание перекрытия между изображениями нулевого и первого порядка кода, создаваемыми системой 30. Однако такая маска является физической и может при определенных обстоятельствах нарушать считывание кода путем уменьшения полезного поля обзора. Кроме того, маска может усложнить оптико-механическую конструкцию системы 200 для формирования изображения.

Вариант осуществления на основе DIBS направлен на решение таких проблем. Он использует изображения, полученные системой 30, которые имеют перекрытие между порядками, и применяется вычитание фона с использованием метода DIBS. Метод DIBS уменьшает эффект флуоресцирующего фона (или подобного) на изображениях нулевого порядка (нерассеянной части 40) и далее корректирует изображения первого порядка (рассеянной части 50), тем самым улучшая генерирование показателя подлинности на основе спектра. Это является особенно преимущественным, когда флуоресцирующий фон имеет спектр возбуждения, который отличается от краски, подлежащей установлению ее подлинности (например, матричного кода).

Пример изображений образцового объекта 10 с флуоресцирующим фоном, полученных с помощью системы 200 для формирования изображения согласно фиг. 1, показан на фиг. 24а (изображение крышки банки безалкогольного напитка без использования маски). Область с перекрывающимися изображениями нулевого и первого порядка образцового объекта 10 можно наблюдать на фиг. 24а. В этой области может быть трудно или невозможно декодировать матрицу данных из-за уменьшения контрастности. Это затрудняет извлечение спектра (для генерирования показателя подлинности), что может привести к значительным ошибкам.

Следовательно, изображение согласно фиг. 24а имеет две проблемы: 1) фон, видимый в нулевом порядке, перекрывает изображение первого порядка, и 2) фон испускает свет, который отклоняется в 1-м порядке и "спектрально" мешает спектральной информации, подлежащей установлению подлинности. Первая проблема может быть решена с помощью физической маски. Метод DIBS, в частности, решает вторую проблему, значительно уменьшая фоновый сигнал от изображения.

На фиг. 24b показано изображение того же образцового объекта 10 вместе с физической маской в одном варианте осуществления настоящего изобретения. Между порядками отсутствует перекрытие, что делает возможным эффективное декодирование и извлечения спектра, но полезное поле обзора может

быть ограничено. Такое ограничение может при определенных обстоятельствах ограничивать работу пользователя с устройством только с определенными ориентациями, что может привести к увеличению времени установления подлинности образцового объекта 10.

В соответствии с вышеупомянутым вариантом осуществления на основе DIBS никакую маску не используют, но изображения захватывают во множестве периодов освещения $t_1, t_2, \dots, t_n$ с несколькими различными освещенностями, а затем осуществляют вычитание изображения в соответствии с методом DIBS. Это уменьшает влияние флуоресцирующего фона (или подобного) как на декодирование (если используется), так и на извлечение спектра.

Например, алгоритм DIBS может использовать два изображения, захваченные при освещении объекта 10 синим и зеленым светом соответственно. В качестве выходных данных алгоритма получают изображение, которое представляет собой разность изображений, взятых при синем и зеленом освещении. Данное изображение, как правило, имеет лучшую контрастность, когда дело касается напечатанного кода по сравнению с исходными изображениями, тем самым улучшая производительность модуля декодирования (если используется). Более того, полученное в результате изображение также улучшает извлечение спектра с использованием изображения первого порядка (т.е. рассеянной части 50), созданного с помощью системы 30 для получения спектрального изображения. Данный эффект может быть объяснен различными спектрами возбуждения как для краски, используемой для печати кода, так и для флуоресцирующего фона объекта 10 (например, крышки банки безалкогольного напитка). Краска лучше возбуждается синим, чем зеленым светом, в то время как фон крышки банки безалкогольного напитка имеет в основном одно и то же возбуждение для обоих цветов. Вычитание изображений затем приводит к увеличению контрастности кода и улучшенному излучению спектра.

На фиг. 25 показаны примеры изображений крышки банки безалкогольного напитка, захваченные без физической маски, но возбужденные в двух различных периодах освещения синим светом (изображение справа) и зеленым светом (изображение слева), в одном варианте осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 26 показаны примеры изображений, вычитаемых из фона, с использованием алгоритма DIBS, используя, соответственно, линейные комбинации $B - 0,94 \cdot G$ (изображение справа) и $8,22 \cdot (B - 0,94 \cdot G)$ (изображение слева). В линейной комбинации $B - 0,94 \cdot G$ B представляет собой первое изображение, возбуждаемое в первом периоде освещения синим светом, G представляет собой второе изображение, возбуждаемое во втором периоде освещения зеленым светом, и 0,94 представляет собой долевого коэффициента. В линейной комбинации $8,22 \cdot (B - 0,94 \cdot G)$ значения B , G и 0,94 такие же, как и для первой линейной комбинации, а 8,22 представляет собой коэффициент пересчета. Касательно этих линейных комбинаций, долевого коэффициента и коэффициента пересчета см. уравнение (1) в документе WO 2014/187474 A1, стр. 8 и соответствующее описание.

Благодаря алгоритму DIBS обработанное изображение является более подходящим для декодирования и улучшает генерирование показателя подлинности на основе спектра. На фиг. 27 показаны примеры извлеченных спектров с и алгоритма DIBS, применяемого к захваченным изображениям в одном варианте осуществления настоящего изобретения. Извлеченные спектры можно сравнить на фиг. 27, где предварительно обработанные изображения DIBS обеспечивают возможность более точного восстановления спектров.

Далее будут описаны дополнительные варианты осуществления настоящего изобретения, применимые как к формированию изображения в течение одного периода освещения, так и к формированию изображения в течение множества периодов освещения. Данные дополнительные варианты осуществления могут быть объединены с любым из вышеописанных вариантов осуществления.

В одном варианте осуществления объект 10 имеет видимую или невидимую метку 11 (или знак), напечатанную с помощью краски для печати. Такая краска содержит окрашивающие и/или люминесцирующие средства, такие как краситель(и) и/или пигмент(ы), которые, как правило, трудно производить и технологию изготовления которых сложно раскрыть. Данные оптические средства можно разделить на два основных класса: 1) оптические средства, создающие конкретные отражающие свойства при управляемом освещении, и 2) оптические средства, создающие люминесценцию при управляемом освещении.

Ожидаемая спектральная чувствительность указанных оптических средств при условии конкретных условий освещения известна априори и составляет эталонную спектральную информацию.

В случае отражающих свойств спектральная чувствительность называется спектральной отражательной способностью, составляющей долю электромагнитной мощности, отраженной на единицу длины волны. Например, на фиг. 28 показана спектральная отражательная способность двух разных цветных пигментов (Microlith® от компании BASF AG, расположенной в г. Людвигсхафен, Германия), как измерено спектрофотометром в режиме отражательной способности (например, модель DU-640 Spectrophotometer от компании Beckman Coulter Inc., расположенной в г. Бреа, штат Калифорния, США).

Для определения отражательной способности может быть использован известный широкополосный источник освещения, поскольку отраженное электромагнитное излучение 20, зависящее от длины волны (спектральная плотность потока излучения, которая измеряется), зависит от падающего спектрального состава освещения (спектральной плотности потока излучения). Спектральная отражательная способ-

ность может быть определена либо с использованием калиброванного источника освещения (на длине волны), либо путем сравнения с поверхностью известной спектральной отражательной способности (такой как эталонная белая поверхность, например, Spectralon® от компании LabSphere, расположенной в Норт Саттон, штат Нью-Хэмпшир, США), используя некалиброванный широкополосный источник света. Термин "широкополосный" означает, что источник света испускает, по меньшей мере, на всех длинах волн в диапазоне, представляющем интерес. Примеры спектрального распределения широкополосного источника света показаны для белого светодиода (например, белого светодиода OSRAM OSLO SSL) на фиг. 29 и лампы с вольфрамовой нитью (лампа накаливания) на фиг. 30 (источник: Schroeder, D.V., 2003. "Radiant Energy," online chapter for the course, 'Energy, Entropy, and Everything,' Physics Department, Weber State University [accessed May 2016] <http://physics.weber.edu/schroeder/eee/chapter6.pdf>).

На фиг. 29 и 30 можно наблюдать, что спектр, отраженный от данной метки, сильно зависит от спектра источника излучения. Таким образом, так называемая "эталонная спектральная информация" должна представлять собой спектральную отражательную способность (отражательную способность) объекта или метки. В вариантах осуществления, где эталонная спектральная информация представляет собой записанную спектральную плотность потока излучения, указанная эталонная спектральная информация затем неотъемлемо связана со спектральным распределением источника излучения, которым предпочтительно следует управлять, когда эталонную спектральную информацию впервые записывают (регистрируют), а также когда ее измеряют для определения подлинности объекта 10.

Второй класс оптических средств охватывает люминесцентные красители или пигменты и имеет разные требования в отношении освещения и измерения.

