



(51) МПК

[G07D 7/06 \(2006.01\)](#)[G01N 21/64 \(2006.01\)](#)[B42D 25/387 \(2014.01\)](#)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 17.08.2020)  
Пошлина: учтена за 7 год с 30.07.2020 по 29.07.2021

(21)(22) Заявка: [2014131198/28](#), 29.07.2014(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
29.07.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.07.2014

(45) Опубликовано: [27.10.2015](#) Бюл. № 30(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2422903 C1 27.06.2011 . US  
5666417 A1 09.09.1997. EP 2163392 B1  
06.10.2010 . EA 5698 B1 28.04.2005 . US  
6351551 B1 .02.2002

Адрес для переписки:

123610, Москва, Краснопресненская наб.,  
12, под., 6, оф. 946, ООО "Центр  
интеллектуальной собственности  
"Сколково"

(72) Автор(ы):

ЛЕВЧЕНКО Алексей Олегович (RU),  
ЗИБРОВ Сергей Александрович (RU),  
ВАСИЛЬЕВ Виталий Валентинович (RU),  
СИВАК Александр Владимирович (RU),  
РУДОЙ Виктор Моисеевич (RU),  
ВЕЛИЧАНСКИЙ Владимир Леонидович  
(RU)

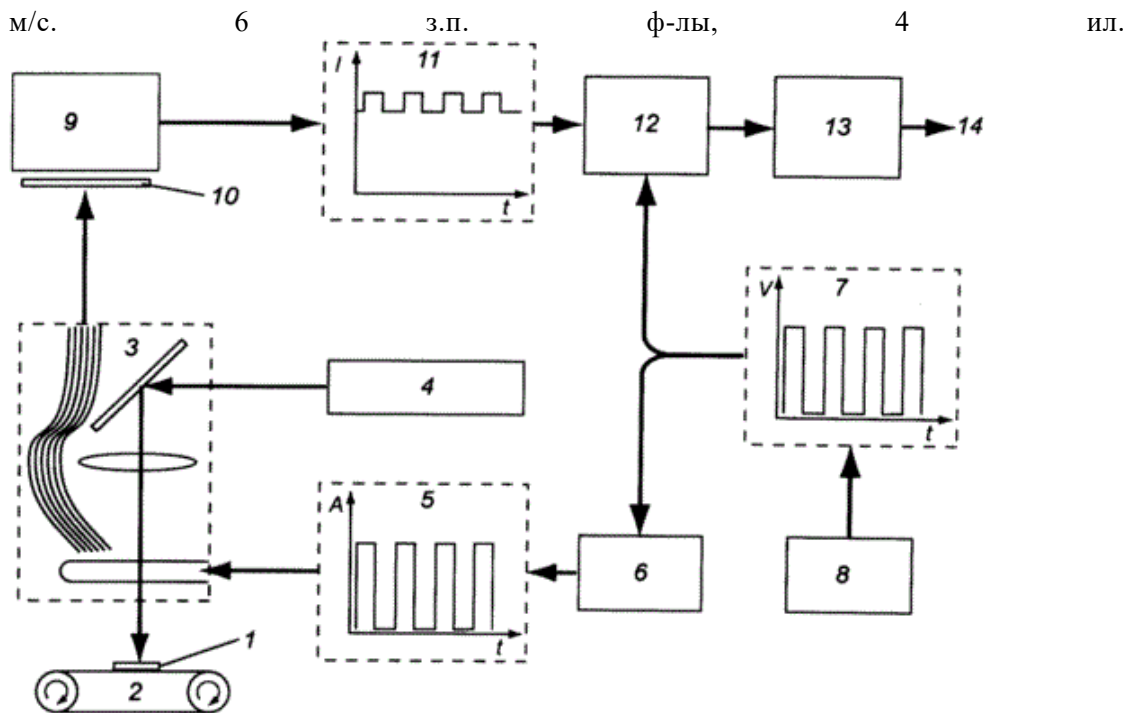
(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной  
ответственностью "Лазерлаб" (ООО  
"Лазерлаб") (RU)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ  
БЫСТРОДВИЖУЩИХСЯ ЗАЩИТНЫХ МЕТОК, СОДЕРЖАЩИХ МИКРОКРИСТАЛЛЫ  
АЛМАЗА С АКТИВНЫМИ NV-ЦЕНТРАМИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к устройству автоматического бесконтактного детектирования быстро движущихся меток подлинности, которые содержат нанокристаллы алмазов с центрами азот-вакансия (NV-центрами), нанесённые на ценные бумаги, деньги. Устройство содержит считывающую головку, снабжённую системой фокусировки лазерного излучения для возбуждения NV-центров в метке, выполненной с возможностью создания на поверхности метки фокального пятна, сильно вытянутого в направлении движения и обладающего гладким профилем распределения интенсивности вдоль указанного направления. Кроме того, для СВЧ-возбуждения метки считывающая головка снабжена короткозамкнутым отрезком двухпроводной линии, а для сбора излучения флюоресценции линейным массивом оптических волокон, выстроенного вдоль указанного фокального пятна. Технический результат: уменьшение ложных срабатываний устройства при одновременном расширении области его применения на метки, движущиеся со скоростями от 1 до 20



