

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **039217**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2021.12.20**

(21) Номер заявки  
**201892786**

(22) Дата подачи заявки  
**2017.06.26**

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

---

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

---

(31) **16177270.2**

(32) **2016.06.30**

(33) **EP**

(43) **2019.06.28**

(86) **PCT/EP2017/065666**

(87) **WO 2018/001941 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)**

(56) **WO-A1-2008113962  
DE-A1-102006045624  
US-A1-2012008133  
US-A1-2015156394**

---

(57) Система (200) для формирования изображения, предназначенная для установления 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 электромагнитное излучение рассеивается и его изображение формируется 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 рассеянного электромагнитного излучения и эталонной спектральной информацией. Настоящее изобретение также относится к способу формирования изображения.

---

**B1**

**039217**

**039217  
B1**

### Область техники

Настоящее изобретение относится к системам для 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 года).

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, способы, 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 установления 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 рассеивается. Более того, система для получения спектрального изображения расположена относительно системы датчиков изображения таким образом, чтобы позволить системе датчиков изображения формировать изображение указанного рассеянного электромагнитного излучения. Система для формирования изображения выполнена с возможностью формирования в по меньшей мере один период системой датчиков изображения изображения рассеянного электромагнитного излучения и генерирования показателя подлинности объекта в зависимости от, по меньшей мере, отношения между сформированным изображением рассеянного электромагнитного излучения и эталонной спектральной информацией, которая представляет собой ожидаемый спектральный состав электромагнитного излучения от объекта, при этом синтетическое нерассеянное изображение, вычисленное с использованием сформированного изображения рассеянного электромагнитного излучения и эталонной спектральной информации путем обратной свертки сформированного изображения рассеянного электромагнитного излучения посредством эталонной спектральной информации, использовано в генерировании показателя подлинности объекта, при этом генерирование показателя подлинности дополнительно включает по меньшей мере одно из

формирования показателя декодируемости сформированного изображения машиночитаемого кода в результате обратной свертки;

формирования показателя резкости результата обратной свертки; формирования показателя размытости результата обратной свертки;

формирования показателя протяженности результата обратной свертки;

формирования показателя площади результата обратной свертки;

формирования показателя полной ширины на полувысоте поперечного сечения результата обратной свертки;

формирования показателя схожести результата обратной свертки с эталонным узором,

при этом, если сгенерированный показатель подлинности 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 рассеянного электромагнитного излучения и эталонной спектральной информацией, которая представляет собой ожидаемый спектральный состав электромагнитного излучения от объекта, с предсказанной физикой в ситуации, когда некоторая информация об электромагнитном излучении перед рассеиванием,

т.е. некоторая пространственная информация об источнике излучения, известна или предположена (такая как, например, пространственная информация о типе метке, знака или кода, которые имеет сформированное изображение объекта). Если отношение совпадает с предсказанной физикой, 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, гризмы; отражательной дифракционной решетки и дисперсионной призмы.

В одном варианте осуществления объект имеет маркировку. Маркировка содержит по меньшей мере один машиночитаемый код. В одном варианте осуществления настоящее изобретение также относится к способу формирования изображения для установления 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 рассеивается. Более того, система для получения спектрального изображения расположена относительно системы датчиков изображения таким образом, чтобы позволить системе датчиков изображения формировать изображение указанного рассеянного электромагнитного излучения. Способ формирования изображения включает следующие операции, на которых формируют изображение системой датчиков изображения по меньшей мере в один период формирования изображения рассеянного электромагнитного излучения, и генерируют показатель подлинности объекта в зависимости от, по меньшей мере, отношения между сформированным изображением рассеянного электромагнитного излучения и эталонной спектральной информацией, которая представляет собой ожидаемый спектральный состав электромагнитного излучения от объекта, при этом синтетическое нерассеянное изображение вычисляют с использованием сформированного изображения рассеянного электромагнитного излучения и эталонной спектральной информации путем обратной свертки сформированного изображения рассеянного электромагнитного излучения посредством эталонной спектральной информации, при этом генерирование показателя подлинности дополнительно включает по меньшей мере одно из

формирования показателя декодируемости сформированного изображения машиночитаемого кода в результате обратной свертки;

формирования показателя резкости результата обратной свертки;

формирования показателя размытости результата обратной свертки;

формирования показателя протяженности результата обратной свертки;

формирования показателя площади результата обратной свертки;

формирования показателя полной ширины на полувысоте поперечного сечения результата обратной свертки;

формирования показателя схожести результата обратной свертки с эталонным узором,

при этом, если сгенерированный показатель подлинности превышает предварительно заданное пороговое значение, то подтверждается, что объект является подлинным, в противном случае подтверждается, что объект является неподлинным.

В одном варианте осуществления способ включает формирование изображения посредством системы датчиков изображения во множестве периодов освещения рассеянного электромагнитного излучения, при этом генерирование показателя подлинности включает генерирование для каждого периода освещения промежуточного показателя подлинности в зависимости от, по меньшей мере, отношения между изображением рассеянного электромагнитного излучения, 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 генерирование для каждого периода освещения промежуточного показателя подлинности включает формирование обратной свертки изображения рассеянного электромагнитного излучения, сформированного в период освещения, посредством указанной части эталонной спектральной информации, связанной с тем, как был освещен объект в течение периода освещения.

В другом варианте осуществления способ включает формирование изображения посредством системы датчиков изображения во множестве периодов освещения рассеянного электромагнитного излучения, при этом генерирование показателя подлинности включает обработку сформированного изображения рассеянного электромагнитного излучения на основе, по меньшей мере, изображения рассеянного электромагнитного излучения, сформированного в первый период освещения среди множества периодов освещения, и изображения рассеянного электромагнитного излучения, 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; и генерирование показателя подлинности в зависимости от, по меньшей мере, отно-

шения между обработанным сформированным изображением рассеянного электромагнитного излучения и эталонной спектральной информацией.

В этом варианте осуществления генерирование показателя подлинности включает формирование обратной свертки обработанного сформированного изображения рассеянного электромагнитного излучения посредством эталонной спектральной информации.

В одном варианте осуществления способ дополнительно включает операцию, в соответствии с которой управляют 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;

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. 12 представлена блок-схема способа формирования изображения в одном варианте осуществления настоящего изобретения, где генерирование показателя подлинности включает обратную свертку рассеянного электромагнитного излучения посредством эталонной спектральной информации;

на фиг. 13 представлена блок-схема способа формирования изображения в одном варианте осуществления настоящего изобретения, включающего оценку того, является ли результат обратной свертки декодируемым;

на фиг. 14 схематически проиллюстрирована обработка сформированного изображения рассеянного электромагнитного излучения с целью установления подлинности в одном варианте осуществления настоящего изобретения, где объект имеет двумерный матричный штрих-код;

на фиг. 15 схематически проиллюстрирована обработка сформированного изображения рассеянного электромагнитного излучения с целью установления подлинности в одном варианте осуществления настоящего изобретения, где объект имеет напечатанный узор (представленный в виде звездообразного логотипа);

на фиг. 16 схематически проиллюстрирована обработка отличного сформированного изображения рассеянного электромагнитного излучения с целью установления подлинности в одном варианте осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 17 показаны вычисленные параметры подлинности или показатели подлинности, соответствующие пяти профилям спектра согласно фиг. 16, в одном варианте осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 18-21 представлены дополнительные разъяснения касательно некоторых вариантов осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 22a 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. 22b схематически проиллюстрирована система для формирования изображения в одном варианте осуществления настоящего изобретения в применении путем моделирования к двумерному матричному штрих-коду;

на фиг. 23 и 24 схематически проиллюстрированы две системы для формирования изображения в двух вариантах осуществления настоящего изобретения соответственно;

на фиг. 25 и 26 схематически проиллюстрировано генерирование показателя подлинности объекта в двух вариантах осуществления настоящего изобретения, где система датчиков изображения формирует изображение рассеянного электромагнитного излучения во множестве периодов освещения;

на фиг. 27 и 28 представлены блок-схемы способов формирования изображения в двух вариантах осуществления настоящего изобретения, где генерирование показателя подлинности объекта следует за формированием изображения системой датчиков изображения рассеянного электромагнитного излучения во множестве периодов освещения;

на фиг. 29a и 29b показаны изображения крышки банки безалкогольного напитка без маски (фиг. 29a) и с маской (фиг. 29b), захваченные с использованием системы для формирования изображения в одном варианте осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 30 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. 31 показаны примеры вычитанных из фона изображений с использованием двух разных линейных комбинаций в одном варианте осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 32 показана спектральная отражательная способность двух разных цветных пигментов;

на фиг. 33 показано типичное относительное спектральное распределение белого светодиода;

на фиг. 34 показано типичное относительное спектральное распределение лампы накаливания при температуре 3000 К по сравнению с распределением солнца;

на фиг. 35 показан спектр возбуждения и спектр испускания иллюстративного флуоресцентного красителя;

на фиг. 36 и 37 показаны спектры испускания и возбуждения для иллюстративных фосфоресцирующих фосфорных пигментов;

на фиг. 38 представлен схематический чертеж иллюстративного выполнения блока вычисления согласно одному варианту осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 39 схематически проиллюстрирован пример периода формирования изображения и периода освещения в одном варианте осуществления настоящего изобретения; и

на фиг. 40 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 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 окрашенный фон). Известна ожидаемая спектральная чувствительность указанной части, поверхности или стороны и, возможно, краски на них (которые могут или не могут иметь, например, фотолюминесцентные свойства),

подверженных конкретным условиям освещения, которая также составляет часть эталонной спектральной информации. Некоторая пространственная информация о видимых или невидимых метке, логотипе, знаке, изображении или узоре, которые имеет объект 10, также является известной, или предполагается, что она известна, как будет объяснено далее.

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 матриц 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 рассеянного 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 рассеянного 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; б) 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 относительном положении относительно системы 60 датчиков изображения; в) 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); д) дополнительных оптических фильтров (длинноволновых пропускающих, широкополосных и т.д.), что может быть особенно предпочтительным, например, если система 200 для формирования изображения работает в режиме люминесценции для вырезания отражения источника излучения; е) контроллера или управляющих средств или блоков для управления работой системы 60 датчиков изображения и других элементов; ф) 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. 38 и соответствующее описание); и г) 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 для получения спектрального изображения или, в частности, ее определенную часть, поверхность, сторону, апертуру или отверстие, по меньшей мере часть излучения 20 рассеивается. 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, дисперсионную призму или комбинацию любого из них. Если система 30 преломляет излучение 20, рассеянное электромагнитное излучение 50 может быть упомянуто 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 23), 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(ми) изображения (см. также в этом отношении фиг. 5, 6 и 24), 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  $21^\circ$  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  $22^\circ$  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 некоторой 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, которая фактически диспергирована, может зависеть от характеристик оптического(их) элемента(ов), образующих систему 30. Например, длинноволновой пропускающий фильтр можно использовать для выбора спектрального диапазона, подлежащего анализу.

Более того, система 30 для получения спектрального изображения расположена относительно системы 60 датчиков изображения таким образом, чтобы позволить системе 60 формировать изображение в один период формирования изображения рассеянного электромагнитного излучения 50.

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 период, в течение которого захватывают рассеянное электромагнитное излучение 50 (как проиллюстрировано на фиг. 39).

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

Период освещения (как проиллюстрировано на фиг. 39) в этом случае определяется как период, в течение которого условия освещения считаются достаточно постоянными с целью формирования изображения рассеянного электромагнитного излучения 50 и генерирования показателя подлинности на его основе.