Флуоресцентные красители и пигменты могут быть выбраны, например, из периленов (например, Lumogen F Yellow 083, Lumogen F Orange 240, Lumogen F Red 300, все от компании BASF AG). На фиг. 31 (источник: WO 2016/042025 A1) показан пример спектра возбуждения и испускания такого флуоресцентного красителя. В частности, он показывает спектр 601 возбуждения и спектр 602 испускания флуоресцентного красителя (Lumogen® F Orange 240 от компании BASF AG), добавленный в краску, используемую для печати, например, цифрового кода. Двухнаправленная стрелка 603 указывает диапазон длин волн, в котором спектр испускания может быть использован в качестве эталонной спектральной информации. На фиг. 31 можно наблюдать, что спектр возбуждения составляет от приблизительно 400 до 550 нм, а спектр испускания от приблизительно 550 до 700 нм. Для этого необходимо, чтобы источник освещения испускал, по меньшей мере, в области возбуждения флуоресцентного красителя, подлежащего возбуждению, но предпочтительно не в спектральной области испускания, чтобы не смешиваться с испусканием флуоресценции, подлежащим обнаружению, которое, как правило, на несколько порядков слабее, чем прямое отражение.

Эта схема освещения и обнаружения известна в области измерения флуоресценции и, как правило, содержит узкополосный источник освещения, такой как, например, одноцветный светодиод (синий светодиод с 450 нм или зеленый светодиод с 530 нм могут быть адаптированы для возбуждения Lumogen согласно фиг. 31) и оптический длинноволновой пропускающий фильтр на оптическом пути обнаружения для вырезания любого отражения для хвоста источника освещения в области испускания. Необязательно, коротковолновой пропускающий оптический фильтр также может быть расположен между светодиодом и объектом 10, подлежащим установлению подлинности.

На фиг. 32 и 33 показаны спектры испускания и возбуждения для двух иллюстративных фосфоресцирующих фосфорных пигментов: Lumilux® blue SN и Lumilux® green SN-F2Y от компании Honeywell International, Inc., расположенной в Моррис Плейнс, штат Нью-Джерси, США. Спектроскопические свойства, показанные на фиг. 32 и 33, измеряли на образцах, напечатанных красками для шелкотрафаретной печати, с использованием спектрофлуорометра (Horiba Jobin Yvon Fluorolog, модель FLIII-22, от компании Horiba, расположенной в Киото, Япония). Подход является таким же, что и для вышеописанных флуоресцентных красителей или пигментов. Спектры 501 и 511 возбуждения и спектры 502 и 522 испускания двух фосфоресцирующих пигментов используют для печати меток, подлежащих установлению подлинности, в виде патча, логотипа или рисунков. Черная стрелка 505 на каждой из фиг. 32 и 33 указывает на пик длин волн синего светодиода на длине волны 410 нм, который может быть использован для эффективного возбуждения фосфоресцирующих пигментов.

В одном варианте осуществления эталонную спектральную информацию генерируют перед работой системы и способа установления подлинности. Это может быть сделано путем записи и регистрации извлеченной спектральной информации в тех же самых или очень похожих условиях освещения и обнаружения (например, с использованием того же устройства или прибора) в качестве информации, которая будет использоваться в данной области техники.

В одном варианте осуществления можно использовать источник неуправляемого освещения, при условии, что его спектральные характеристики могут быть определены посредством спектрального измерения, и последующая коррекция может быть выполнена до извлечения измеренной спектральной информации из объекта 10 или метки 11, подлежащих установлению подлинности.

На фиг. 34 представлен схематический чертеж иллюстративного выполнения блока 700 вычисле-

ния, который может быть использован в вариантах осуществления настоящего изобретения, как, например, но не исключительно, для генерирования вышеупомянутого показателя подлинности.

Как проиллюстрировано на фиг. 34, блок 700 вычисления может включать шину 705, блок 703 обработки, главное запоминающее устройство 707, ROM 708, устройство 709 для хранения, устройство 702 для ввода, устройство 704 для вывода и интерфейс 706 связи. Шина 705 может включать путь, который обеспечивает возможность связи между компонентами блока 700 вычисления.

Блок 703 обработки может включать процессор, микропроцессор или логическую схему обработки информации, которые могут толковать и выполнять команды. Главное запоминающее устройство 707 может включать RAM или динамическое устройство для хранения другого типа, которые могут хранить информацию и команды для выполнения блоком 703 обработки. ROM 708 может включать устройство ROM или статистическое устройство для хранения другого типа, которые могут хранить статистическую информацию и команды для использования блоком 703 обработки. Устройство 709 для хранения может включать магнитный и/или оптический носитель записи и соответствующий ему привод.

Устройство 702 для ввода может включать механизм, который позволяет оператору вводить информацию в блок 703 обработки, такой как беспроводная клавишная панель, клавиатура, мышь, ручка, механизмы для распознавания голоса и/или биометрические механизмы и т.д. Устройство 704 для вывода может включать механизм, который выводит информацию оператору, включая дисплей, принтер, динамик и т.д. Интерфейс 706 связи может включать любой подобный приемопередатчику механизм, который позволяет блоку 700 вычисления осуществлять связь с другими устройствами и/или системами (с такими как базовая станция, точка доступа WLAN и т.д.). Например, интерфейс 706 связи может включать механизмы для связи с другим устройством или системой через сеть.

Блок 700 вычисления может выполнять определенные операции или процессы, описанные в данном документе. Эти операции могут быть выполнены в ответ на блок 703 обработки, выполняющий команды программного обеспечения, содержащиеся на машиночитаемом носителе, таком как главное запоминающее устройство 707, ROM 708 и/или устройство 709 для хранения. Машиночитаемый носитель может быть определен как физическое или логическое запоминающее устройство. Например, логическое запоминающее устройство может включать область памяти в одном физическом запоминающем устройстве или область, распределенную между несколькими физическими запоминающими устройствами. Каждое из главного запоминающего устройства 707, ROM 708 и устройства 709 для хранения может включать машиночитаемые носители. Магнитные и/или оптические носители записи (например, считываемые CD-диски или DVD-диски) устройства 709 для хранения могут также включать машиночитаемые носители. Команды программного обеспечения могут быть считаны в главное запоминающее устройство 707 с другого машиночитаемого носителя, такого как устройство 709 для хранения, или с другого устройства через интерфейс 706 связи.

Команды программного обеспечения, содержащиеся в главном запоминающем устройстве 709, могут обеспечить осуществление блоком 703 обработки операций или процессов, описанных в данном документе, таких как, например, генерирование показателя подлинности. В качестве альтернативы, аппаратная схема может быть использована вместо или в сочетании с командами программного обеспечения для выполнения процессов и/или операций, описанных в данном документе. Таким образом, описанные в данном документе реализации не ограничиваются какой-либо конкретной комбинацией аппаратного и программного обеспечения.

На фиг. 35a-35d схематически проиллюстрированы примеры периода(ов) формирования изображения и периода освещения в четырех вариантах осуществления изобретения. Данные чертежи уже упомянуты и подробно описаны в приведенном выше описании.

В одном варианте осуществления система 200 для формирования изображения содержит, с одной стороны, устройство для формирования изображения, содержащее систему 60 датчиков изображения и, с другой стороны, элемент оборудования, далее называемый в данном документе как "вспомогательное устройство для формирования изображения", содержащее систему 30 для получения спектрального изображения.

В данном варианте осуществления устройство для формирования изображения имеет встроенную камеру (включая связанные линзы) и может представлять собой портативное устройство, такое как, например, по меньшей мере одно из следующего: сотовый телефон, смартфон, кнопочный телефон, планшет, фаблет, портативный медиаплеер, ноутбук, игровое устройство, карманный персональный компьютер и портативное вычислительное устройство. Датчики изображения встроенной камеры устройства для формирования изображения действуют как система 60 датчиков изображения в системе 200.

Как упоминалось выше, вспомогательное устройство для формирования изображения содержит систему 30 для получения спектрального изображения, такую как, например, просветная дифракционная решетка или любой другой дисперсионный элемент, уже упомянутый выше со ссылкой на фиг. 1.

Вспомогательное устройство для формирования изображения выполнено с возможностью прикрепления непосредственно или косвенно (например, посредством соединительного элемента оборудования) к устройству для формирования изображения таким образом, что система 30 для получения спектрального изображения вспомогательного устройства для формирования изображения расположена относительно

но системы 60 датчиков изображения устройства для формирования изображения таким образом, что устройство для формирования изображения и вспомогательное устройство для формирования изображения образуют систему 200 для формирования изображения, описанную выше, предназначенную для формирования изображения объекта и генерирования показателя подлинности объекта. Другими словами, вспомогательное устройство для формирования изображения может быть использовано, например, для преобразования смартфона в портативную систему для формирования изображения и установления подлинности, описанную выше. Вспомогательное устройство для формирования изображения может, например, быть устойчиво установлено над задней камерой смартфона. Возможности обработки и связи смартфона могут затем быть использованы для выполнения блока 70 обработки системы 200 для формирования изображения.

Более того, если устройство для формирования изображения имеет источник света (такой как, например, светодиоды в качестве вспышки, используемые в смартфоне), указанный источник света может работать как схема 210 освещения с целью освещения объекта 10, подлежащего формированию его изображения и установления подлинности. Источник света смартфона, как правило, хорошо адаптирован для измерений отражательной способности. В качестве альтернативы схема 210 освещения может быть предусмотрена в качестве части вспомогательного устройства для формирования изображения.