**Фиг. 1**

#### ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Изобретение относится к области защиты от подделок банкнот, ценных бумаг, документов и иных изделий с нанесенными метками подлинности, содержащими нанокристаллы алмазов с центрами азот-вакансия (NV-центрами), а именно к устройствам автоматического бесконтактного детектирования указанных выше быстро движущихся меток, и может быть использовано для проверки подлинности указанных объектов, движущихся на больших скоростях до 20 м/с, в том числе в системах их массового автоматизированного контроля, например, в счетно-сортировальных машинах.

#### УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

В настоящее время защиту от подделок банкнот, ценных бумаг, документов и иных изделий осуществляют при помощи нанесения на них защитных меток, обладающих особыми физическими свойствами. Активным веществом меток, несущим защитный признак, являются, в частности, микроскопические искусственные кристаллы алмаза с центрами азот-вакансия (NV-центрами), созданные по специальной технологии. NV-центр - это дефект кристаллической решетки алмаза, представляющий собой вакансию (отсутствие атома углерода) в кристаллической решетке алмаза, связанную с атомом азота, находящимся рядом в позиции замещения. Эффект ДРОП обусловлен структурой энергетических уровней NV-центра и большим временем жизни спиновых подуровней. Эффект ДРОП проявляется следующим образом: при постоянном оптическом возбуждении NV-центра происходит поглощение возбуждающего излучения, устанавливается стационарное распределение населенностей его уровней и стационарная эмиссия собственного оптического излучения, а при одновременном возбуждении NV-центра СВЧ полем определенной частоты, происходит изменение населенности уровней и изменение его эмиссии [см. напр.: Marcus W. Doherty, The nitrogen-vacancy colour centre in diamond // Physics Reports. 2013. V. 528. pp. -45]. Периодически модулируя СВЧ-поле, возбуждающее NV-центры, можно наблюдать соответствующую модуляцию их флуоресценции, которая происходит на той же частоте и в той же фазе, что и модуляция СВЧ-поля. Это позволяет применять для регистрации хорошо известную методику синхронного детектирования, которая позволяет выделить указанный промодулированный полезный сигнал на фоне разнообразных шумов, даже если величина последних много больше величины полезного сигнала.

При этом отметим, что в случае сильных шумов методика синхронного детектирования требует значительного времени измерения. Однако при автоматической регистрации защитных меток на изделиях, движущихся мимо детектора, например на банкнотах в счетно-сортировальной машине, время детектирования ограничено и равно отношению размера метки к скорости движения. Кроме того, на практике защищаемые изделия часто имеют в своем составе элементы,

которые сильно флюоресцируют под действием оптической накачки при детектировании, например краска различных элементов банкнот, специальные флуоресцентные волокна в бумаге, и т.п. При этом уровень их флюоресценции зачастую намного превышает флюоресценцию самих NV-центров. Если изделие с меткой движется с достаточно большой скоростью около 10 м/с, характерной для современных счетно-сортировальных машин, элементы, обладающие сильной флюоресценцией, за короткое время входят в зону детектирования и выходят из нее, внося в сигнал флюоресценции компоненты в широкой полосе частот с относительно большой амплитудой. Некоторые из этих компонентов иногда (на практике довольно часто) попадают в полосу регистрации синхронного детектора и вызывают ложные срабатывания устройства, что практически не позволяет использовать известные ранее устройства для регистрации быстро движущихся меток.