Часть электромагнитного излучения 20, освещающая и проходящая через систему 30 для получения спектрального изображения (следовательно, будучи по меньшей мере диспергированной в одном наборе направлений и необязательно недиспергированной в другом наборе направлений), которая затем фактически обнаруживается системой 60 датчиков изображения, зависит от характеристик ее датчика(ов) изображения. Электромагнитное излучение, обнаруживаемое датчиком(ми) 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(ми) 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(ми) 60 изображения, находится в диапазоне видимого света. В одном варианте осуществления электромагнитное излучение, обнаруживаемое датчиком(ми) 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 изображения системой 60 датчиков изображения рассеянного электромагнитного излучения 50 по меньшей мере в один период формирования изображения, генерирования показателя подлинности объекта 10 в зависимости от, по меньшей мере, отношения между сформированным изображением рассеянного электромагнитного излучения и эталонной спектральной информацией. Таким образом, система 200 обеспечивает возможность верификации того, соответствует ли и/или насколько соответствует



отношение между сформированным изображением рассеянного электромагнитного излучения и эталонной спектральной информацией, которая представляет собой ожидаемый спектральный состав электромагнитного излучения 20, исходящего от объекта 10, предсказанной основополагающей физике системы в ситуации, когда некоторая информация является известной (или предполагается, что она известна) об объекте 10 и/или метке 11, от которых исходит (путем отражения и/или испускания) электромагнитное излучение 20. Это означает, что некоторая пространственная информация об электромагнитном излучении 20 до дисперсии известна или предполагается, как, например, пространственная информация о типе, виде, форме, размерах или других свойствах метки, знака, кода или узора, которые имеет объект 10 и от которых исходит излучение 20. Если отношение совпадает с ожидаемой основополагающей физикой системы, 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 рассеянного электромагнитного излучения, эталонной спектральной информацией и известной или предполагаемой пространственной информацией об электромагнитном излучении до дисперсии, т.е. информацией о метке 11 на объекте 10 (нет необходимости в формировании изображения данной пространственной информации системой 60 датчиков изображения, но в некоторых вариантах осуществления может быть необходимо), может быть понят в следующем смысле. Если эталонная спектральная информация соответствует, по существу соответствует или достоверно соответствует спектральному составу электромагнитного излучения 20, исходящего от сформированного изображения объекта 10, сформированное изображение рассеянного электромагнитного излучения, как правило, напоминает (нелинейные эффекты также могут быть приняты во внимание) результат свертки электромагнитного излучения перед дисперсией (т.е. информации о метке 11 на объекте 10) с эталонной спектральной информацией, и в этом случае объект 10, вероятно, является подлинным. Напротив, если эталонная спектральная информация не соответствует или достоверно не соответствует спектральному составу излучения 20, исходящего от сформированного изображения объекта 10, сформированное изображение рассеянного электромагнитного излучения, как правило, заметно отличается от результата свертки электромагнитного излучения перед дисперсией (т.е. информации о метке 11 на объекте 10) с эталонной спектральной информацией, и в этом случае объект 10, вероятно, является подделкой.

Конкретнее, характер рассматриваемого отношения, т.е. отношения между сформированным изображением рассеянного электромагнитного излучения, эталонной спектральной информацией и известной или предполагаемой пространственной информацией о нерассеянном электромагнитном излучении (как упомянуто выше, нет необходимости в формировании изображения данной пространственной информации системой 60 датчиков изображения, но в некоторых вариантах осуществления может быть необходимо), может также существенно отличаться от только свертки, учитывая наличие нелинейных эффектов. Характер отношения может быть определен: а) на основе основополагающей физики и геометрии; б) эмпирически и/или в) 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 в направлении дисперсии (оси  $y$ ), что может быть компенсировано картированием оси  $y$  изображения до новой оси  $y'$  с использованием нелинейной функции. Изображение может быть растянутым из-за 1) нелинейной дисперсии решетки, 2) искажений проекции и/или 3) оптических конкретных сферических аберраций.

В одном варианте осуществления нелинейные эффекты могут также быть смоделированы в виде отношения между рассеянным изображением, нерассеянной пространственной информацией 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 рассеянных изображений 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 рассеивает

электромагнитное излучение 20 с использованием, например, дифракционной решетки, и сформированное изображение рассеянного электромагнитного излучения, следовательно, представляет собой выходные данные изображения дифракционной решетки, сформированного на датчике(ах) 60 изображения. В одном варианте осуществления конструкция дифракционной решетки может быть оптимизирована таким образом, чтобы большая часть излучения проходила в первом порядке, а решетка практически не была эффективной в нулевом порядке. Синтетическое нерассеянное изображение может быть восстановлено с использованием сформированного изображения рассеянного электромагнитного излучения и ожидаемого электромагнитного спектра (эталонной спектральной информации), например, путем обратной свертки или операции, подобной обратной свертке. Может быть использован, например, алгоритм обратной свертки на основе быстрого преобразования Фурье (FFT). В алгоритме можно, например, использовать набор столбцов из изображения, извлеченного вдоль направления дисперсии, содержащего профили интенсивности из сформированного изображения рассеянного электромагнитного излучения.

Восстановленное синтетическое нерассеянное изображение можно затем оценивать самостоятельно и/или ввиду известной или предполагаемой пространственной информации об электромагнитном излучении перед дисперсией (т.е. информации о метке 11 на объекте 10) с целью установления подлинности объекта 10. В одном варианте осуществления генерирование показателя подлинности дополнительно включает определение по меньшей мере одного из

а) показателя декодируемости сформированного изображения машиночитаемого кода в результате обратной свертки или операции, подобной обратной свертке (учитывая нелинейные эффекты, как объяснялось выше);

b) показателя резкости результата обратной свертки или операции, подобной обратной свертке;

c) показателя размытости результата обратной свертки или операции, подобной обратной свертке;

d) показателя протяженности результата обратной свертки или операции, подобной обратной свертке;

e) показателя площади результата обратной свертки или операции, подобной обратной свертке;

f) показателя полной ширины на полувысоте поперечного сечения результата обратной свертки или операции, подобной обратной свертке;

g) показателя схожести результата обратной свертки или операции, подобной обратной свертке, с эталонным узором.

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 изображение рассеянной формы 50 электромагнитного излучения может быть сформировано в один период формирования изображения и поскольку формирование изображения позволяет восстановить синтетическую нерассеянную форму электромагнитного излучения на основе эталонной спектральной информации, система 200 может быть рассмотрена в виде формирователя покадрового изображения в том смысле, что сцена не сканируется во время процесса формирования изображения.

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 од-

ном 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 рассеянного изображения объекта 10 и/или метки 11 для установления подлинности. Как объяснялось выше со ссылкой на фиг. 1, электромагнитное излучение 20 исходит от объекта 10 и/или метки 11 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 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 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 изображение от нерассеянного изображения (если таковое есть) 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 определения понимания отклонения изображения первого порядка относительно оптической оси 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 рассеянного изображения на плоскости 65 изображения, где расположен(ы) датчик(и) изображения. Рассеянные лучи 50-1 касаются наиболее короткой длины волны  $\lambda_1$  и создают рассеянное изображение 51, соответствующее длине волны  $\lambda_1$ .

Система 200 для формирования изображения принимает электромагнитную энергию 20, исходящую от объекта 10, для создания рассеянной части, которая сдвигается по сравнению с оптической осью (вдоль которой нерассеянные лучи могут необязательно распространяться) 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  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  и  $\lambda_3$ . Таким образом, данные дискретные длины волн могут быть легко решены, поскольку соответствующие изображения не перекрываются.

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. 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 отклонение относительно оптической оси в плоскости изображения.

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.

Хотя в вышеупомянутых вариантах осуществления нерассеянное излучение (нулевого порядка) не используется (или необязательно используется) для установления подлинности, в любом случае преимущественно избегать перекрытия нулевого и первого порядка, когда система 30 производит части как нулевого, так и первого порядка. Действительно, если разделение порядка не является достаточным, на рассеянные изображения может влиять часть перекрывающегося изображения нулевого порядка. Во избежание такой ситуации можно использовать маску для уменьшения размера области 12 объекта 10, подлежащего формированию его изображения.

Варианты осуществления, которые не используют нерассеянное излучение (нулевого порядка) для установления подлинности, имеют преимущество в том, что оптические аберрации для первого порядка могут быть оптимизированы без учета какого-либо ухудшения аберраций в нулевом порядке. Другими словами, нужны только приемлемые оптические аберрации для первого порядка. Кроме того, варианты осуществления, которые не используют нерассеянное излучение (нулевого порядка) для установления подлинности, также имеют преимущество в том, что нет необходимости захватывать изображения как нулевого, так и первого порядка, так что большее изображение первого порядка может быть захвачено датчиком изображения данного размера.

На фиг. 9а 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. 9а 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 сформированное изображение рассеянного электромагнитного излучения (обнаруженное 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. 9а).

В одном варианте осуществления устройство для формирования изображения, являющееся частью системы 200 для формирования изображения согласно фиг. 9а, 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. 9а и 2. В одном варианте осуществления устройство для формирования изображения, являющееся частью системы 200 согласно фиг. 9b, представляет собой портативное устройство.

На фиг. 10а 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. 10а показана как таковая, которая конкретно содержит более одного устройства. А именно, в примере согласно фиг. 10а 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 сформированное изображение рассеянного электромагнитного излучения, 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. 10а).

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. 10a и 2.

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

В одном варианте осуществления блок 70 обработки согласно любой из фиг. 9a, 9b, 10a и 10b образует часть блока вычисления, такого как, например, блок, проиллюстрированный со ссылкой на фиг. 38 (которая рассмотрена ниже). В таком случае блок 70 обработки согласно фиг. 9a или 9b и блок 503 обработки согласно фиг. 38 могут фактически быть одним и тем же элементом. Подобным образом, в таком случае блок 70 обработки согласно фиг. 10a или 10b (без блока 110 обработки) и блок 503 обработки согласно фиг. 38 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. 9a или 9b, или устройство 100 для формирования изображения, проиллюстрированное на фиг. 10a 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. 9a или являющееся частью системы 220 согласно фиг. 9b, или устройство 100 для формирования изображения, проиллюстрированное на любой из фиг. 10a и 10b, дополнительно содержит блок хранения (не показан на любой из фиг. 9a, 9b, 10a 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 рассеянного электромагнитного излучения 50 и генерирования s400 показателя подлинности объекта 10 в зависимости, по меньшей мере, от отношения между сформированным изображением нерассеянного электромагнитного излучения и эталонной спектральной информацией. Этап s400 осуществляют через операцию (операции) свертки или обратной свертки (как рассмотрено ниже со ссылкой на фиг. 12) 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 рассеянного электромагнитного излучения 50 в одном периоде освещения, этап s300 предшествует этапу s400 генерирования, как правило, без перекрытия. Однако если этап s300 состоит из формирования изображения рассеянного электромагнитного излучения 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 результат обратной свертки сформированного изображения рассеянного электромагнитного излучения посредством эталонной спектральной информации соответствует или имеет конкретные свойства или характеристики. В одном варианте осуществления это может быть выполнено, как проиллюстрировано блок-схемой согласно фиг. 12, посредством этапа s410 обратной свертки сформированного изображения рассеянного электромагнитного излучения посредством эталонной спектральной информации, тем самым выводя восстановленное синтетическое нерассеянное изображение, и посредством этапа s420 оценки результата обратной свертки.

В одном варианте осуществления, как проиллюстрировано блок-схемой согласно фиг. 13, этап s420 оценки результата обратной свертки осуществляют путем определения s422 показателя декодируемости синтетически созданного машиночитаемого кода в результате обратной свертки. Если попытка s422 декодирования является успешной s424 ("да"), то объект 10 определяют s426 как такой, который, вероятно, является подлинным. Напротив, если попытка s422 декодирования является неуспешной s424 ("нет"), то объект 10 определяют s428 как такой, который, вероятно, является подделкой.

На фиг. 14 схематически проиллюстрирован способ в одном варианте осуществления настоящего изобретения, в котором оценку декодируемости осуществляют для генерирования s400 показателя подлинности объекта 10. В левой части показаны два идентичных кода, в которых первый код напечатан с использованием краски А (верхний слева) и второй код напечатан с использованием краски В (нижний

слева). Изображение рассеянного электромагнитного излучения 50 затем формируют s300 посредством системы 60 датчиков изображения. Соответствующее рассеянное изображение затем обрабатывают s410 посредством обратной свертки или операции, подобной обратной свертке (для учета нелинейных эффектов), на основе эталонной спектральной информации, представляющей спектр краски А ("Эт. спектр А"), для вывода восстановленного синтетического нерассеянного изображения (которое соответственно проиллюстрировано в правой части фиг. 14). Можно наблюдать, что восстановленное синтетическое нерассеянное изображение в верхней правой части фиг. 14, которое генерировали на основе сформированного изображения рассеянной формы кода, напечатанного с помощью краски А, и эталонной спектральной информации, представляющей спектр краски А, является декодируемым. Можно наблюдать, напротив, что восстановленное синтетическое нерассеянное изображение в нижней правой части фиг. 14, сгенерированное на основе сформированного изображения рассеянной формы кода, напечатанного с помощью краски В, и эталонной спектральной информации, представляющей спектр краски А, является недекодируемым. Код является недекодируемым, поскольку спектральная информация отличается от подлинной информации и, следовательно, обратная свертка создает искаженное синтетическое изображение кода, качество которого является недостаточным для успешного декодирования.