Преимущество данного варианта осуществления заключается в том, что вспомогательное устройство для формирования изображения может представлять собой пассивное вспомогательное устройство, которому нет необходимости в дополнительной мощности, и обеспечивая тем самым приемлемое решение установления подлинности.

На фиг. 36 схематически проиллюстрирована система 200 для формирования изображения в соответствии с вышеописанным вариантом осуществления, содержащая, с одной стороны, устройство для формирования изображения, содержащее систему 60 датчиков изображения, при этом устройство для формирования изображения представляет собой сотовый телефон с камерой, и, с другой стороны, вспомогательное устройство 36 для формирования изображения, содержащее систему 30 для получения спектрального изображения. В этой иллюстративной оптической установке вспомогательное устройство 36 для формирования изображения содержит дифракционную решетку 31 и длинноволновой пропускающий фильтр 33, расположенный перед камерой 64 сотового телефона. Камера 64 сотового телефона содержит датчик 60 изображения и встроенную линзу 66. Необязательно, дополнительная коллимирующая линза 35 может быть расположена перед вспомогательным устройством 36 для формирования изображения.

Настоящее изобретение дополнительно относится к следующим вариантам осуществления.

Вариант осуществления (X2). Система (200) для формирования изображения по п.1, где система (200) для формирования изображения представляет собой устройство для формирования изображения.

Вариант осуществления (X3). Система (200) для формирования изображения по п.1, содержащая устройство (100) для формирования изображения, содержащее систему (60) датчиков изображения и систему (30) для получения спектрального изображения, при этом устройство (100) для формирования изображения не выполнено с возможностью генерирования показателя подлинности.

Вариант осуществления (X4). Система (200) для формирования изображения согласно варианту осуществления (X2) или (X3), где устройство для формирования изображения представляет собой портативное устройство.

Вариант осуществления (X7). Система (200) для формирования изображения по любому из пп.1-3 и согласно вариантам осуществления (X2)-(X4), где система (200) для формирования изображения выполнена с возможностью генерирования показателя подлинности, после формирования изображений системой (60) датчиков изображения во множестве периодов освещения ($t_1, t_2, \dots, t_n$) нерассеянной части (40) и рассеянной части (50); и

генерирование показателя подлинности включает

генерирование для каждого периода освещения (t_i) промежуточного показателя подлинности (k_i) в зависимости, по меньшей мере, от отношения между изображением рассеянной части, сформированным в период освещения (t_i), изображением нерассеянной части, сформированным в период освещения (t_i), и частью эталонной спектральной информации, при этом указанная часть эталонной спектральной информации связана с тем, как был освещен объект (10) в течение периода освещения (t_i); и

генерирование показателя подлинности (m) на основе множества сгенерированных промежуточных показателей подлинности ($k_1, k_2, \dots, k_n$).

Вариант осуществления (X8). Система (200) для формирования изображения согласно варианту осуществления (X7), где генерирование для каждого периода освещения (t_i) промежуточного показателя подлинности (k_i) включает

определение для каждого периода освещения (t_i) того, насколько изображение рассеянной части, сформированное в период освещения (t_i), соответствует свертке изображения нерассеянной части, сформированного в период освещения (t_i), и указанной части эталонной спектральной информации, связанной с тем, как был освещен объект (10) в течение периода освещения (t_i).

Вариант осуществления (X9). Система (200) для формирования изображения по любому из пп.1-3 и

согласно вариантам осуществления (X2)-(X4), где система (200) для формирования изображения выполнена с возможностью генерирования показателя подлинности, после формирования изображений системой (60) датчиков изображения во множестве периодов освещения ($t_1, t_2, \dots, t_n$) нерассеянной части (40) и рассеянной части (50); и

генерирование показателя подлинности включает

обработку сформированного изображения нерассеянной части на основе, по меньшей мере, изображения нерассеянной части, сформированного в первый период освещения (t_1) среди множества периодов освещения ($t_1, t_2, \dots, t_n$), и

изображения нерассеянной части, сформированного во второй период освещения (t_2) среди множества периодов освещения ($t_1, t_2, \dots, t_n$), при этом условия освещения в течение первого периода освещения (t_1), по меньшей мере частично, отличаются от условий освещения в течение второго периода освещения (t_2);

обработку сформированного изображения рассеянной части на основе, по меньшей мере, изображения рассеянной части, сформированного в первый период освещения (t_1), и изображения рассеянной части, сформированного во второй период освещения (t_2); и

генерирование показателя подлинности (m) в зависимости, по меньшей мере, от отношения между обработанным сформированным изображением рассеянной части (A_X), обработанным сформированным изображением нерассеянной части (B_X) и эталонной спектральной информацией.

Вариант осуществления (X10). Система (200) для формирования изображения согласно варианту осуществления (X9), где генерирование показателя подлинности (m) зависит, по меньшей мере, от того, насколько обработанное сформированное изображение рассеянной части (A_X) соответствует свертке обработанного сформированного изображения нерассеянной части (B_X) и эталонной спектральной информации.

Вариант осуществления (X11). Система (200) для формирования изображения по любому из пп.1-3 и согласно вариантам осуществления (X2)-(X4) и (X7)-(X10), где система (30) для получения спектрального изображения расположена относительно системы (60) датчиков изображения таким образом, чтобы позволить системе (60) датчиков изображения формировать изображения нерассеянной части (40) и рассеянной части (50) в двух участках одного и того же датчика изображения.

Вариант осуществления (X13). Система (200) для формирования изображения по любому из пп.1-4 и согласно вариантам осуществления (X2)-(X4) и (X7)-(X11), где между системой (30) для получения спектрального изображения и объектом (10), подлежащим формированию его изображения, не используется щель.

Вариант осуществления (X17). Система (200) для формирования изображения по п.7, где по меньшей мере один машиночитаемый код включает по меньшей мере один из линейного штрих-кода и матричного штрих-кода.

Вариант осуществления (X18). Система (200) для формирования изображения по любому из пп.5-7 и согласно варианту осуществления (X17), где маркировка (11) содержит единые спектральные характеристики по меньшей мере вдоль одной области маркировки (11).

Вариант осуществления (X19). Система (200) для формирования изображения согласно варианту осуществления (X18), где маркировка (11) содержит единые спектральные характеристики вдоль всей маркировки (11).

Вариант осуществления (X20). Система (200) для формирования изображения по любому из пп.5-7 и согласно вариантам осуществления (X17)-(X19), где маркировка (11) содержит по меньшей мере одно из оптических средств, создающих конкретные отражательные свойства при управляемом освещении, и оптических средств, создающих люминесценцию при управляемом освещении.

Вариант осуществления (X21). Система (220), содержащая систему (200) для формирования изображения по любому из пп.1-7 и согласно вариантам осуществления (X2)-(X4), (X7)-(X11), (X13) и (X17)-(X20) и схему (210) освещения для управляемого освещения объекта (10).

Вариант осуществления (X23). Способ формирования изображения по п.8, где способ формирования изображения осуществляют посредством устройства для формирования изображения.

Вариант осуществления (X24). Способ формирования изображения по п.8, где способ формирования изображения осуществляют посредством системы (200) для формирования изображения, содержащей устройство (100) для формирования изображения, содержащее систему (60) датчиков изображения и систему (30) для получения спектрального изображения, при этом устройство (100) для формирования изображения не генерирует (s_{400}) показатель подлинности.

Вариант осуществления (X25). Способ формирования изображения согласно вариантам осуществления (X23) или (X24), где устройство для формирования изображения представляет собой портативное устройство.

Вариант осуществления (X32). Способ формирования изображения по любому из пп.8-14 и согласно вариантам осуществления (X23)-(X25), где система (30) для получения спектрального изображения расположена относительно системы (60) датчиков изображения таким образом, чтобы позволить системе (60) датчиков изображения формировать изображения нерассеянной части (40) и рассеянной части (50) в

двух участках одного и того же датчика изображения.

Вариант осуществления (X33). Способ формирования изображения по любому из пп.8-14 и согласно вариантам осуществления (X23)-(X25) и (X32), где система (30) для получения спектрального изображения содержит по меньшей мере одно из

дифракционного элемента,
просветной дифракционной решетки,
концентрирующей просветной дифракционной решетки,
объемной топографической решетки,
отражательной дифракционной решетки,
схемы, содержащей расщепитель луча и дифракционную решетку, и
схемы, содержащей расщепитель луча и дисперсионную призму.

Вариант осуществления (X34). Способ формирования изображения по любому из пп.8-14 и согласно вариантам осуществления (X23)-(X25), (X32) и (X33), где между системой (30) для получения спектрального изображения и объектом (10), подлежащим формированию его изображения, не использована щель.

Вариант осуществления (X37). Способ формирования изображения по п.15 или 16, где маркировка (11) содержит по меньшей мере один машиночитаемый код.

Вариант осуществления (X38). Способ формирования изображения согласно варианту осуществления (X37), где по меньшей мере один машиночитаемый код включает по меньшей мере один из линейного штрих-кода и матричного штрих-кода.

Вариант осуществления (X39). Способ формирования изображения по любому из пп.15 и 16 и согласно вариантам осуществления (X37) и (X38), где маркировка (11) содержит единые спектральные характеристики по меньшей мере вдоль одной области маркировки (11).