В настоящее время известно несколько устройств, предназначенных для проверки подлинности банкнот, ценных бумаг и документов по критерию наличия меток подлинности, содержащих нанокристаллы алмазов с NV-центрами.

Из патента РФ №2422903, ООО «Новые энергетические технологии», МПК G07D 0/00, B82B 3/00, опубл. 27.06.2011, известно устройство проверки подлинности банкнот, ценных бумаг и документов, содержащее генератор сигнала модуляции, СВЧ-генератор, источник оптического излучения накачки, оптическую систему подачи оптического излучения накачки NV-центров, оптическую систему сбора флуоресценции, светофильтр, фотоприемник, синхронный детектор.

Недостатком известного устройства является то, что при регистрации движущихся меток в присутствии других сильно флюоресцирующих элементов защищаемых изделий (например, банкнот), устройство выдает большое количество ложных срабатываний, что не позволяет использовать его на практике для автоматической проверки подлинности движущихся изделий, например банкнот в счетно-сортировальной машине.

Из патента РФ №2453433 (прототип), ООО «Новые энергетические технологии», МПК B41M 5/00, G07D 7/06, G06K 7/12, опубл. 20.06.2012, известно устройство автоматизированной проверки подлинности банкнот, ценных бумаг и документов, содержащее генератор сигнала модуляции, генератор СВЧ-излучения, два источника оптического излучения накачки, две оптические системы регистрации флуоресценции, две оптические системы, направляющие оптическое излучение на метку с NV-центрами, два фотодетектора, два синхронных детектора.

Недостатком известного устройства является то, что при регистрации движущихся меток в присутствии других сильно флюоресцирующих элементов защищаемых изделий (например, банкнот), устройство выдает большое количество ложных срабатываний.

Однако для практических применений особенно актуально детектирование защитных меток на изделиях, движущихся на больших скоростях до 20 м/с, например банкнот в счетно-сортировальных машинах. При этом предпочтительно детектирование бесконтактным способом при расположении детектора с одной стороны от изделия. По научной литературе, (J. Wrachtrup and Fedor Jelezko, Processing quantum information in diamond, J. Phys.: Condens. Matter 18 (2006) S807-S824, doi:10.1088/0953-8984/18/21/S08; M. Simanovskaia, K. Jensen, A. Jarmola, K. Aulenbacher, N. Manson, and D. Budker, Sidebands in Optically Detected Magnetic Resonance Signals of Nitrogen Vacancy Centers in Diamond, Phys. Rev. B (2013) 87, 224106; V. M. Acosta, E. Bauch, M.P. Ledbetter, A. Waxman, L.-S. Bouchard, and D. Budker, Temperature Dependence of the Nitrogen-Vacancy Magnetic Resonance in Diamond, PRL 104, 070801 (2010)) известны устройства, в которых СВЧ-возбуждение NV-центров осуществляется с помощью микрополосковой линии или тонкого проводника, сверху на которую (который) помещают алмаз (алмазы) с NV-центрами или метку (изделие с меткой), содержащую указанные алмазы. Оптическое возбуждение и сбор флуоресценции обычно осуществляют с другой стороны (сверху). Необходимость доступа к метке с двух сторон существенно ограничивает область применения данной технологии.

#### РАСКРЫТИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Задачей предлагаемого изобретения является создание нового устройства, позволяющего проводить бесконтактное одностороннее детектирование меток, аналогичных указанным выше, при скоростях их движения до 20 м/с с малой вероятностью ложных срабатываний детектора.

Техническим результатом, достигаемым при использовании изобретения, является уменьшение ложных срабатываний устройства при одновременном расширении области его применения на метки, движущиеся со скоростями от 1 до 20 м/с.