Данное определение s420 декодируемости может приводить или указывать на определение того, что объект, имеющий недекодируемый код (после вышеописанной обработки), является поддельным или, вероятно, является поддельным, тогда как объект, имеющий декодируемый код, является подлинным или, вероятно, является подлинным.

На фиг. 15 схематически проиллюстрирован способ в одном варианте осуществления настоящего изобретения, в котором оценку также осуществляют для генерирования s400 показателя подлинности объекта 10. В левой части показаны два идентичных узора (т.е. четырехконечный звездообразный знак), в которых первый узор напечатан с использованием краски А (верхний слева) и второй узор напечатан с использованием краски В (нижний слева). Изображение рассеянного электромагнитного излучения 50 затем формируют s300 посредством системы 60 датчиков изображения (см. изображения в левой части фиг. 15). Соответствующее рассеянное изображение затем обрабатывают s410 посредством обратной свертки или операции, подобной обратной свертке, на основе эталонной спектральной информации, представляющей спектр краски А ("Эт. спектр А"), для вывода восстановленного синтетического нерассеянного изображения (см. изображения в правой части фиг. 15). Затем можно определить, что восстановленное синтетическое нерассеянное изображение в верхней правой части фиг. 15, которое генерировали на основе сформированного изображения рассеянной формы узора, напечатанного с использованием краски А, и эталонной спектральной информации, представляющей спектр краски А, имеет узор, который может быть распознан и имеет параметры, представляющие достаточное качество изображения, например, в отношении резкости или размытости. Можно определить, напротив, что восстановленное синтетическое нерассеянное изображение в нижней правой части фиг. 15, сгенерированное на основе сформированного изображения рассеянной формы узора, напечатанного с использованием краски В, и эталонной спектральной информации, представляющей спектр краски А, имеет узор, который не может быть распознан или который может быть распознан, но имеет параметры, представляющие недостаточное качество изображения, например, в отношении резкости или размытости.

Это распознавание и определение качества на основе параметра могут приводить или указывать на определение того, что объект, имеющий узор, напечатанный с помощью краски В, является поддельным или, вероятно, является поддельным (определение после вышеописанной обработки: нераспознаваемый узор или распознаваемый узор, но имеющий недостаточные параметры качества), тогда как объект, имеющий узор, напечатанный с помощью краски А, является подлинным или, вероятно, является подлинным (определение после вышеописанной обработки: распознаваемый узор, имеющий достаточные параметры качества).

На фиг. 16 схематически представлено иллюстративное выполнение способа в одном варианте осуществления настоящего изобретения, в котором, в частности, изображения рассеянного электромагнитного излучения от пяти объектов, напечатанных с помощью разных красок - со спектром краски от А до Е соответственно - обрабатывают с целью установления подлинности. Формируют изображение рассеянного электромагнитного излучения 50, связанное с пятью объектами (изображения в левой части фиг. 16). Соответствующее рассеянное изображение затем обрабатывают посредством обратной свертки или операции, подобной обратной свертке, на основе эталонной спектральной информации, представляющей спектр краски А ("Эт. спектр А"), для вывода восстановленного синтетического нерассеянного изображения (изображений в правой части фиг. 16). Затем определяют, что восстановленное синтетическое нерассеянное изображение имеет значение  $d$  (вычисленный параметр подлинности или показатель подлинности), которое выше или ниже порогового значения, как показано на фиг. 17. Для этого профиль интенсивности центрального столбца каждого из восстановленных синтетических нерассеянных изображений используют для генерирования показателя подлинности. Данное определение может приводить или указывать на определение того, что объект является поддельным; или, вероятно, является поддельным; или, напротив, подлинным; или, вероятно, подлинным.

В одном варианте осуществления, далее называемом в данном документе как "вариант осуществле-

ния E1" (не проиллюстрирован на чертеже), двумерный матричный штрих-код или любой вид машиночитаемого кода напечатан на объекте 10 с помощью краски, имеющей эталонный спектр (отражательную способность или люминесценцию). После формирования изображения s300 рассеянного электромагнитного излучения (далее называемого в данном документе как "изображение первого порядка") показатель подлинности генерируют s400 путем обратной свертки s410 изображения первого порядка посредством ожидаемого отклика неподдельной краски (эталонного спектра) и, следовательно, вычисления (восстановления) синтетического изображения нулевого порядка. Затем осуществляют s422 попытку декодировать полученное в результате изображение нулевого порядка. Если его можно декодировать, объект 10 считается неподдельным. Если его нельзя декодировать, объект 10 считается поддельным.

В одном варианте осуществления параметры качества декодирования, возвращенные декодером, используют для генерирования показателя подлинности s420. Параметры качества (из ISO/IEC 15415 Barcode Print Quality Test Specification-2D Symbols, см. стр. 31ff в разделе 4.6.1.2, озаглавленном "Parameters Measured and their Significance" "GS1 DataMatrix Guideline, Overview and technical introduction to the use of GS1 DataMatrix", выпуск 2.2.1, утвержден в июле 2015 г., взят из [http://www.gs1.org/docs/barcodes/GS1\\_DataMatrix\\_Guideline.pdf](http://www.gs1.org/docs/barcodes/GS1_DataMatrix_Guideline.pdf)) могут, например, представлять собой по меньшей мере один из следующих:

а) контрастность символа, что означает "разницу между наивысшим и наименьшим значениями отражательной способности в профиле - простыми словами, разницу между темными и светлыми областями (включая свободные зоны), прочитанными сканером" (см. стр. 32 вышеупомянутого GS1 DataMatrix Guideline);

б) рост шрифта печати (размер ячеек в восстановленном машиночитаемом коде), что означает "не ступенчатый параметр, но весьма информативный показатель для целей управления процессом. Это показатель того, как символы могли вырасти или уменьшиться по сравнению с целевым размером. Если рост или уменьшение слишком велики, производительность сканирования будет затронута", (см. стр. 34 вышеупомянутого GS1 DataMatrix Guideline);

в) осевая неоднородность, которая "измеряет и оценивает (по шкале от 4 до 0) расстояние между центрами картирования и проверяет неравномерное масштабирование символа вдоль оси X или Y" (см. стр. 32 вышеупомянутого Руководства GS1 DataMatrix Guideline); и

г) модулирование, которое "связано с контрастностью символа в том смысле, что оно измеряет согласованность отражательной способности темных и светлых областей по всему символу" (см. стр. 32 вышеупомянутого GS1 DataMatrix Guideline).

В одном варианте осуществления подход для голосования с учетом нескольких из этих параметров с разным весом используют для генерирования показателя подлинности. Это повышает надежность.

В одном варианте осуществления, далее называемом в данном документе как "вариант осуществления E2" (не проиллюстрирован на фиг. 15), патч, логотип и/или маркировка, точная форма которых известна заранее, напечатаны на объекте 10. После формирования изображения s300 рассеянного электромагнитного излучения (далее называемого в данном документе как "изображение первого порядка") показатель подлинности генерируют s400 путем обратной свертки s410 изображения первого порядка посредством ожидаемого отклика неподдельной краски (эталонного спектра) и, следовательно, вычисления (восстановления) синтетического изображения нулевого порядка. Затем восстановленное изображение нулевого порядка оценивают s420 путем применения стандартных параметров качества обработки изображения, таких как, по меньшей мере, резкость, интенсивность первого производного, контрастность и динамический диапазон.

В одном вспомогательном варианте осуществления данные параметры качества могут быть применимы отдельно в направлении, коллинеарном с направлением дифракции или дисперсии, и направлении, перпендикулярном направлению дифракции или дисперсии. Параметры, такие как резкость, как правило, не изменяются дифракцией или дисперсией при измерении перпендикулярно направлению дифракции или дисперсии. Но параметры могут быть изменены в направлении, коллинеарном к дифракции или дисперсии, для поддельной метки. Два параметра в соответствующих двух направлениях являются схожими, когда эталонный спектр совпадает с напечатанным спектром, и отличными в противном случае. Пороговое значение схожести может классифицировать результат неподдельного/поддельного.

В одном вспомогательном варианте осуществления данные параметры качества могут быть применимы в направлении, коллинеарном только с направлением дифракции или дисперсии. Простое пороговое значение для параметров может быть достаточным для того, чтобы классифицировать результат на неподдельный или поддельный.

Уровень достоверности результата алгоритма сопоставления узора с использованием восстановленного синтетического нерассеянного узора также может быть использован в качестве показателя подлинности.

В одном варианте осуществления, далее называемом в данном документе как "вариант осуществления E3" (не проиллюстрирован на чертеже), маленькая точка напечатана на объекте 10 с помощью краски, которая имеет несколько отличительных спектральных пиков. После формирования изображения s300 рассеянного электромагнитного излучения (далее называемого в данном документе как "изображе-

ние первого порядка") показатель подлинности генерируют s400 путем обратной свертки s410 изображения первого порядка посредством ожидаемого отклика неподдельной краски (эталонного спектра) и, следовательно, вычисления (восстановления) синтетического изображения нулевого порядка. Если восстановленное синтетическое изображение нулевого порядка приводит к одной точке, спектр напечатанной краски совпадает с эталонным спектром, и маркировка считается подлинной. Анализ профиля интенсивности восстановленной точки также может обеспечить параметр для определения того, является ли маркировка неподдельной или нет.

В одном варианте осуществления, далее называемом в данном документе как "вариант осуществления E4" (не проиллюстрирован на чертежах), маркировка на объекте 10 представляет собой сплошной оттиск, т.е. однородное нанесение краски без какого-либо узора или модулирования толщины. Переход между областью, содержащей напечатанную краску, и не напечатанной областью является преимуществом для генерирования некоторого изменения в изображении первого порядка для обеспечения возможности обработки профиля интенсивности путем обратной свертки. Конец носовой части системы для формирования изображения может находиться в контакте с маркировкой и может быть оснащен физической маской с отверстиями, как, например, с одним большим квадратным отверстием, одним большим прямоугольным отверстием, звездообразным отверстием, решеткой из нескольких отверстий любой формы. Маска также может представлять собой край конца носовой части. Цель маски заключается в создании недостающего модулирования/перехода в напечатанной метке. Для оптической системы нет никакой разницы, если отсутствие сигнала связано с областью без краски или областью с краской, но покрытой маской. После формирования изображения s300 рассеянного электромагнитного излучения (далее называемого в данном документе как "изображение первого порядка") показатель подлинности генерируют s400 путем обратной свертки s410 изображения первого порядка посредством ожидаемого отклика неподдельной краски (эталонного спектра) и, следовательно, вычисления (восстановления) синтетического изображения нулевого порядка. Восстановленное изображение нулевого порядка затем оценивают s420 с применением параметров качества обработки изображения, таких как упомянутые выше в отношении варианта осуществления E2.

Этап s420 обратной свертки представляет собой инвариант перемещения относительно спектра и положения изображения первого порядка на датчике. Это означает, что только форма эталонного спектра имеет значение. Такая же форма, но сдвинутая на более длинную или более короткую длину волны, создавала бы то же самое вычисленное изображение нулевого порядка, но со сдвигом. Таким образом, как правило, нет возможности изолировать сдвиг из-за длины волны от физического сдвига положения маркировки под системой для формирования изображения. Варианты осуществления E1, E2 и E3, как правило, страдают от этого ограничения. Однако вариант осуществления E4 не страдает, поскольку модулирование происходит не из-за модулированной печати, а из-за маски, положение которой фиксировано относительно оптической системы. Действительно, в варианте осуществления E4 нет возможности сдвинуть маску, таким образом, нет возможности вызвать физический сдвиг положения модулирования под системой для формирования изображения. Таким образом, абсолютное положение восстановленного синтетического нулевого порядка в восстановленном изображении связано только с абсолютной длиной волны эталонного спектра. Это абсолютное положение является дополнительным элементом подлинности.

В одном варианте осуществления операцию обратной свертки этапа s410 осуществляют на линию изображения вдоль направления дифракции или дисперсии. Более того, если этап s410 обратной свертки 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 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).

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 намеренно 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.

На фиг. 18-21 представлены дополнительные разъяснения касательно некоторых вариантов осуществления настоящего изобретения, в частности касательно преимуществ использования маски.