Вариант осуществления (X40). Способ формирования изображения согласно варианту осуществления (X39), где маркировка (11) содержит единые спектральные характеристики вдоль всей маркировки (11).

Вариант осуществления (X41). Способ формирования изображения по любому из пп.15 и 16 и согласно вариантам осуществления (X37) и (X40), где маркировка (11) содержит по меньшей мере одно из оптических средств, создающих конкретные отражательные свойства при управляемом освещении, и оптических средств, создающих люминесценцию при управляемом освещении.

Вариант осуществления (X43). Компьютерная программа или набор компьютерных программ, содержащих выполняемые компьютером команды, предназначенные при выполнении компьютером или набором компьютеров для осуществления способа формирования изображения по любому из пп.8-16 и согласно вариантам осуществления (X23)-(X25), (X32)-(X34) и (X37)-(X41).

Вариант осуществления (X44). Компьютерный программный продукт или набор компьютерных программных продуктов, включающий компьютерную программу или набор компьютерных программ согласно варианту осуществления (X43).

Вариант осуществления (X45). Носитель информации, хранящий компьютерную программу или набор компьютерных программ согласно варианту осуществления (X43).

При использовании в данном документе терминов "блок обработки", "блок хранения" и т.д. не существует ограничений относительно того, как могут быть распределены эти элементы, и относительно того, как могут быть собраны элементы. Таким образом, составные элементы блока могут быть распределены в разных компонентах или устройствах программного или аппаратного обеспечения для выполнения предполагаемой функции. Множество отличных элементов также может быть собрано для обеспечения предполагаемых функциональных возможностей.

Любой из вышеупомянутых блоков, таких как, например, блок 70 обработки, или устройств, таких как, например, устройство 110 для формирования изображения, может быть реализован в аппаратном обеспечении, программном обеспечении, программируемой пользователем вентильной матрице (FPGA), интегральной схеме специального назначения (ASIC), программно-аппаратном обеспечении или т.п.

В дополнительных вариантах осуществления настоящего изобретения любой из вышеупомянутых блока обработки, блока хранения и т.д. заменяется средством обработки, средством хранения и т.д. или модулем обработки, модулем хранения и т.д., соответственно, для выполнения функций блока обработки, блока хранения и т.д.

В дополнительных вариантах осуществления настоящего изобретения любое из вышеописанных процедур, этапов или процессов может быть реализовано с использованием выполняемых компьютером команд, например, в виде выполняемых компьютером процедур, способов или подобного на любых компьютерных языках, и/или в виде встроенного программного обеспечения на программно-аппаратном обеспечении, интегральных схемах или т.п.

Хотя настоящее изобретение было описано на основе подробных примеров, подробные примеры служат исключительно для того, чтобы обеспечить специалисту в данной области техники лучшее понимание, и они не предназначены для ограничения объема настоящего изобретения. Объем настоящего изобретения значительно определяется прилагаемой формулой изобретения.

Сокращения.

ASIC - интегральная схема специального назначения,
 п. ед. - произвольные единицы,
 CASSI - спектральный формирователь кадрового изображения с кодированной апертурой,
 CCD - прибор с зарядовой связью,
 CMOS - комплементарная структура металл-оксид-полупроводник,
 CTIS - спектрометр компьютерной томографии для формирования изображения,
 DIBS - вычитание фона дифференциального освещения,
 FOV - поле обзора,
 FPGA - программируемая пользователем вентильная матрица,
 KNN - К-алгоритм ближайшего соседа,
 штр./мм - штрихи на 1 мм,
 светодиод - светоизлучающий диод,
 LTI - инвариант линейного перемещения,
 MAFC - мультиапертурная камера с фильтром,
 MIFTS - спектрометр с преобразованием Фурье повторного изображения,
 NIR - ближний инфракрасный,
 RAM - оперативное запоминающее устройство,
 ROM - постоянное запоминающее устройство,
 SHIFT - гиперспектральный спектрометр с преобразованием Фурье для формирования кадрового изображения,
 SVM - метод векторной машины,
 SWIR - коротковолновой инфракрасный,
 UV - ультрафиолетовый,
 WLAN - беспроводная локальная сеть.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система (200) для формирования изображения, предназначенная для формирования изображения объекта (10) и установления подлинности объекта (10), отличающаяся тем, что система (200) для формирования изображения содержит

один или более датчиков изображения, которые образуют систему (60) датчиков изображения; и
 один или более оптических элементов, которые образуют систему (30) для получения спектрально-го изображения,

в которой при попадании электромагнитного излучения (20) от объекта (10) на систему (30) для получения спектрального изображения по меньшей мере часть электромагнитного излучения (20) отклоняется в различных направлениях, по меньшей мере, на нерассеянную часть (40) и рассеянную часть (50); и

которая расположена относительно системы (60) датчиков изображения таким образом, чтобы позволить системе (60) датчиков изображения формировать изображения указанной нерассеянной части (40) в первом участке системы (60) датчиков изображения с получением нерассеянного изображения и указанной рассеянной части (50) во втором участке системы (60) датчиков изображения с получением рассеянного изображения;

при этом система (200) для формирования изображения выполнена с возможностью после формирования изображений системой (60) датчиков изображения по меньшей мере в один период формирования изображения нерассеянной части (40) и рассеянной части (50) генерирования показателя подлинности объекта (10) в зависимости, по меньшей мере, от отношения между сформированным изображением рассеянной части, сформированным изображением нерассеянной части и эталонной спектральной информацией, при этом генерирование показателя подлинности включает одно из

формирования обратной свертки сформированного изображения рассеянной части посредством сформированного изображения нерассеянной части и определения того, насколько результат соответствует эталонной спектральной информации;

формирования обратной свертки сформированного изображения рассеянной части посредством эталонной спектральной информации и определения того, насколько результат соответствует сформированному изображению нерассеянной части; и

формирования свертки сформированного изображения нерассеянной части и эталонной спектральной информации и определения того, насколько результат соответствует сформированному изображению рассеянной части,

при этом если результат определения степени соответствия превышает предварительно заданное пороговое значение, то подтверждается, что объект является подлинным, в противном случае подтверждается, что объект является неподлинным.

2. Система (200) для формирования изображения по п.1, отличающаяся тем, что система (30) для получения спектрального изображения содержит по меньшей мере одно из

дифракционного элемента,
 просветной дифракционной решетки,
 концентрирующей просветной дифракционной решетки,
 объемной голографической решетки,
 отражательной дифракционной решетки,
 схемы, содержащей расщепитель луча и дифракционную решетку, и
 схемы, содержащей расщепитель луча и дисперсионную призму.

3. Система (200) для формирования изображения по п.1 или 2, предназначенная для формирования изображения объекта (10), имеющего маркировку (11).

4. Система (200) для формирования изображения по п.3, отличающаяся тем, что генерирование показателя подлинности дополнительно включает декодирование кода из маркировки (11) в пределах сформированного изображения нерассеянной части и верификацию подлинности кода.

5. Система (200) для формирования изображения по п.3 или 4, отличающаяся тем, что маркировка (11) содержит по меньшей мере один машиночитаемый код.

6. Способ формирования изображения, предназначенный для формирования изображения объекта (10) и установления подлинности объекта (10), отличающийся тем, что способ формирования изображения включает использование

одного или более датчиков изображения, которые образуют систему (60) датчиков изображения; и
 одного или более оптических элементов, которые образуют систему (30) для получения спектрального изображения,

в которой при попадании электромагнитного излучения (20) от объекта (10) на систему (30) для получения спектрального изображения по меньшей мере часть электромагнитного излучения (20) отклоняется в различных направлениях, по меньшей мере, на нерассеянную часть (40) и рассеянную часть (50); и

которая расположена относительно системы (60) датчиков изображения таким образом, чтобы позволить системе (60) датчиков изображения формировать изображения указанной нерассеянной части (40) в первом участке системы (60) датчиков изображения с получением нерассеянного изображения и указанной рассеянной части (50) во втором участке системы (60) датчиков изображения с получением рассеянного изображения; и

способ формирования изображения включает следующие операции, на которых формируют изображение (s300) посредством системы (60) датчиков изображения по меньшей мере в один период формирования изображения нерассеянной части (40) и рассеянной части (50) и

генерируют (s400) показатель подлинности объекта (10) в зависимости, по меньшей мере, от отношения между сформированным изображением рассеянной части, сформированным изображением нерассеянной части и эталонной спектральной информацией,

при этом генерирование (s400) показателя подлинности включает одно из формирования обратной свертки (s410) сформированного изображения рассеянной части посредством сформированного изображения нерассеянной части и определения (s420) того, насколько результат соответствует эталонной спектральной информации;

формирования обратной свертки (s430) сформированного изображения рассеянной части посредством эталонной спектральной информации и определения (s440) того, насколько результат соответствует сформированному изображению нерассеянной части; и

формирования свертки (s450) сформированного изображения нерассеянной части и эталонной спектральной информации и определения (s460) того, насколько результат соответствует сформированному изображению рассеянной части,

при этом если результат определения степени соответствия превышает предварительно заданное пороговое значение, то подтверждается, что объект является подлинным, в противном случае подтверждается, что объект является неподлинным.