Поставленная задача и требуемый технический результат достигаются за счет нового устройства автоматического бесконтактного детектирования быстро движущихся защитных меток на основе микрокристаллов алмаза с активными NV-центрами, содержащего генератор сигнала модуляции, соединенный с генератором СВЧ-сигнала, и источник лазерного излучения, выходы которых соединены со считывающей головкой, размещенной возле конвейерной ленты с закрепленным на ней изделием с защитной меткой, соединенной с фотодетектором, снабженным оптическим фильтром, выход которого соединен с одним входом синхронного детектора, другой вход которого соединен с выходом указанного выше генератора сигнала модуляции, а выход синхронного детектора соединен с блоком обработки информации, согласно изобретению считывающая головка содержит систему фокусировки лазерного излучения для возбуждения NV-центров в метке, выполненной с возможностью создания на поверхности метки фокального пятна, сильно вытянутого в направлении движения и обладающего гладким профилем распределения интенсивности вдоль указанного направления, кроме того, считывающая головка снабжена системой СВЧ-возбуждения метки, выполненной в виде полуволнового короткозамкнутого отрезка двухпроводной линии, расположенного вдоль направления движения метки таким образом, чтобы фокальное пятно находилось вблизи короткозамкнутого конца, считывающая головка также снабжена системой сбора излучения флюоресценции метки в виде линейного массива оптических волокон, размещенных таким образом, чтобы их торцы были выстроены вдоль отрезка параллельно направлению движения метки и направлены на указанное фокальное пятно, при этом система фокусировки содержит, по меньшей мере, один астигматический элемент, например, цилиндрическую линзу, зеркало или фазовый элемент (линзу Френеля), причем отрезок, вдоль которого выстроены торцы оптических волокон, имеет длину, равную или большую, чем длина фокального пятна вдоль направления метки, а торцы волокон расположены от фокального пятна на расстоянии 0.5-6 мм, предпочтительно 1-3 мм, сами волокна имеют числовую апертуру от 0.25 до 0.6, и для детектирования используют метки, движущиеся со скоростью 1-20 м/с.

Существенными отличиями предлагаемого изобретения является новое конструктивное исполнение считывающей головки устройства, снабженной специальной системой фокусировки лазерного излучения для возбуждения NV-центров в метке, выполненной с возможностью создания на поверхности метки фокального пятна, сильно вытянутого в направлении движения и обладающего гладким профилем распределения интенсивности вдоль указанного направления. Кроме того, для СВЧ-возбуждения метки считывающая головка снабжена короткозамкнутым отрезком двухпроводной линии, а для сбора излучения флюоресценции линейным массивом оптических волокон с высокой числовой апертурой, выстроенного вдоль указанного фокального пятна. Перечисленные существенные признаки в совокупности позволяют бесконтактно с расстояния до 3 мм производить СВЧ-возбуждение активного вещества меток, также бесконтактно проводить оптическое возбуждение и осуществлять эффективный сбор излучения флюоресценции метки вдоль вытянутого фокального пятна, причем все указанные операции производятся с одной стороны от поверхности метки. Применение фокального пятна накачки, вытянутого вдоль направления движения, с гладким профилем распределения интенсивности, позволяет избавиться от негативного влияния сильной флюоресценции прочих элементов защищаемого изделия. Таким образом, предложенное изобретение в отличие от прототипа позволяет надежно детектировать метки с NV-центрами при скорости их движения до 20 м/с, что больше, чем скорости движения банкнот в современных счетно-сортировальных машинах, то есть обеспечивает достижение заявленного технического результата.

#### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

На Фиг. 1 изображена принципиальная схема устройства.

На Фиг. 2 представлена схема считывающей головки.

На Фиг. 3 изображена фотография с профилем распределения интенсивности в фокальном пятне.

На Фиг. 4 представлена фотография, на которой изображены сигнал флюоресценции и сигнал с выхода синхронного детектора, полученные от настоящей банкноты с нанесенными на нее двумя защитными метками, которая двигалась мимо считывающей головки детектора со скоростью 20 м/с.

#### ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Каждый элемент защищаемого изделия с сильной флюоресценцией, движущийся вдоль указанного вытянутого фокального пятна оптической накачки, дает сигнал

флюоресценции, который «повторяет» профиль распределения интенсивности в указанном пятне вдоль направления движения. Размер фокального пятна вдоль направления движения (далее длина фокального пятна) выбирают достаточно большим, чтобы время нарастания (и спада) сигнала флюоресценции, равное отношению половины длины пятна к скорости движения, было много больше периода модуляции СВЧ-поля. Таким образом, «паразитная» флюоресценция различных элементов не попадает в полосу регистрации синхронного детектора. При этом саму частоту модуляции СВЧ-поля выбирают так, чтобы за время движения подлинной метки вдоль пятна накачки прошло более 10 периодов модуляции, что обеспечивает надежное синхронное детектирование.