В левой части фиг. 18 показаны две маркировки, т.е. маркировки A и B. Они имеют одинаковую форму, но они не расположены в одном и том же положении в поле обзора системы. Для печати маркировок A и B использовали одну и ту же краску. В правой части фиг. 18 показаны соответствующие изображения на системе 60 датчиков изображения после дисперсии. Оба изображения, измеренные с помо-



стью системы 60 датчиков изображения, имеют одинаковую форму, но разное положение. Таким образом, положение в пределах изображения не может быть использовано в качестве фактора подлинности.

В левой части фиг. 19 показаны две маркировки, т.е. маркировки А и В. Они имеют одинаковую форму, но они не расположены в одном и том же положении в поле обзора системы. Для печати маркировок А и В использовали разные краски, и они имеют спектр разной формы. В правой части фиг. 19 показаны соответствующие изображения на системе 60 датчиков изображения после дисперсии. Изображения, измеренные с помощью системы 60 датчиков изображения, отличаются по своей форме. Таким образом, можно различать две краски, и это можно использовать в качестве фактора подлинности.

В левой части фиг. 20 показаны две маркировки, т.е. маркировки А и В. Они имеют одинаковую форму, но они не расположены в одном и том же положении в поле обзора системы. Для печати маркировок А и В использовали разные краски, и они имеют спектр, имеющий ту же форму, но не с той же длиной волны. В правой части фиг. 20 показаны соответствующие изображения на системе 60 датчиков изображения после дисперсии. Оба изображения, измеренные с помощью системы 60 датчиков изображения, имеют одинаковую форму при одинаковом положении. Таким образом, это не может быть использовано в качестве фактора подлинности.

В левой части фиг. 21 показаны две маркировки, т.е. маркировки А и В. Они имеют одинаковую форму, определяемую маской, и положение в поле обзора определяется маской. Для печати маркировок А и В использовали разные краски, и они имеют спектр, имеющий ту же форму, но не с той же длиной волны. В правой части фиг. 21 показаны соответствующие изображения на системе 60 датчиков изображения после дисперсии. Изображения, измеренные с помощью системы 60 датчиков изображения, имеют одинаковую форму, но разное положение. Таким образом, можно различать две краски на основе положения в пределах изображения (поскольку единственный способ переместить положение - это использовать другой спектр), и это можно использовать в качестве фактора подлинности.

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 захват рассеянного изображения без необходимости сканирования (путем перемещения устройства для формирования изображения или спектрометра) поверхности объекта.

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 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 изображения рассеянного электромагнитного излучения действительно достаточно, вместе с эталонной спектральной информацией, которая известна заранее, и некоторой информацией об излучении перед дисперсией (т.е. информацией о метке 11 на объекте 10), 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, непрочной 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 не-

скольких 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 зозора, 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 установок 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. 22а, так и фиг. 22b. 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 штр./мм и углом наклона штриха  $28,7^\circ$ . Область 12 объекта 10 находится в поле обзора системы 200 для формирования изображения.

На фиг. 22а 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") (необязательно используемое в вариантах осуществления настоящего изобретения) 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. 22b. В частности, на фиг. 22b показана смоделированная дисперсия матрицы данных с нерассеянным изображением ("порядок 0") (необязательно используемым в вариантах осуществления настоящего изобретения) и двумя изображениями, связанными с двумя рассеянными порядками, т.е. первым положительным порядком ("порядок 1") и первым отрицательным порядком ("порядок -1"). 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. 22b, имеет интенсивность в произвольных единицах ("I, п.ед.").

На фиг. 23 и 24 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 и оптический длинноволновой пропускающий фильтр 33. Изображение области 12 изделия 10 может быть сформировано системой 30, учитывая его поле обзора (FOV) 15. Указано рассеянное изображение 51 области 12, соответствующее наиболее короткой длине волны. Ссылка 61 представляет собой окно 61 датчика(ов) 63 изображения.

Система 30 согласно фиг. 23 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 при использовании широкого поля обзора объектива с линзами.

Решетка 31, установленная перед линзой 32 для формирования изображения, отклоняет лучи для первого порядка, и линза 32 для формирования изображения принимает входные лучи. 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. 24 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 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. 25 и 27, а затем со ссылкой на фиг. 26 и 28. Данные дополнительные варианты осуществления, естественно, могут быть объединены с любым из вышеописанных вариантов осуществления.

На фиг. 25 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 изображение вышеописанного рассеянного электромагнитного излучения 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 охватывает один период формирования изображения, как схематически проиллюстрировано со ссылкой на фиг. 39.

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 по меньшей мере от отношения между изображением рассеянного электромагнитного излучения 50 ( $A_i$ ), 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 промежуточный показатель подлинности  $k_i$  включает для каждого периода освещения  $t_i$  обратную свертку изображения рассеянного электромагнитного излучения, сформированного в период освещения  $t_i$ , посредством 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. 25 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. 27 представлена блок-схема способа формирования изображения, соответствующего процессу, проиллюстрированному на фиг. 25, где генерирование s400 показателя подлинности объекта 10 следует за формированием изображения s300 системой 60 датчиков изображения рассеянного электромагнитного излучения 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 обратную свертку для каждого периода освещения  $t_i$  изображения рассеянного электромагнитного излучения, сформированного в период освещения  $t_i$ , посредством 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. 27) 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 сформирует изображение рассеянного электромагнитного излучения 50 в течение периода освещения  $t_1$ , можно генерировать s470 промежуточный показатель подлинности  $k_1$  в течение периода освещения  $t_1$ , 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. 26 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. 25 и 27, система 60 датчиков изображения сначала формирует изображение рассеянного электромагнитного излучения 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 охватывает один период формирования изображения, как схематически проиллюстрировано со ссылкой на фиг. 40. Затем показатель подлинности генерируют на следующих этапах.

Сформированное изображение рассеянного электромагнитного излучения  $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$  обрабатывают на основе, по меньшей мере, изображения рассеянного электромагнитного излучения  $A_1$ , сформированного в первый период освещения  $t_1$  среди множества периодов освещения  $t_1, t_2, \dots, t_n$ , и изображения рассеянного электромагнитного излучения  $A_2$  сформированного во второй период освещения  $t_2$ , для создания обработанного сформированного изображения рассеянной части  $A_X$ . Все изображения  $A_1, A_2, \dots, A_n$  могут также быть учтены для создания так называемого обработанного сформированного составного изображения рассеянного электромагнитного излучения  $A_X$ . Таким образом, обработанное сформированное составное изображение рассеянного электромагнитного излучения  $A_X$  могут генерировать на основе изображений рассеянного электромагнитного излучения, сформированных в первый- $n$ -й периоды освещения  $t_1, t_2, \dots, t_n$ .

Затем показатель подлинности  $m$  генерируют в зависимости от по меньшей мере отношения между обработанным сформированным составным изображением рассеянного электромагнитного излучения  $A_X$  и эталонной спектральной информацией. В одном варианте осуществления генерирование показателя подлинности  $m$  включает обратную свертку обработанного сформированного составного изображения рассеянного электромагнитного излучения  $A_X$  посредством эталонной спектральной информации.

На фиг. 28 представлена блок-схема способа формирования изображения в одном варианте осуществления, соответствующего процессу, проиллюстрированному на фиг. 26, где генерирование  $s400$  показателя подлинности следует за формированием изображения  $s300$  системой 60 датчиков изображения рассеянного электромагнитного излучения 50 во множестве периодов освещения  $t_1, t_2, \dots, t_n$ .

А именно, после формирования изображения  $s300$  системой 60 датчиков изображения рассеянного электромагнитного излучения 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 составного изображения рассеянного электромагнитного излучения  $A_X$  на основе, по меньшей мере, изображения рассеянного электромагнитного излучения  $A_1, A_2$ , сформированного в первый и второй периоды освещения  $t_1, t_2$ , и предпочтительно на основе всех изображений рассеянного электромагнитного излучения  $A_1, A_2, \dots, A_n$ , сформированных в периоды освещения  $t_1, t_2, \dots, t_n$ . Затем показатель подлинности  $m$  генерируют  $s486$  в зависимости, по меньшей мере, от отношения между обработанным сформированным составным изображением рассеянного электромагнитного излучения  $A_X$  и эталонной спектральной информацией.

В одном варианте осуществления этап  $s482$  могут осуществлять следующим образом. Во-первых, долевого коэффициент вычисляют на основе статистической обработки значений пикселей первых данных изображения  $A_1$  (т.е. изображения рассеянного электромагнитного излучения, сформированного в период освещения  $t_1$ ) и значений пикселей вторых данных изображения  $A_2$  (т.е. изображения рассеянного электромагнитного излучения, сформированного в период освещения  $t_2$ ). Затем третьи данные изображения  $A_X$  (т.е. так называемого обработанного сформированного составного изображения рассеянного электромагнитного излучения) генерируют путем вычисления взвешенной комбинации с использованием значений пикселей указанных первых данных изображения  $A_1$ , значений пикселей указанных вторых данных изображения  $A_2$  и указанного долевого коэффициента. Такая реализация может быть осуществлена для сведения к максимуму контраста изображения между рассеянным изображением маркировки (например, штрих-кода) и рассеянным изображением оставшегося фона, 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. 29а-31, 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. Изображение рассеянного электромагнитного излучения, сформированное системой 30 для получения спектрального изображения, как рассмотрено выше, может перекрываться с изображением нулевого порядка и, например, флуоресцирующий фон крышки банки (или подобного) может вызывать проблемы процесса установления подлинности. В одном варианте осуществления настоящего изобретения для уменьшения эффекта перекрытия обязательно используют приемлемую маску, которая прячет часть изображения объекта 10 во избежание перекрытия между изображениями нулевого и первого порядка кода, создаваемыми системой 30 (в вариантах осуществления, в которых формируют изображения кода как нулевого,

так и первого порядка). Однако такая маска является физической, и она 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 (в вариантах осуществления, в которых формируют изображения кода как нулевого, так и первого порядка) и корректирует изображения первого порядка (рассеянного электромагнитного излучения 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. 29а (изображение крышки банки безалкогольного напитка без использования маски). Область с перекрывающимися изображениями нулевого и первого порядка образцового объекта 10 можно наблюдать на фиг. 29а. Эта область может оказаться непригодной для использования в целях установления подлинности на основе спектра.

Следовательно, изображение согласно фиг. 29а имеет две проблемы: 1) фон, видимый в нулевом порядке, перекрывает изображение первого порядка, и 2) фон испускает свет, который отклоняется в 1 порядке и "спектрально" может мешать 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. 29b 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 установление подлинности на основе 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 первого порядка, захваченные при освещении объекта 10 синим и зеленым светом соответственно. В качестве выходных данных алгоритма получают изображение, которое представляет собой разность или линейную комбинацию 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). Полученное в результате изображение улучшает процесс установления подлинности с использованием изображения первого порядка (т.е. рассеянного электромагнитного излучения 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 улучшенной способности к установлению подлинности.

На фиг. 30 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. 31 показаны примеры изображений, вычитаемых из фона, с использованием алгоритма DIBS, используя, соответственно, линейные комбинации  $B - 0,94*G$  (изображение справа) и  $8,22*(B - 0,94*G)$  (изображение слева). В линейной комбинации  $B - 0,94*G$   $B$  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 коэффициент. В линейной комбинации  $8,22*(B - 0,94*G)$  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 (в вариантах осуществления, в которых формируют изображения кода как нулевого, так и первого

порядка) и улучшает генерирование показателя подлинности на основе спектра.

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. 32 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, зависимое от длины волны (спектральная плотность потока излучения, которая измеряется), зависит от падающего спектрального состава освещения (спектральной плотности потока излучения). Спектральная отражательная способность 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 Каттон, 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 OSLON SSL) на фиг. 33 и лампы с вольфрамовой нитью (лампа накаливания) на фиг. 34 (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. 33 и 34 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. 35 (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. 35 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. 35) и оптический длинноволновой пропускающий фильтр на оптическом пути обнаружения для вырезания любого отражения для хвоста источника освещения в области испускания. Необяза-

тельно коротковолновой пропускающий оптический фильтр также может быть расположен между светодиодом и объектом 10, подлежащим установлению подлинности.

На фиг. 35 и 36 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. 35 и 36, 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. 35 и 36 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. 38 представлен схематический чертеж иллюстративного выполнения блока 700 вычисления, который может быть использован в вариантах осуществления настоящего изобретения, как, например, но не исключительно, для генерирования вышеупомянутого показателя подлинности.