7. Способ формирования изображения по п.6, отличающийся тем, что способ включает следующие операции, на которых

формируют изображение (s300) посредством системы (60) датчиков изображения во множестве периодов освещения ($t_1, t_2, \dots, t_n$) нерассеянной части (40) и рассеянной части (50),

при этом генерирование (s400) показателя подлинности включает генерирование (s470) для каждого периода освещения (t_i) промежуточного показателя подлинности (k_i) в зависимости, по меньшей мере, от отношения между изображением рассеянной части, сформированным в период освещения (t_i), изображением нерассеянной части, сформированным в период освещения (t_i), и частью эталонной спектральной информации, при этом указанная часть эталонной спектральной информации связана с тем, как был освещен объект (10) в течение периода освещения (t_i); и

генерирование (s475) показателя подлинности (m) на основе множества сгенерированных промежуточных показателей подлинности ($k_1, k_2, \dots, k_n$).

8. Способ формирования изображения по п.6, отличающийся тем, что способ включает следующие операции, на которых

формируют изображение (s300) посредством системы (60) датчиков изображения во множестве пе-

риодов освещения ($t_1, t_2, \dots, t_n$) нерассеянной части (40) и рассеянной части (50),

при этом генерирование (s400) показателя подлинности включает

обработку (s482) сформированного изображения нерассеянной части на основе, по меньшей мере, изображения нерассеянной части, сформированного в первый период освещения (t_1) среди множества периодов освещения ($t_1, t_2, \dots, t_n$), и изображения нерассеянной части, сформированного во второй период освещения (t_2) среди множества периодов освещения ($t_1, t_2, \dots, t_n$), при этом условия освещения в течение первого периода освещения (t_1), по меньшей мере частично, отличаются от условий освещения в течение второго периода освещения (t_2);

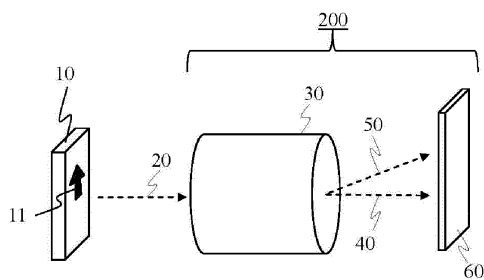
обработку (s484) сформированного изображения рассеянной части на основе, по меньшей мере, изображения рассеянной части, сформированного в первый период освещения (t_1), и изображения рассеянной части, сформированного во второй период освещения (t_2); и

генерирование (s486) показателя подлинности (m) в зависимости, по меньшей мере, от отношения между обработанным сформированным изображением рассеянной части (A_X), обработанным сформированным изображением нерассеянной части (B_X) и эталонной спектральной информацией.

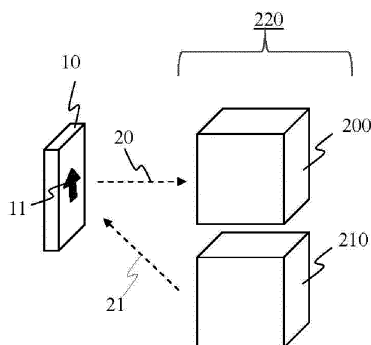
9. Способ формирования изображения по любому из пп.6-8, предназначенный для формирования изображения объекта (10), имеющего маркировку (11).

10. Способ формирования изображения по п.9, отличающийся тем, что генерирование (s400) показателя подлинности дополнительно включает декодирование (s492) кода из маркировки (11) в пределах сформированного изображения нерассеянной части и верификацию (s494) подлинности кода.

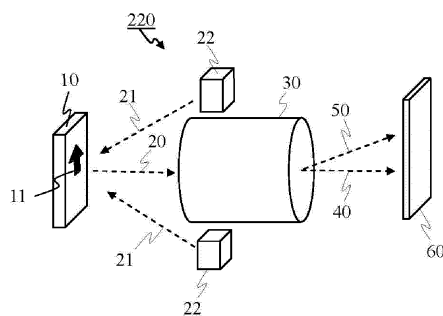
11. Способ формирования изображения по любому из пп.6-10, отличающийся тем, что способ дополнительно включает операцию управления освещением объекта (10).