При этом сбор флюоресценции должен осуществляться одинаково эффективно вдоль всего вытянутого фокального пятна. Для этой цели в данном техническом решении применяется линейный массив многомодовых оптических волокон, выстроенных вдоль всей длины фокального пятна и направленных на него. Торцы волокон находятся от фокального пятна на расстоянии 0.5-6 мм, предпочтительно 1-3 мм, что вкуче с их большой числовой апертурой, обеспечивает очень высокую эффективность сбора излучения флюоресценции. Если торцы волокон находятся от фокального пятна на расстоянии менее 0,5 мм, то существенно возрастает вероятность их касания движущимся изделием, т.к. точность его позиционирования на ленте конвейера в направлении, перпендикулярном ее плоскости, обычно составляет величину до 0,5 мм. Это может привести к повреждению как изделий, так и самих оптических волокон. Если торцы волокон находятся от фокального пятна на расстоянии более 6 мм, то эффективности сбора флюоресценции метки становится недостаточно даже при использовании высокочувствительных коммерческих фотоприемников, таких как ФЭУ или лавинные фотодиоды. Предпочтительным является расстояние 1-3 мм, так как на таком расстоянии касания торцов оптических волокон изделиями исключены, а эффективность сбора флюоресценции достаточно высока для надежной регистрации сигнала.

Подлинная метка, проходящая через фокальное пятно оптической накачки, должна одновременно возбуждаться СВЧ-полем на всей длине указанного пятна. Для этого используется короткозамкнутый полуволновый отрезок двухпроводной линии, параллельный направлению движения метки. Подвод СВЧ-мощности осуществляется стандартным коаксиальным кабелем с волновым сопротивлением 50 Ом. Так как волновое сопротивление двухпроводной линии отличается от сопротивления подводящего кабеля, а длина указанного отрезка составляет целое число полуволн, поэтому он обладает резонаторными свойствами. Вблизи короткозамкнутого конца такого отрезка возникает пучность тока и соответственно магнитной компоненты СВЧ-поля, которая эффективно возбуждает NV-центры. При этом указанное магнитное поле возле короткозамкнутого конца достаточно однородно на длине до 10 мм вдоль фокального пятна и на расстояниях до 3 мм от самой двухпроводной линии.

Принципиальная схема устройства представлена на Фиг. 1. Защищаемое изделие 1 с меткой, например банкнота, закрепленное штатным образом на ленте конвейера 2, например серийной счетно-сортировальной машины, движется мимо считывающей головки 3 устройства (детектора). При этом происходит оптическое возбуждение метки источником лазерного излучения 4, а также ее возбуждение промодулированным СВЧ-излучением 5. Указанное излучение генерируется генератором СВЧ 6, сигнал модуляции 7 на который подается от генератора 8 сигнала модуляции. Оптическая эмиссия (флюоресценция) метки собирается считывающей головкой детектора и направляется на фотодетектор 9 через оптический фильтр 10, препятствующий попаданию на фотодетектор рассеянного лазерного излучения. Промодулированный электрический сигнал 11 с фотодетектора 9 направляется в синхронный детектор 12. В качестве опорного сигнала для указанного синхронного детектора используется сигнал модуляции 7. Сигнал с выхода синхронного детектора 12 подается в блок анализа 13, где происходит его сравнение с эталонным сигналом. В случае если амплитуда и длительность сигнала с выхода синхронного детектора попадают в заданные пользователем диапазоны, то констатируется наличие метки, и на выход 14 выводится соответствующий сигнал. Указанные диапазоны заранее задаются пользователем исходя из типа детектируемых меток (размер, толщина, концентрация активного вещества в метке) и скорости движения меток.