Как проиллюстрировано на фиг. 38, 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 клавиатурная 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 операции 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. 39 схематически проиллюстрирован пример периода формирования изображения и периода освещения в одном варианте осуществления настоящего изобретения. Данный чертеж уже упомянут и подробно описан 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 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. 40 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 для получения спектрального изображения (30), 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 порта-



тивное 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 изображения системой (60) датчиков изображения во множестве периодов освещения ( $t_1, t_2, \dots, t_n$ ) рассеянного электромагнитного излучения (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 рассеянного электромагнитного излучения (50), 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 обратную свертку изображения рассеянного электромагнитного излучения (50), сформированного в период освещения ( $t_i$ ), посредством 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 изображения системой (60) датчиков изображения во множестве периодов освещения ( $t_1, t_2, \dots, t_n$ ) рассеянного электромагнитного излучения (50); и

генерирование показателя подлинности включает

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

генерирование показателя подлинности ( $m$ ) в зависимости, по меньшей мере, от отношения между обработанным сформированным изображением рассеянного электромагнитного излучения ( $A_x$ ) и эталонной спектральной информацией.

Вариант осуществления (X10). Система (200) для формирования изображения согласно варианту осуществления (X9), где генерирование показателя подлинности ( $m$ ) включает обратную свертку обработанного сформированного изображения рассеянного электромагнитного излучения ( $A_x$ ) посредством эталонной спектральной информации.

Вариант осуществления (X15). Система (200) для формирования изображения по п.6, где по меньшей мере один машиночитаемый код включает по меньшей мере один из линейного штрих-кода и матричного штрих-кода.

Вариант осуществления (X16). Система (200) для формирования изображения по любому из пп.5 и 6 и согласно варианту осуществления (X15), где маркировка (11) содержит единые спектральные характеристики, по меньшей мере, вдоль одной области маркировки (11).

Вариант осуществления (X17). Система (200) для формирования изображения согласно варианту осуществления (X16), где маркировка (11) содержит единые спектральные характеристики вдоль всей маркировки (11).

Вариант осуществления (X18). Система (200) для формирования изображения по любому из пп.5 и 6 и согласно вариантам осуществления (X15)-(X17), 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 (X19). Система (220), содержащая систему (200) для формирования изображения по любому из пп.1-6 и согласно вариантам осуществления (X2)-(X4), (X7)-(X10) и (X15)-(X18) и схему (210) освещения для управляемого освещения объекта (10).

Вариант осуществления (X21). Способ формирования изображения по п.7, где способ формирования изображения осуществляют посредством устройства для формирования изображения.

Вариант осуществления (X22). Способ формирования изображения по п.7, 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 (s400) показатель подлинности.

Вариант осуществления (X23). Способ формирования изображения согласно вариантам осуществления (X21) или (X22), где устройство для формирования изображения представляет собой портативное устройство.

Вариант осуществления (X30). Способ формирования изображения по любому из пп.7-13 и согласно вариантам осуществления (X21)-(X23), где система (30) для получения спектрального изображения содержит по меньшей мере одно из

дифракционного элемента, просветной дифракционной решетки, концентрирующей просветной дифракционной решетки, объемной голографической решетки, гризмы;

отражательной дифракционной решетки и дисперсионной призмы.

Вариант осуществления (X31). Способ формирования изображения по любому из пп.7-13 и согласно вариантам осуществления (X21)-(X23) и (X30), где между системой (30) для получения спектрального изображения и объектом (10), подлежащим формированию его изображения, не использована щель.

Вариант осуществления (X33). Способ формирования изображения по п.14, где маркировка (11) содержит по меньшей мере один машиночитаемый код.

Вариант осуществления (X34). Способ формирования изображения согласно варианту осуществления (X33), где по меньшей мере один машиночитаемый код включает по меньшей мере один из линейного штрих-кода и матричного штрих-кода.

Вариант осуществления (X35). Способ формирования изображения по п.14 и согласно вариантам осуществления (X33) и (X34), где маркировка (11) содержит единые спектральные характеристики по меньшей мере вдоль одной области маркировки (11).

Вариант осуществления (X36). Способ формирования изображения согласно варианту осуществления (X35), где маркировка (11) содержит единые спектральные характеристики вдоль всей маркировки (11).

Вариант осуществления (X37). Способ формирования изображения по п.14 и согласно вариантам осуществления (X33)-(X36), 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 (X39). 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.7-15 и согласно вариантам осуществления (X21)-(X23) и (X30)-(X37).

Вариант осуществления (X40). Компьютерный программный продукт или набор компьютерных программных продуктов, включающий компьютерную программу или набор компьютерных программ согласно варианту осуществления (X39).

Вариант осуществления (X41). Носитель информации, хранящий компьютерную программу или набор компьютерных программ согласно варианту осуществления (X39).

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 покадрового 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;  
 штр./мм - штрихи на 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;  
 RMS - среднеквадратичное значение;  
 ROM - постоянное запоминающее устройство;  
 SHIFT - гиперспектральный спектрометр с преобразованием Фурье для формирования покадрового изображения;  
 SWIR - коротковолновой инфракрасный;  
 UV - ультрафиолетовый;  
 WLAN - беспроводная локальная сеть.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система (200) для формирования изображения, предназначенная для 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 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) рассеивается; и

которая расположена относительно системы (60) датчиков изображения таким образом, чтобы позволить системе (60) датчиков изображения формировать изображение указанного рассеянного электромагнитного излучения (50) с получением рассеянного изображения;

при этом система (200) для формирования изображения выполнена с возможностью формирования по меньшей мере в один период системой (60) датчиков изображения изображения рассеянного электромагнитного излучения и генерирования показателя подлинности объекта (10) в зависимости, по меньшей мере, от отношения между сформированным изображением рассеянного электромагнитного излучения (50) и эталонной спектральной информацией, которая представляет собой ожидаемый спектральный состав электромагнитного излучения от объекта, при этом синтетическое нерассеянное изображение, вычисленное с использованием сформированного изображения рассеянного электромагнитного излучения (50) и эталонной спектральной информации путем обратной свертки сформированного изображения рассеянного электромагнитного излучения (50) посредством эталонной спектральной информации, использовано в генерировании показателя подлинности объекта,

отличающаяся тем, что генерирование показателя подлинности дополнительно включает по меньшей мере одно из

формирования показателя декодируемости сформированного изображения машиночитаемого кода в результате обратной свертки;

формирования показателя резкости результата обратной свертки;

формирования показателя размытости результата обратной свертки;

формирования показателя протяженности результата обратной свертки;

формирования показателя площади результата обратной свертки;

формирования показателя полной ширины на полувысоте поперечного сечения результата обратной свертки;

формирования показателя схожести результата обратной свертки с эталонным узором,

при этом если сгенерированный показатель подлинности 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 топографической решетки, гризмы;

отражательной дифракционной решетки и дисперсионной призмы.

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 маркировка (11) содержит по меньшей мере один машиночитаемый код.

5. Способ формирования изображения, предназначенный для 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) рассеивается;

которая расположена относительно системы (60) датчиков изображения таким образом, чтобы позволить системе (60) датчиков изображения формировать изображение указанного рассеянного электромагнитного излучения (50) с получением рассеянного изображения; и

способ формирования изображения включает следующие операции, на которых формируют изображение (s300) системой (60) датчиков изображения по меньшей мере в один период формирования изображения рассеянного электромагнитного излучения (50), и

генерируют показатель подлинности объекта (10) в зависимости, по меньшей мере, от отношения между сформированным изображением рассеянного электромагнитного излучения (50) и эталонной спектральной информацией, которая представляет собой ожидаемый спектральный состав электромагнитного излучения от объекта, при этом синтетическое нерассеянное изображение вычисляют с использованием сформированного изображения рассеянного электромагнитного излучения (50) и эталонной спектральной информации путем обратной свертки (s410) сформированного изображения рассеянного электромагнитного излучения (50) посредством эталонной спектральной информации,

отличающийся тем, что генерирование (s400) показателя подлинности дополнительно включает по меньшей мере одно из

формирования показателя декодируемости сформированного изображения машиночитаемого кода в результате обратной свертки;

формирования показателя резкости результата обратной свертки;

формирования показателя размытости результата обратной свертки;

формирования показателя протяженности результата обратной свертки;

формирования показателя площади результата обратной свертки;

формирования показателя полной ширины на полувысоте поперечного сечения результата обратной свертки;

формирования показателя схожести результата обратной свертки с эталонным узором,

при этом если сгенерированный показатель подлинности превышает предварительно заданное пороговое значение, то подтверждается, что объект является подлинным, в противном случае подтверждается, что объект является неподлинным.

6. Способ формирования изображения по п.5, отличающийся тем, что способ включает формирование изображения (s300) посредством системы (60) датчиков изображения во множестве периодов освещения ( $t_1, t_2, \dots, t_n$ ) рассеянного электромагнитного излучения (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 рассеянного электромагнитного излучения (50), 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 ( $k_1, k_2, \dots, k_n$ ).

7. Способ формирования изображения по п.6, отличающийся тем, что генерирование (s470) для каждого периода освещения ( $t_i$ ) промежуточного показателя подлинности ( $k_i$ ) включает формирование обратной свертки изображения рассеянного электромагнитного излучения (50), сформированного в период освещения ( $t_i$ ), посредством указанной части эталонной спектральной информации, связанной с тем, как был освещен объект (10) в течение периода освещения ( $t_i$ ).

8. Способ формирования изображения по п.5, отличающийся тем, что способ включает формирование изображения (s300) посредством системы (60) датчиков изображения во множестве периодов освещения ( $t_1, t_2, \dots, t_n$ ) рассеянного электромагнитного излучения (50),

при этом генерирование (s400) показателя подлинности включает

обработку (s482) сформированного изображения рассеянного электромагнитного излучения на основе, по меньшей мере, изображения рассеянного электромагнитного излучения, сформированного в первый период освещения ( $t_1$ ) среди множества периодов освещения ( $t_1, t_2, \dots, t_n$ ), и изображения рассеян-

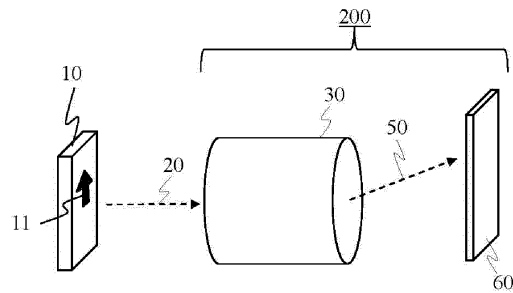
ного электромагнитного излучения, сформированного во второй период освещения ( $t_2$ ) среди множества периодов освещения ( $t_1, t_2, \dots, t_n$ ), при этом условия освещения в течение первого периода освещения ( $t_1$ ), по меньшей мере частично, отличаются от условий освещения в течение второго периода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

генерирование (s486) показателя подлинности ( $m$ ) в зависимости, по меньшей мере, от отношения между обработанным сформированным изображением рассеянного электромагнитного излучения ( $A_X$ ) и эталонной спектральной информацией.

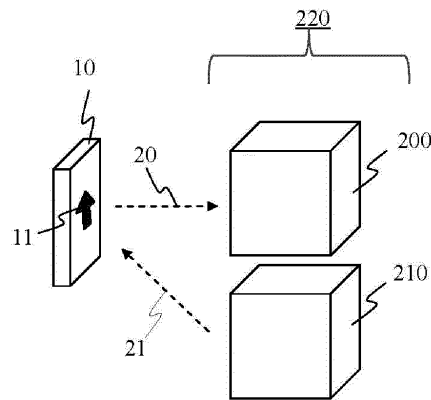
9. Способ формирования изображения по п.8, отличающийся тем, что генерирование (s486) показателя подлинности ( $m$ ) включает формирование обратной свертки обработанного сформированного изображения рассеянного электромагнитного излучения ( $A_X$ ) посредством эталонной спектральной информации.

10. Способ формирования изображения по любому из пп.5-9, предназначенный для формирования изображения объекта (10), имеющего маркировку (11).

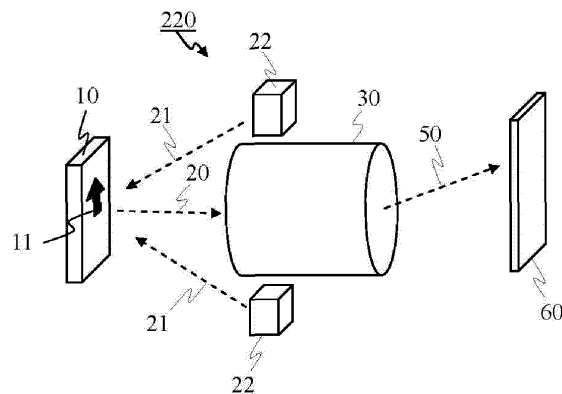
11. Способ формирования изображения по любому из пп.5-10, отличающийся тем, что способ дополнительно включает операцию, в соответствии с которой управляют освещением объекта (10).