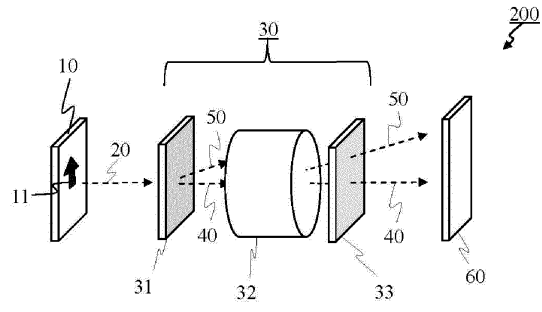
Фиг. 1



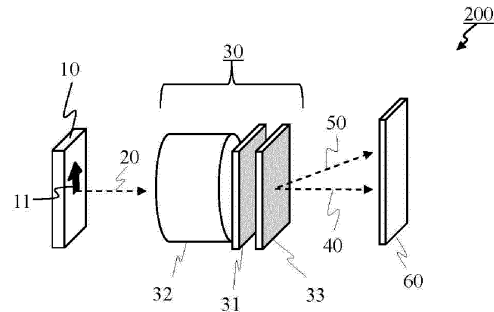
Фиг. 2



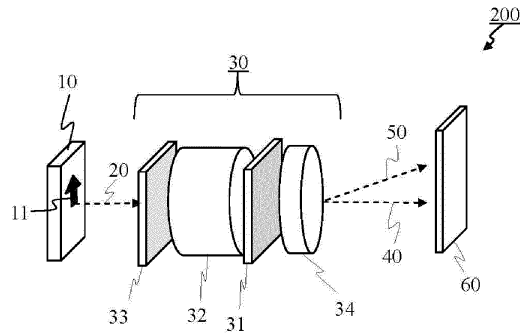
Фиг. 3



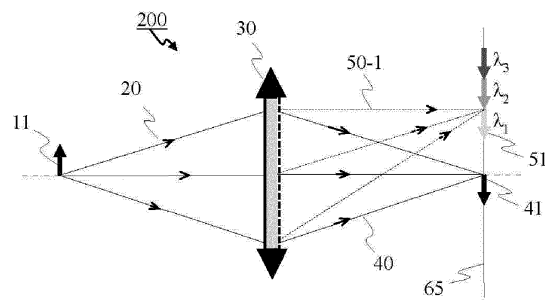
Фиг. 4



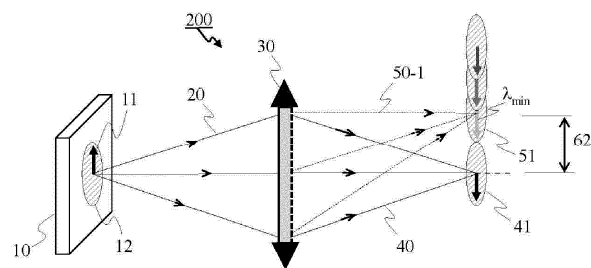
Фиг. 5



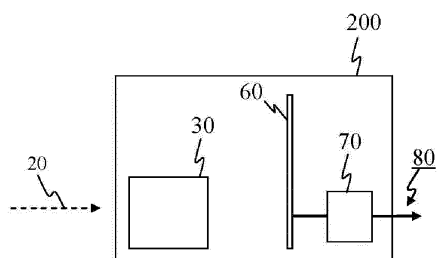
Фиг. 6



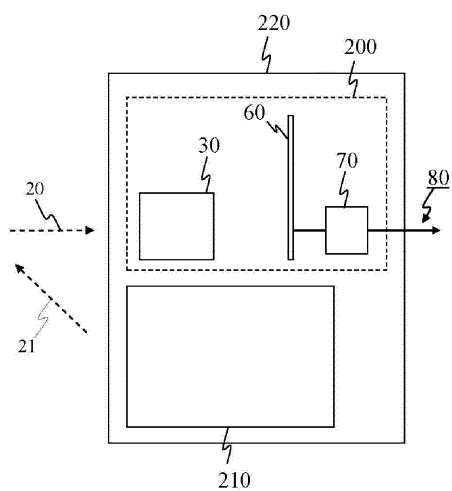
Фиг. 7



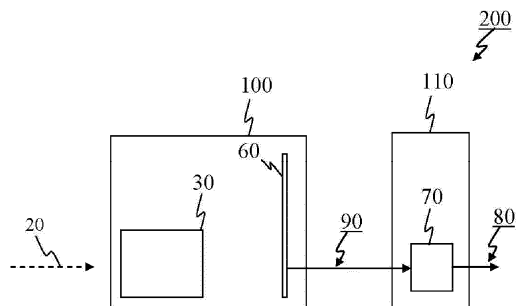
Фиг. 8



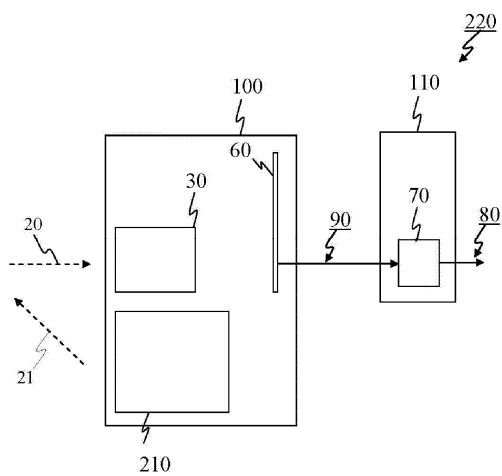
Фиг. 9а



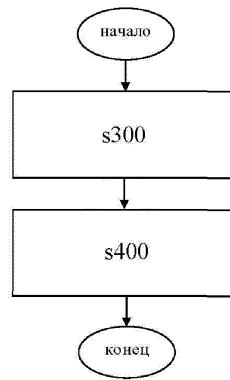
Фиг. 9b



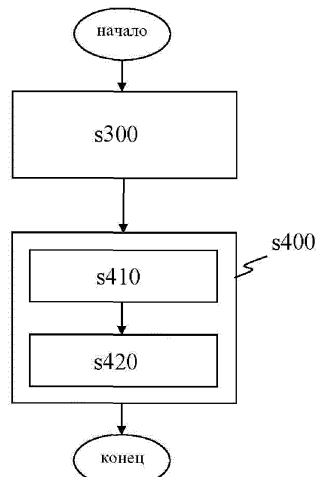
Фиг. 10а



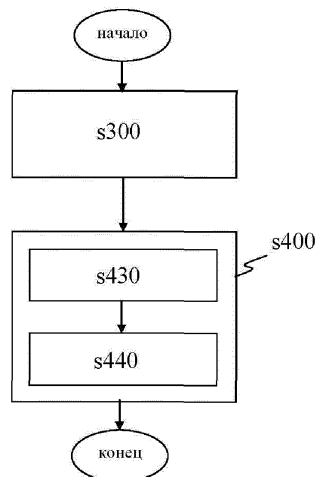
Фиг. 10b



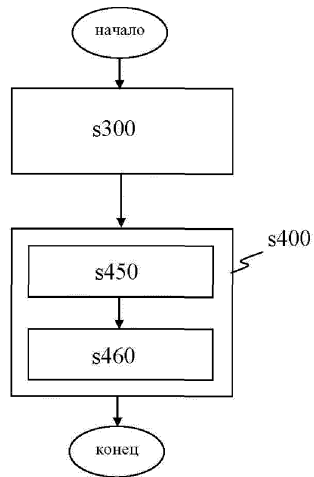
Фиг. 11



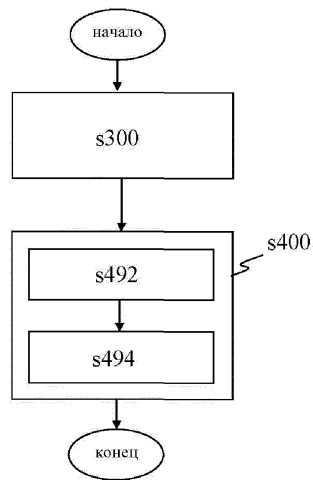
Фиг. 12a



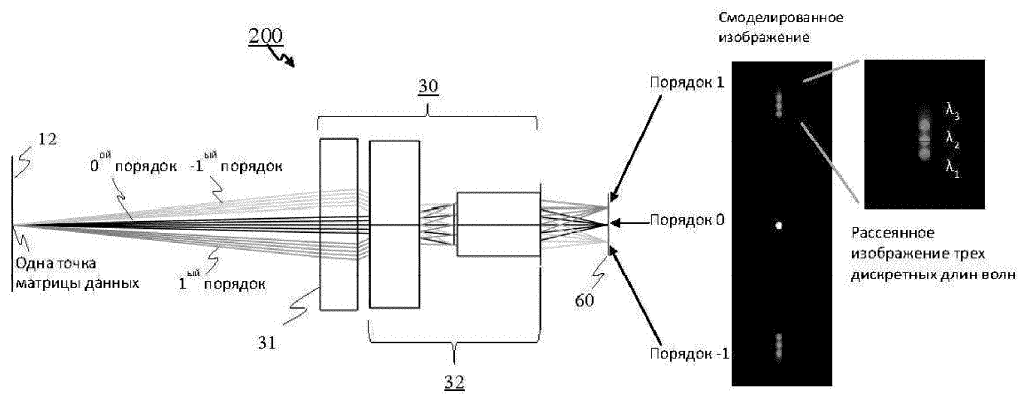