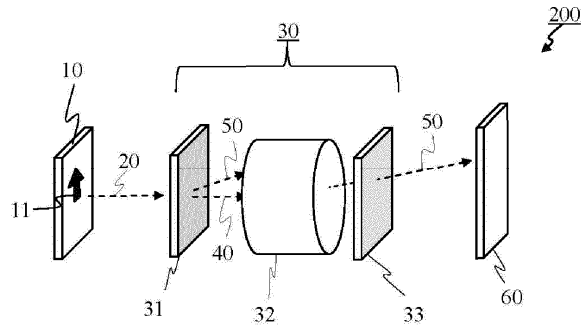
Фиг. 1



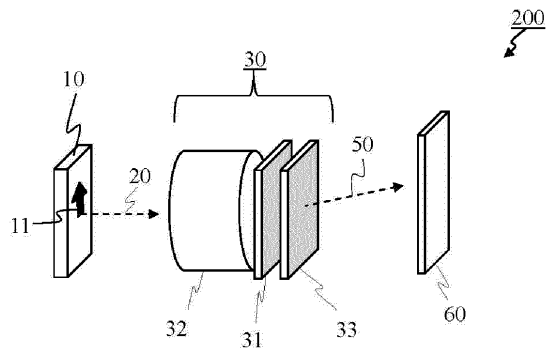
Фиг. 2



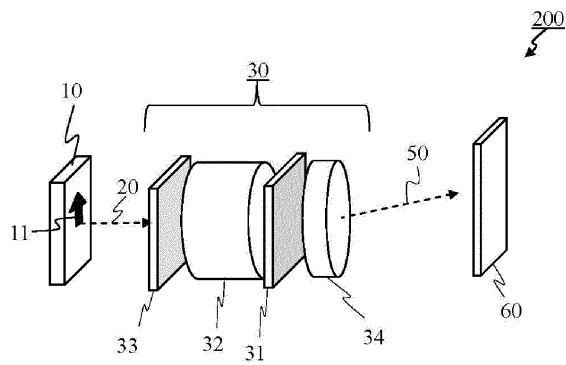
Фиг. 3



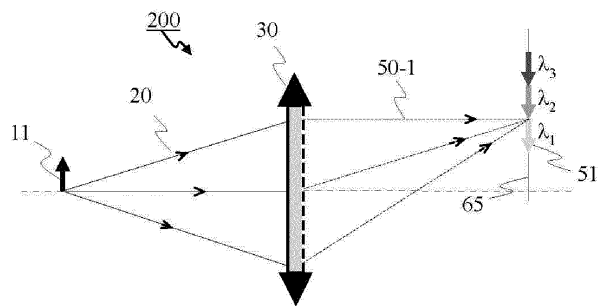
Фиг. 4



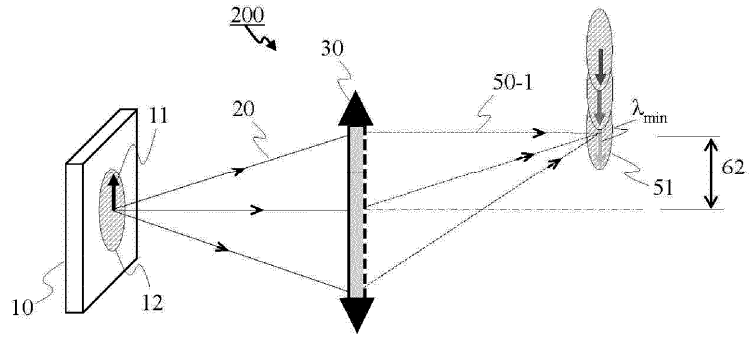
Фиг. 5



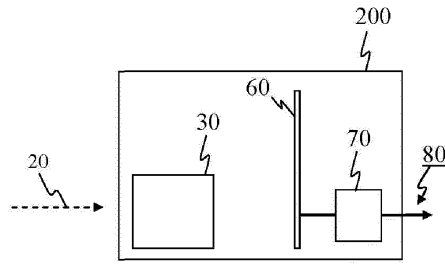
Фиг. 6



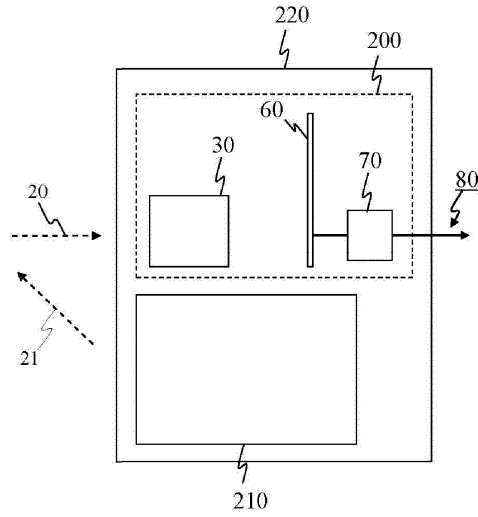
Фиг. 7



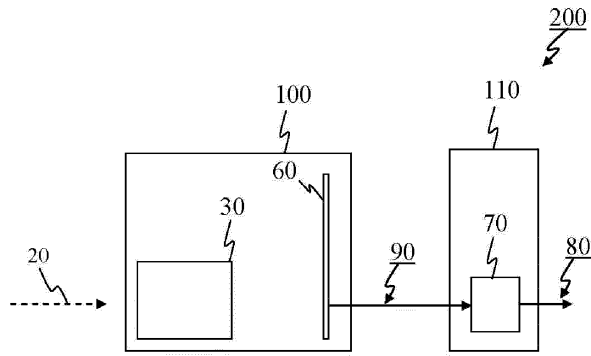
Фиг. 8



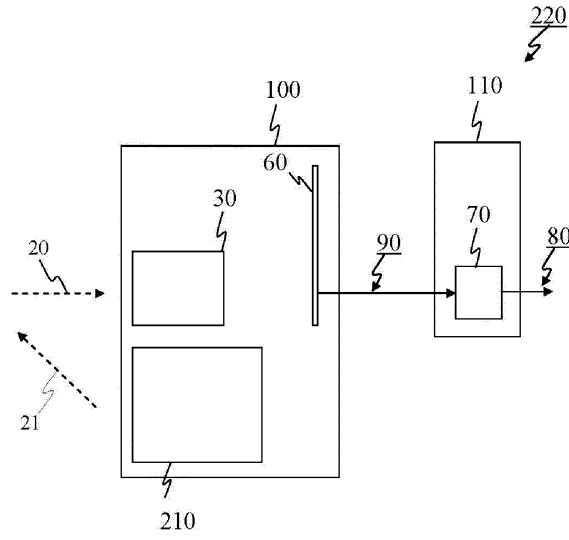
Фиг. 9а



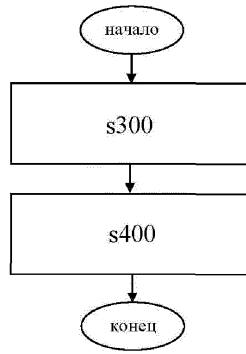
Фиг. 9b



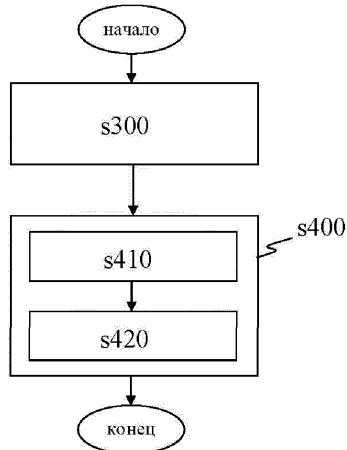
Фиг. 10а



Фиг. 10б

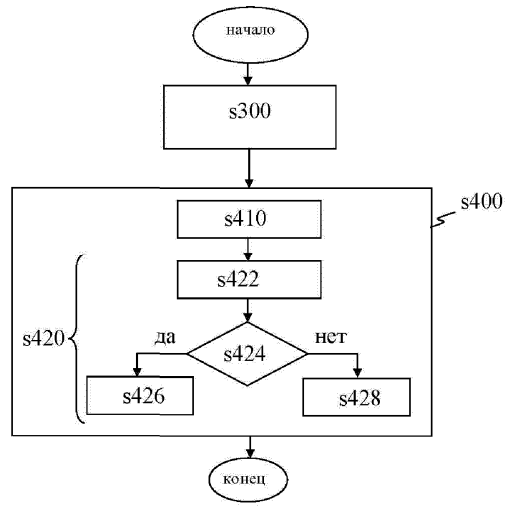


Фиг. 11

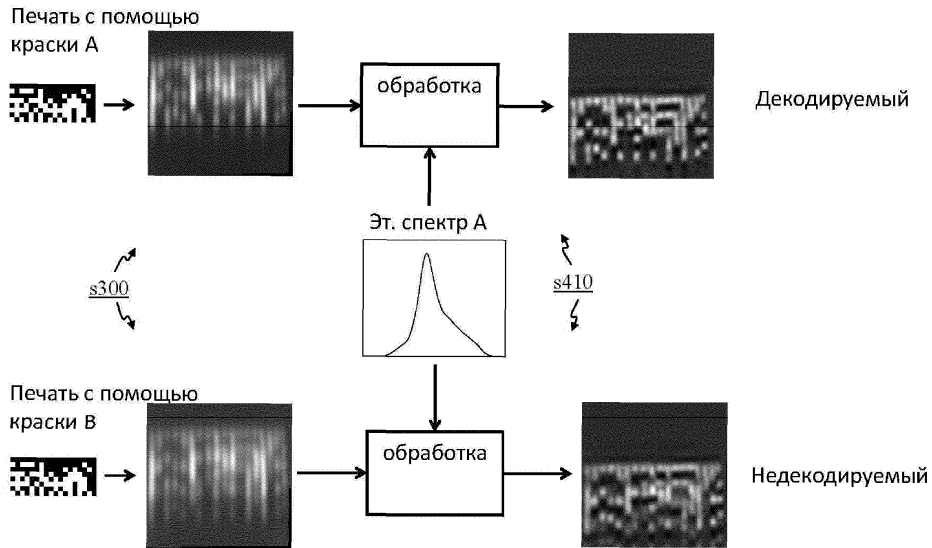


Фиг. 12

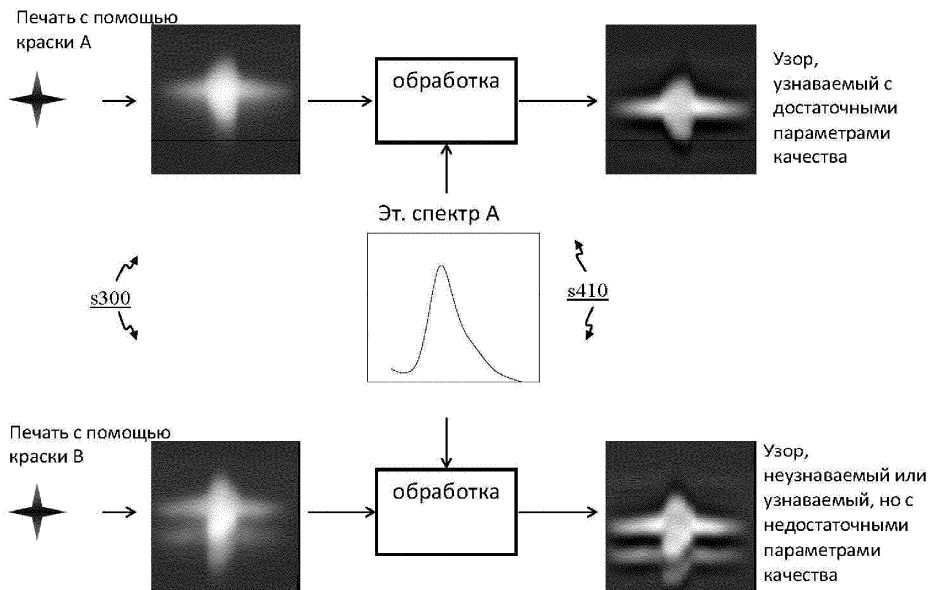




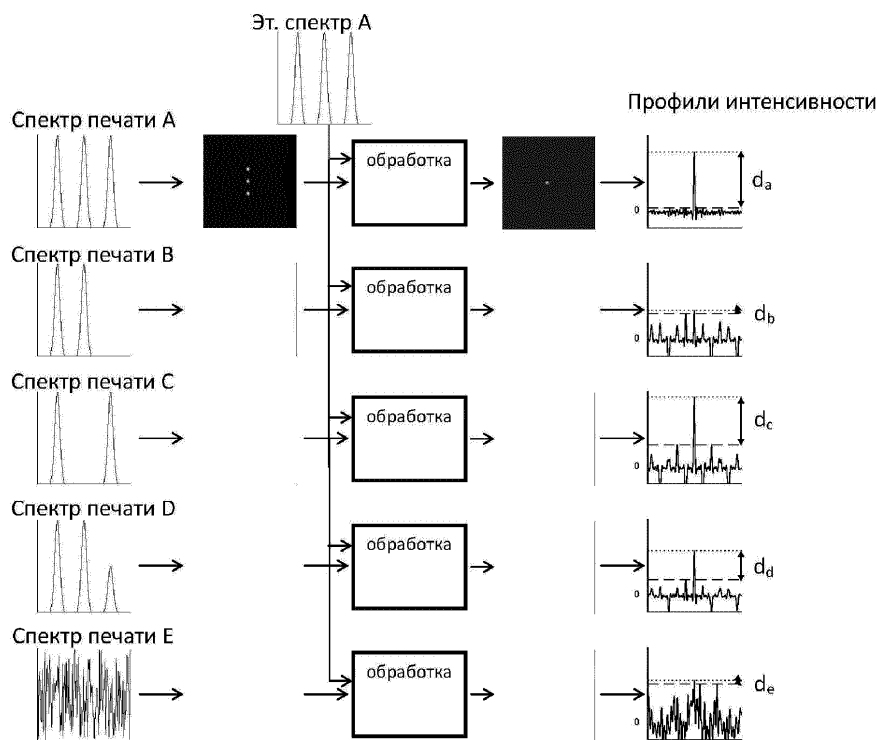
Фиг. 13



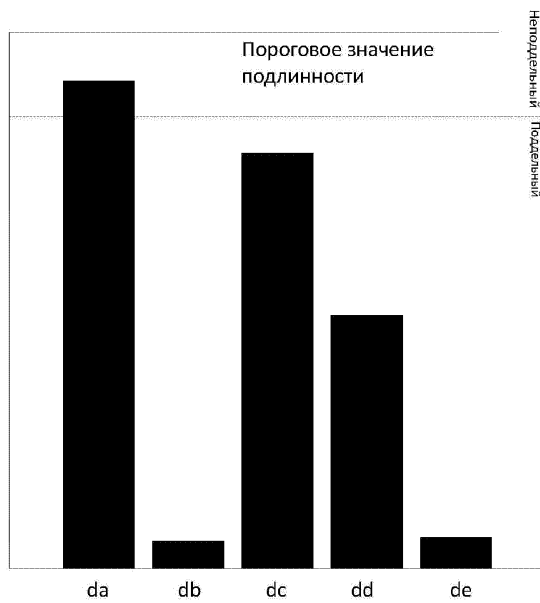
Фиг. 14



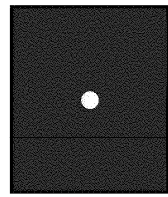
Фиг. 15



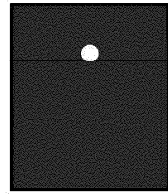
Фиг. 16



Фиг. 17

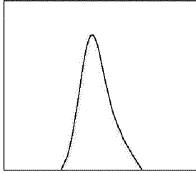