Фиг. 12b



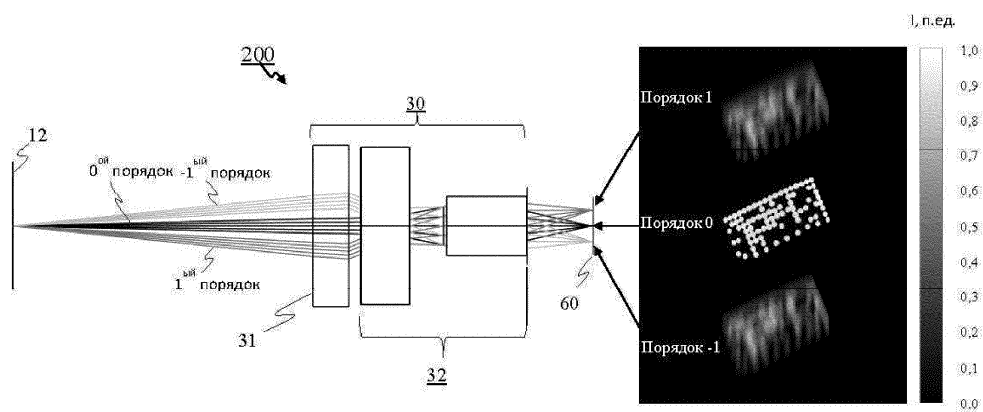
Фиг. 12с



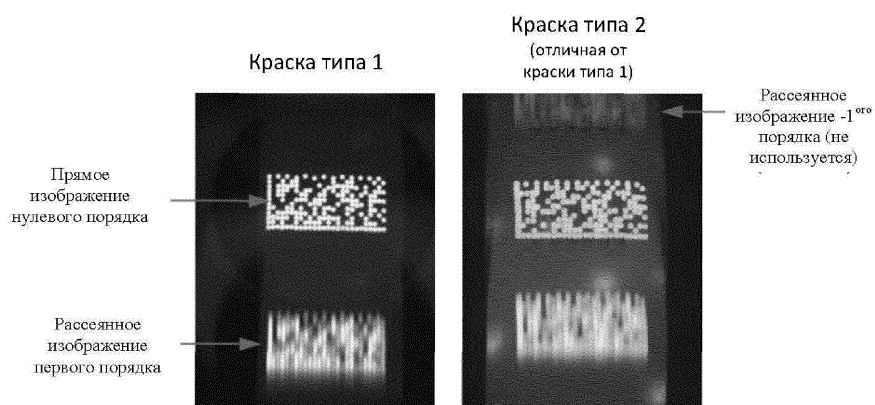
Фиг. 13



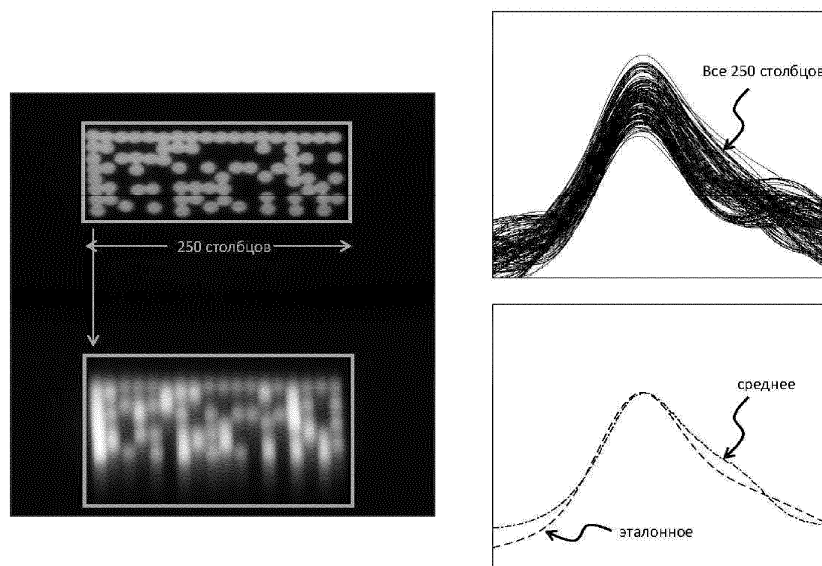
Фиг. 14а



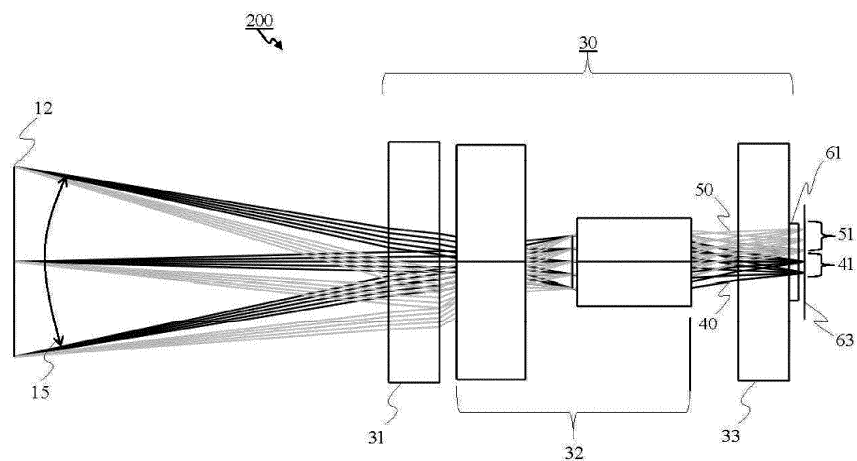
Фиг. 14b



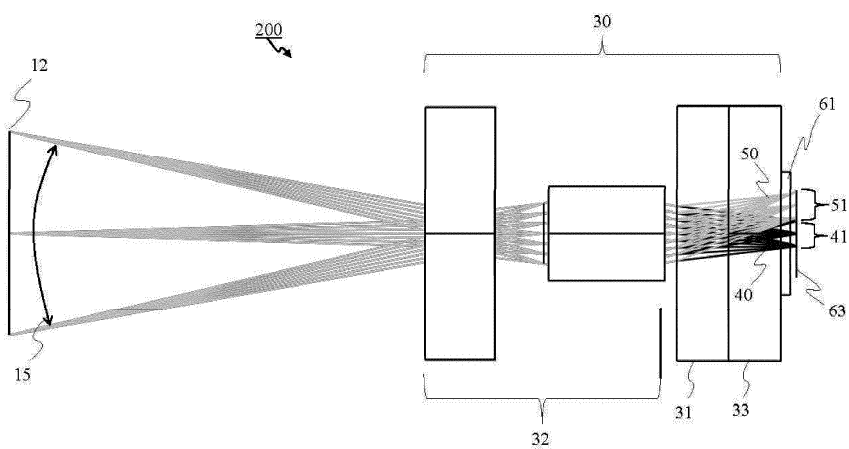
Фиг. 15



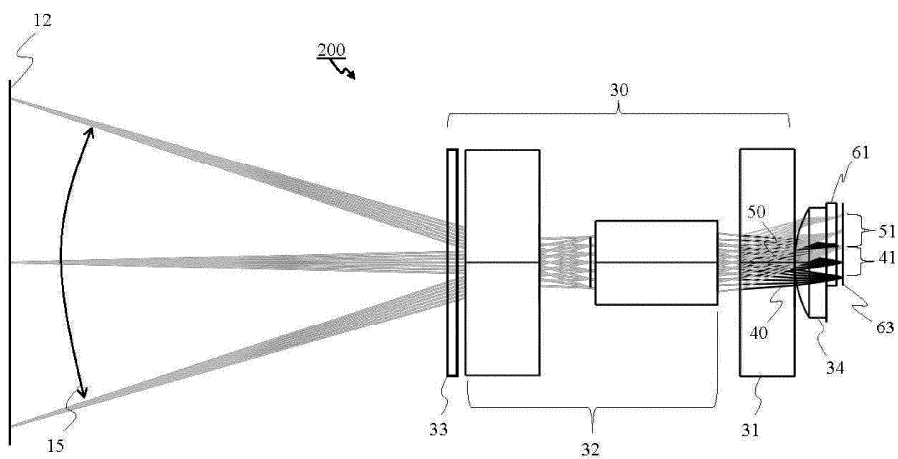
Фиг. 16



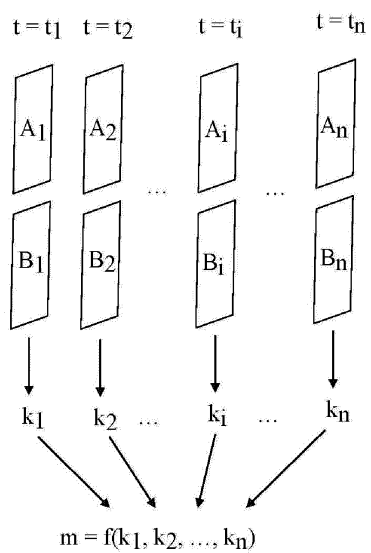
Фиг. 17



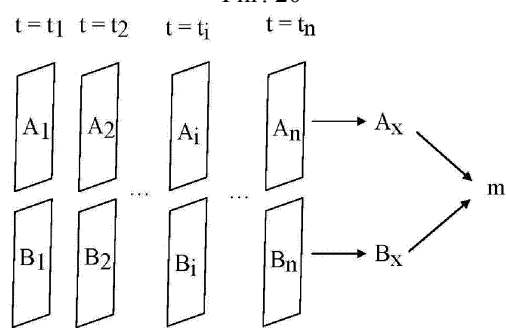
Фиг. 18



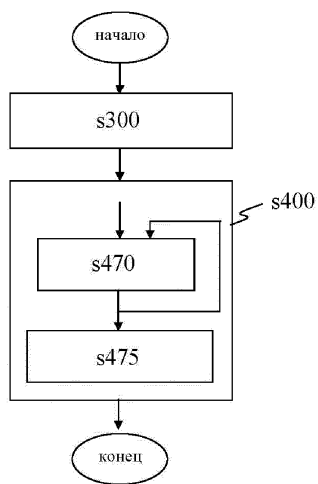
Фиг. 19



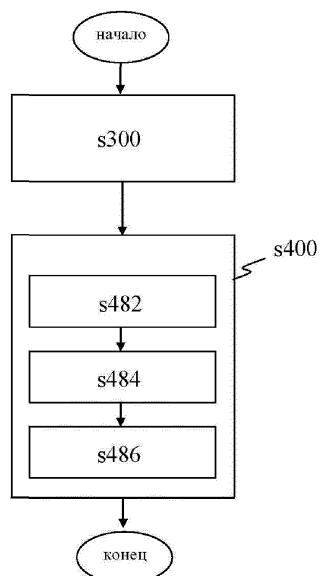
Фиг. 20



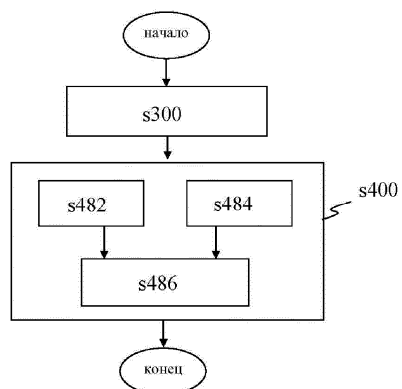
Фиг. 21



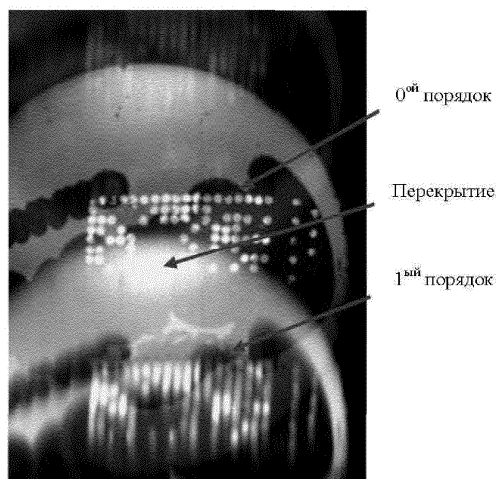
Фиг. 22



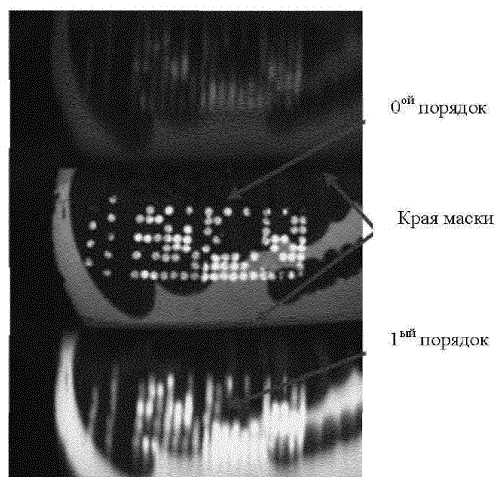
Фиг. 23а



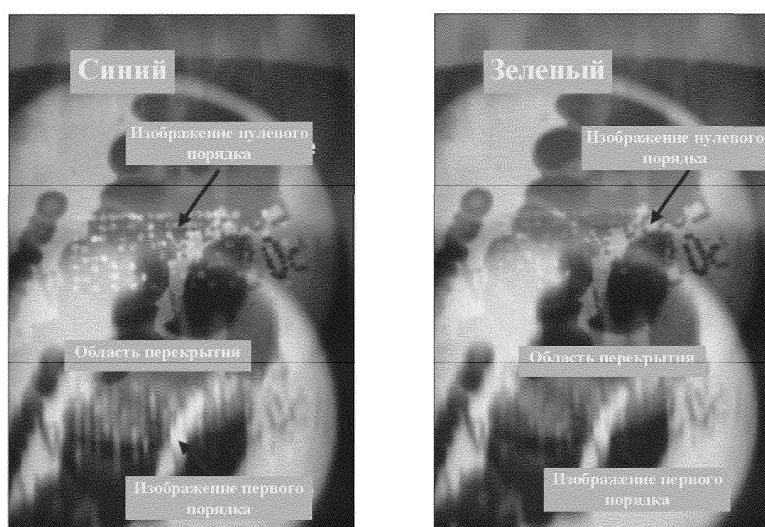