Положение маркировки А в пределах поля обзора системы

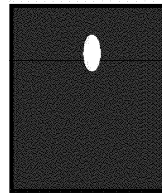
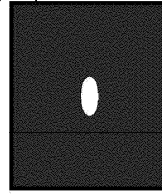


Положение маркировки В в пределах поля обзора системы

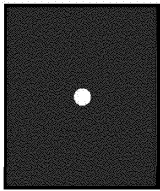
Спектр краски, используемый для печати маркировки А и В



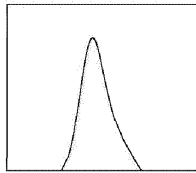
Соответствующие изображения на датчике изображения после дисперсии



Фиг. 18

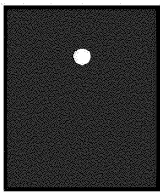
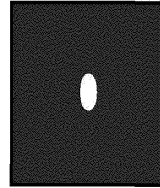


Положение маркировки А в пределах поля обзора системы

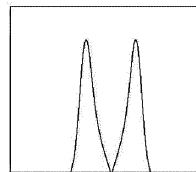


Спектр краски А (неподдельный), используемый для печати маркировки А

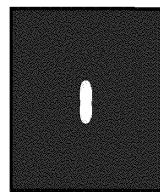
Соответствующие изображения на датчике изображения после дисперсии



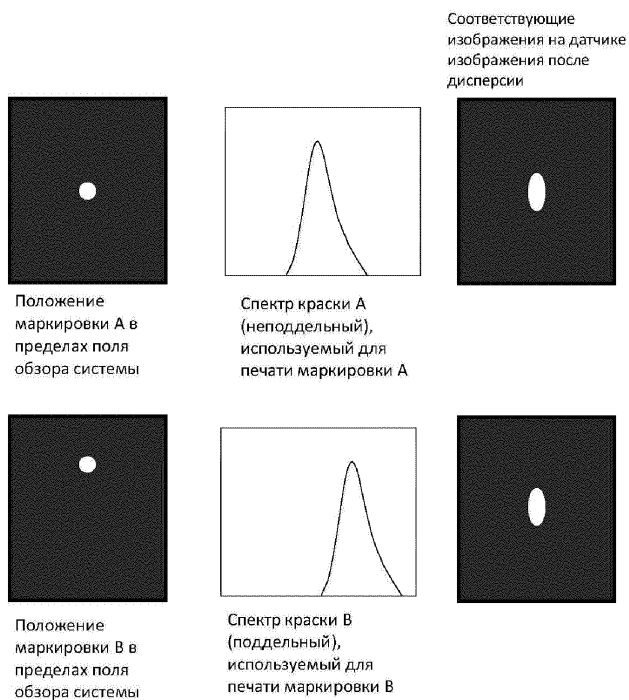
Положение маркировки В в пределах поля обзора системы



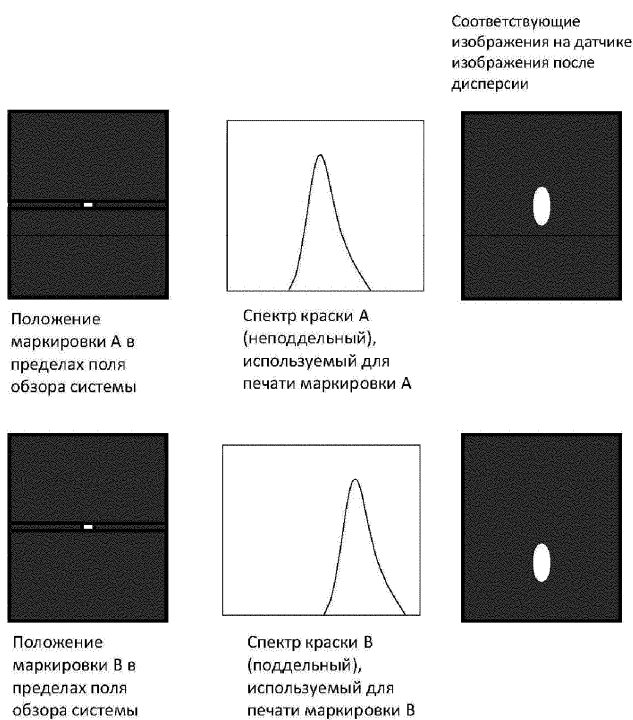
Спектр краски В (поддельный), используемый для печати маркировки В



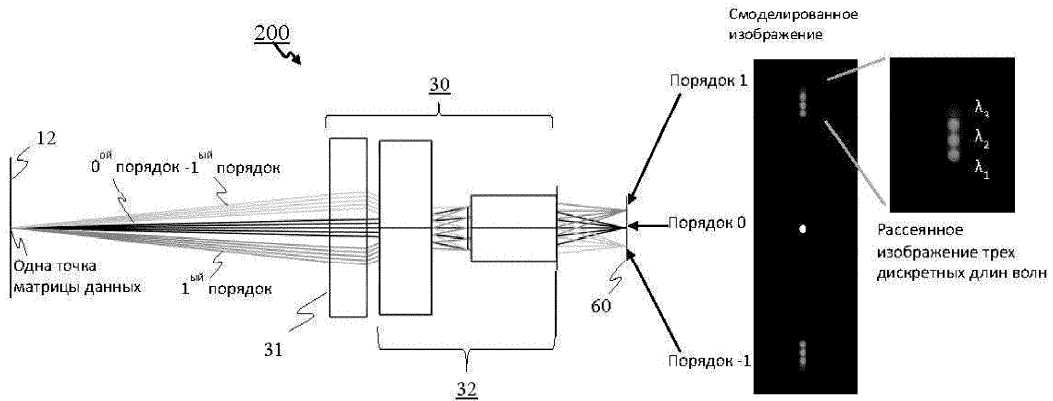
Фиг. 19



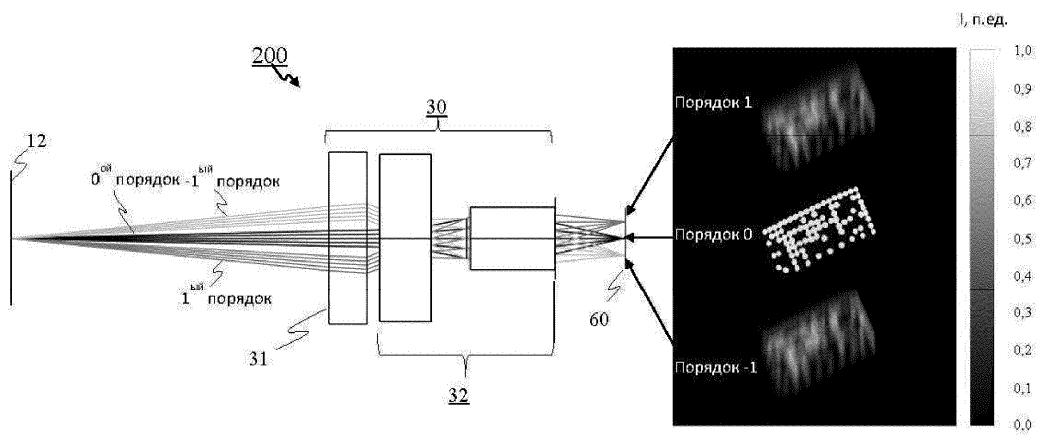
Фиг. 20



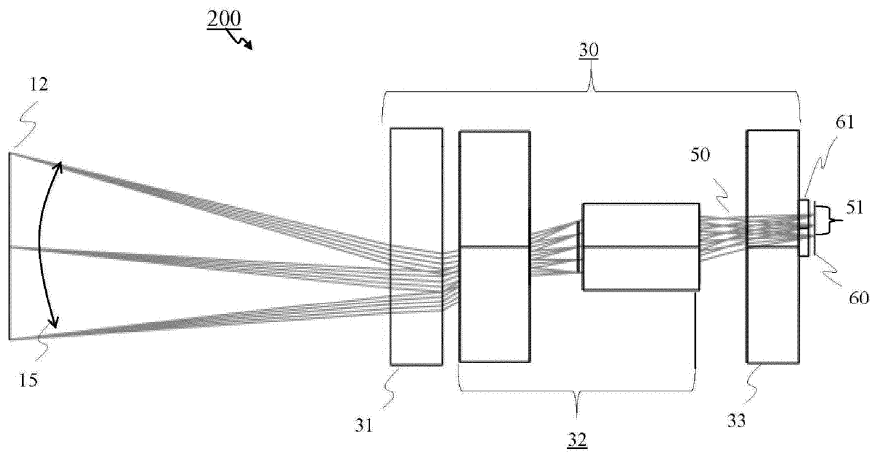
Фиг. 21



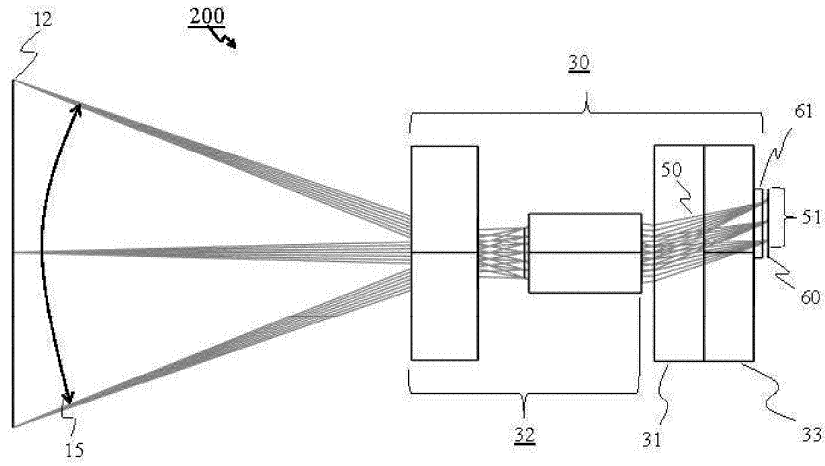
Фиг. 22а



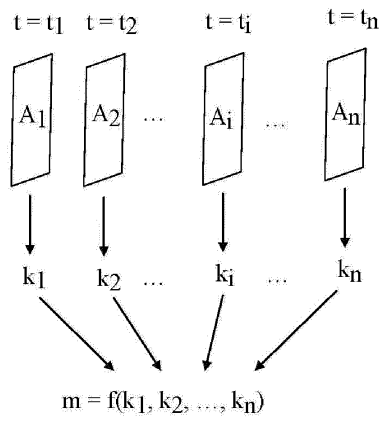
Фиг. 22б



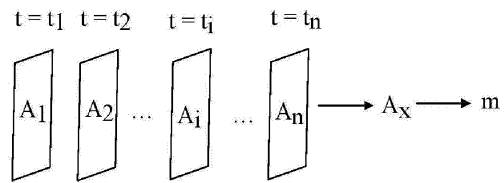
Фиг. 23



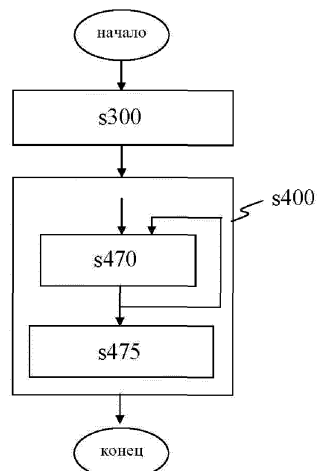
Фиг. 24



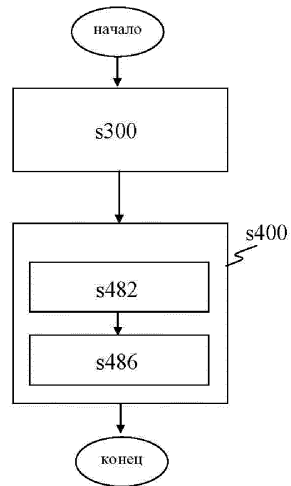
Фиг. 25



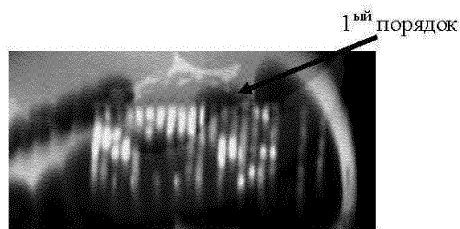
Фиг. 26



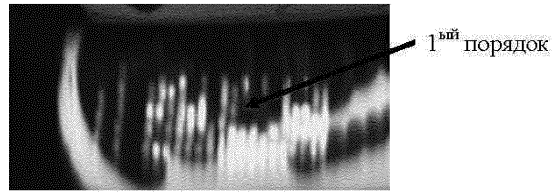
Фиг. 27



Фиг. 28



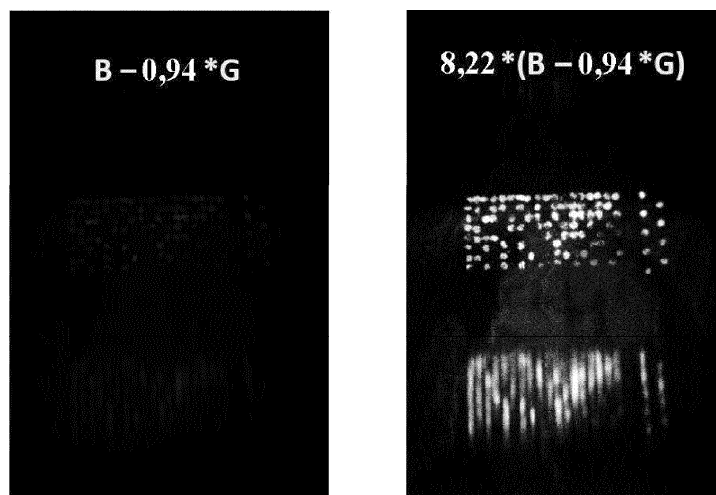
Фиг. 29a



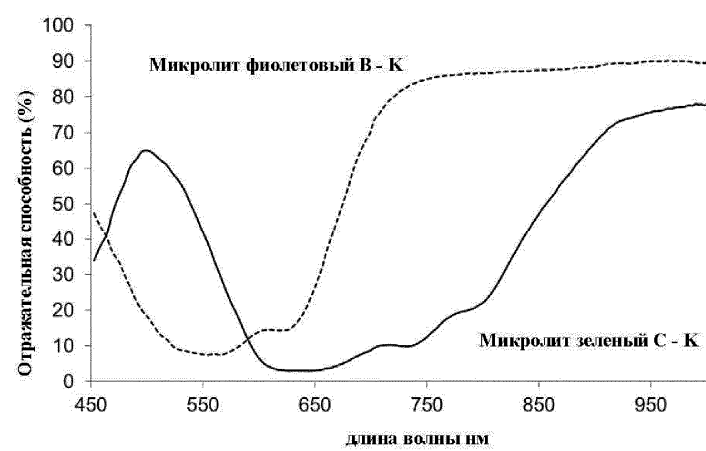
Фиг. 29b



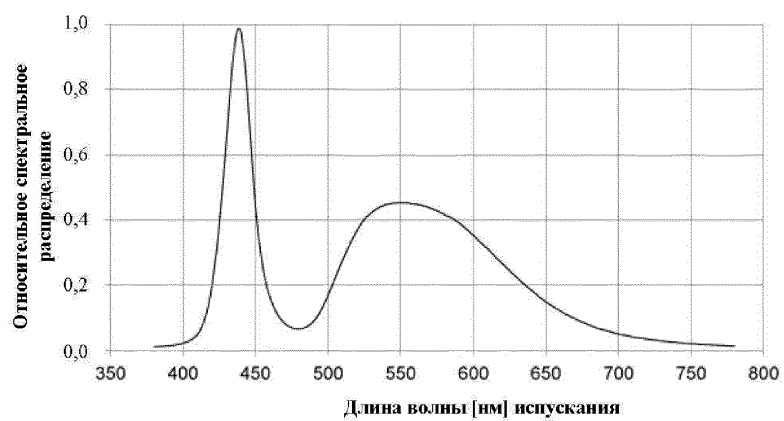
Фиг. 30



Фиг. 31

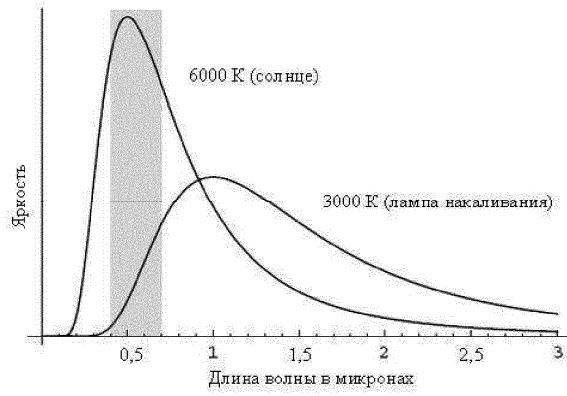


Фиг. 32

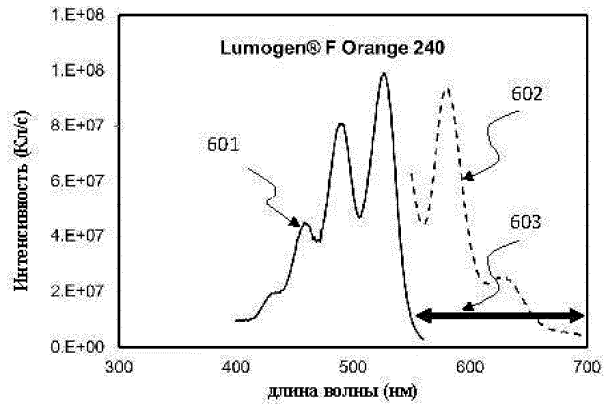


Фиг. 33

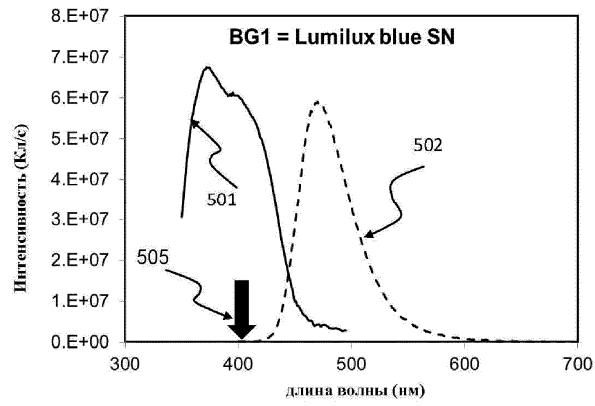




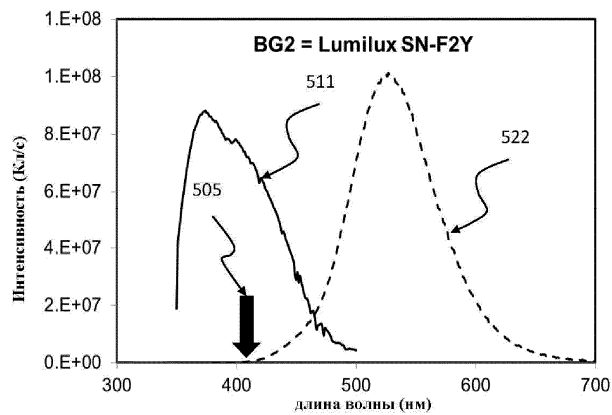
Фиг. 34



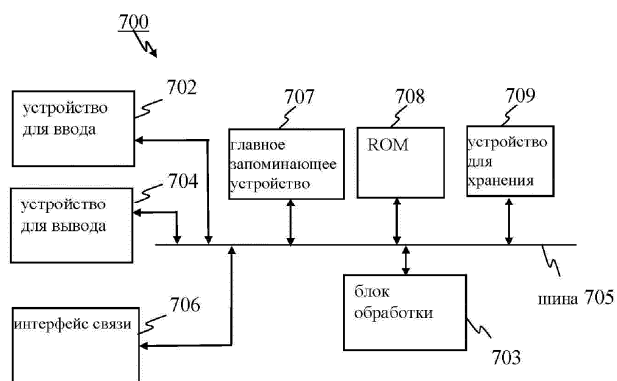
Фиг. 35



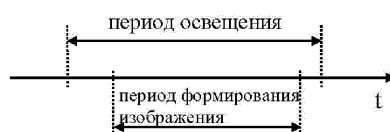
Фиг. 36



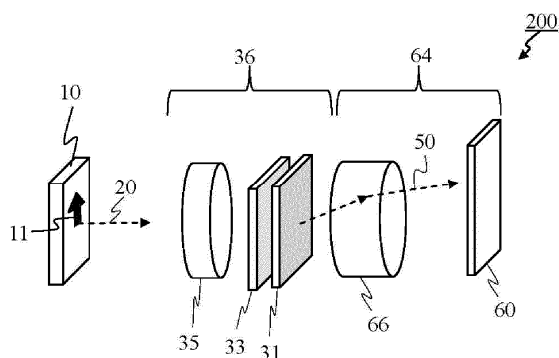
Фиг. 37



Фиг. 38



Фиг. 39



Фиг. 40