Фиг. 23b



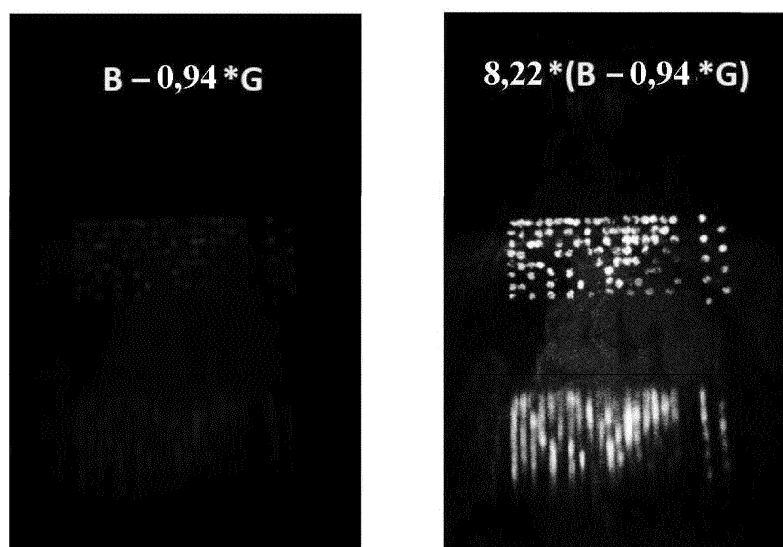
Фиг. 24а



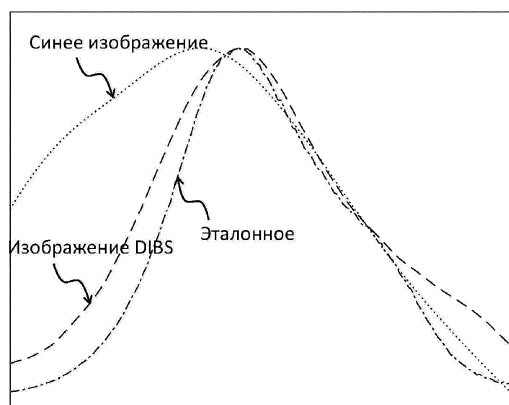
Фиг. 24b



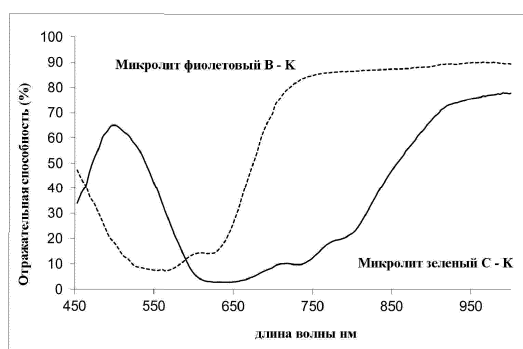
Фиг. 25



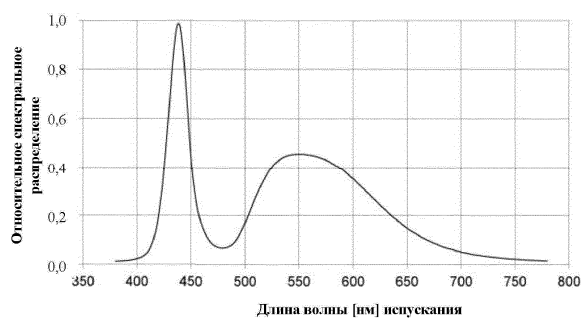
Фиг. 26



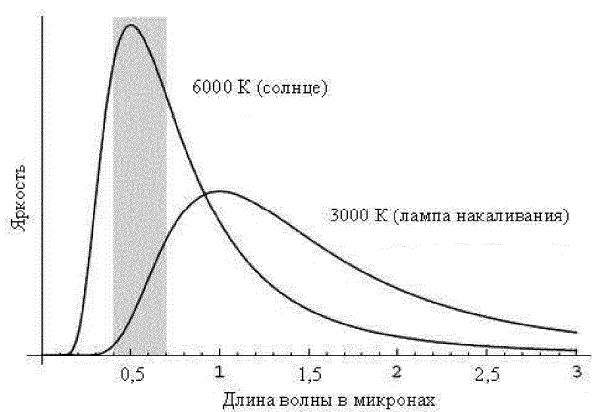
Фиг. 27



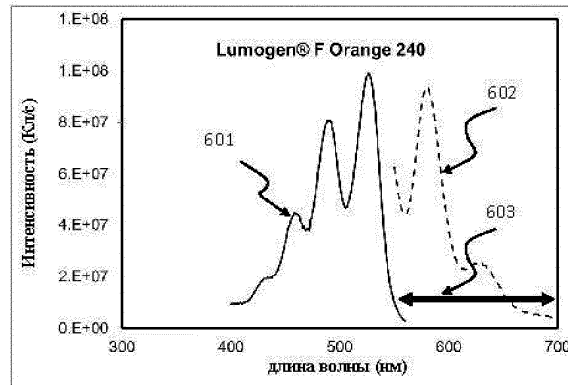
Фиг. 28



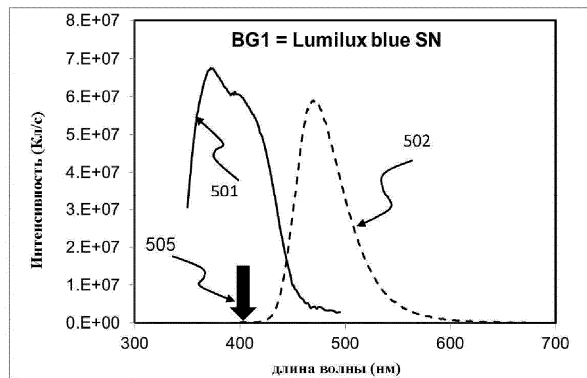
Фиг. 29



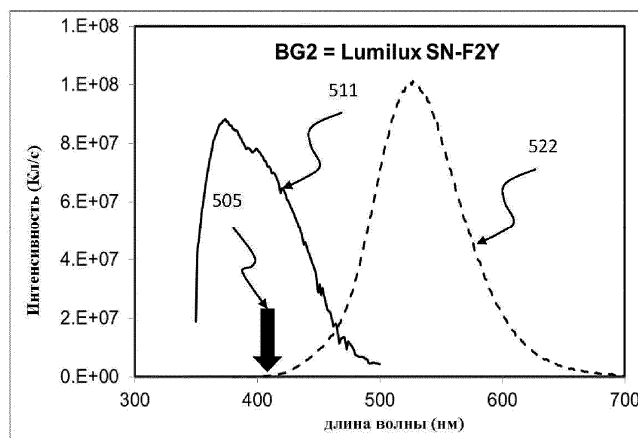
Фиг. 30



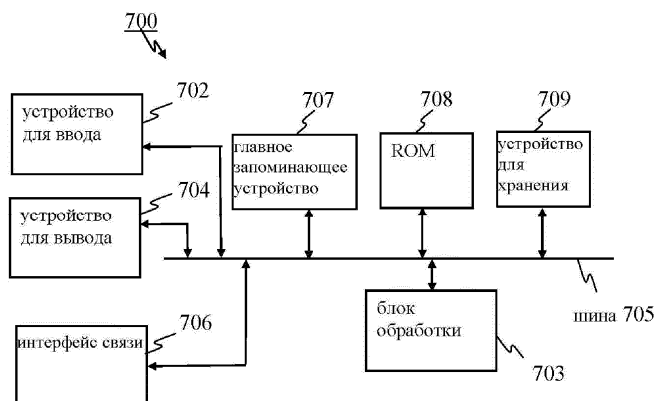
Фиг. 31



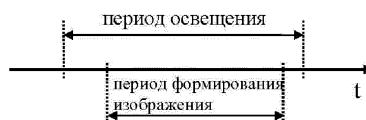
Фиг. 32



Фиг. 33



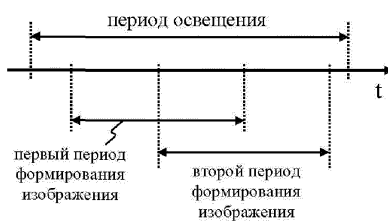
Фиг. 34



Фиг. 35а



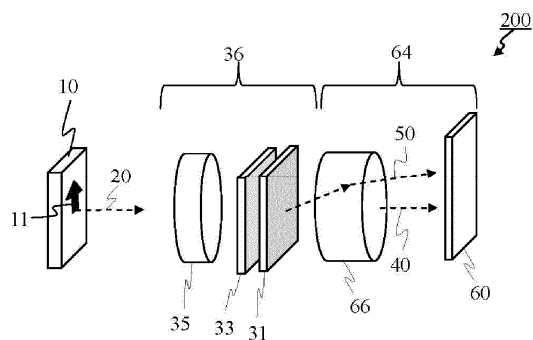
Фиг. 35b



Фиг. 35с



Фиг. 35d



Фиг. 36



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2