Схема считывающей головки 3 более детально представлена на Фиг. 2. Лазерное излучение 15 фокусируется астигматическим элементом, например, цилиндрической линзой 16, зеркалом (на чертежах не показано) или фазовым элементом (линзой Френеля, на чертежах не показано) на поверхности метки 17 в фокальное пятно 18, вытянутое вдоль направления движения 19 метки. Излучение флюоресценции метки,

либо любого иного элемента, проходящего через фокальное пятно 18, попадает на линейный массив многомодовых оптических волокон 20, выстроенных вдоль всей длины фокального пятна 18 и направленных на него. Торцы волокон находятся от фокального пятна на расстоянии 0.5-6 мм, предпочтительно 1-3 мм, что вкуче с их большой числовой апертурой (от 0.25 до 0.6), обеспечивает очень высокую и равноценную эффективность сбора излучения флюоресценции вдоль всей длины фокального пятна. Указанные оптические волокна в виде жгута направляются к фотодетектору 9 с оптическим фильтром 10, изображенным на Фиг. 1.

Для равномерного СВЧ-возбуждения метки вдоль всего фокального пятна используется короткозамкнутый полуволновый отрезок 21 двухпроводной линии, параллельный направлению движения метки. Подвод СВЧ-мощности осуществляется стандартным коаксиальным кабелем 22 с волновым сопротивлением 50 Ом. Так как волновое сопротивление двухпроводной линии отличается от сопротивления подводящего кабеля, а длина указанного отрезка составляет целое число полуволн, поэтому он обладает резонаторными свойствами. Вблизи короткозамкнутого конца такого отрезка возникает пучность тока и соответственно магнитной компоненты СВЧ-поля, которая эффективно возбуждает NV-центры. При этом указанное магнитное поле возле короткозамкнутого конца достаточно однородно на длине до 10 мм вдоль фокального пятна и на расстояниях до 3 мм от самой двухпроводной линии.

Измеренный профиль распределения интенсивности в фокальном пятне изображен на Фиг. 3, где 23 - это изображение указанного фокального пятна, полученное с помощью профилометра, 24 - реальный измеренный профиль распределения интенсивности в указанном пятне в направлении движения метки, 25 - автоматическая аппроксимация указанного профиля 24 с помощью распределения Гаусса, 26 - профиль распределения интенсивности в направлении, перпендикулярном движению.

Каждый элемент защищаемого изделия с сильной флюоресценцией, движущийся вдоль указанного вытянутого фокального пятна 18, дает сигнал флюоресценции, который «повторяет» гладкий профиль распределения интенсивности в указанном пятне вдоль направления движения. Размер фокального пятна вдоль направления движения выбирают достаточно большим, чтобы время нарастания (и спада) сигнала флюоресценции, равное отношению половины длины пятна к скорости движения, было много больше периода модуляции СВЧ-поля. Таким образом, «паразитная» флюоресценция различных элементов не попадает в полосу регистрации синхронного детектора, т.к. паразитные сигналы нарастают и спадают слишком медленно. При этом саму частоту модуляции СВЧ-поля выбирают так, чтобы за время движения подлинной метки вдоль пятна накачки прошло более 10 периодов модуляции, что обеспечивает надежное синхронное детектирование. При этом модуляция может быть как амплитудная, так и частотная, причем глубина частотной модуляции составляет в течение одного полупериода  $2,87 \pm 0,1$  ГГц, а в течение другого отличается от  $2,87$  более чем на  $0,5$  ГГц.

На Фиг. 4 приведены сигнал флюоресценции 26 и сигнал с выхода синхронного детектора 27, полученные от настоящей банкноты с нанесенными на нее двумя защитными метками, движущейся мимо считывающей головки детектора со скоростью 20 м/с. Пики флюоресценции 28, соответствующие флюоресцентным краскам и волокнам на банкноте и являющиеся паразитными (шумовыми) сигналами, намного больше, чем пики 29, которые соответствуют защитным меткам. При этом на выходе синхронного детектора пики 30, соответствующие защитным меткам намного превышают шумовой фон. Модуляция флюоресценции метки, обусловленная модуляцией возбуждающего СВЧ-поля, много меньше шумовых выбросов и неразличима на данных осциллограммах, однако достаточна для уверенной регистрации с помощью синхронного детектора.

Предлагаемое устройство работает следующим образом. Защищаемое изделие 1 - банкнота - штатным образом закрепляется на конвейерной ленте 2 (Фиг. 1) серийной счетно-сортировальной машины, движущейся со скоростью от 1 до 20 м/с, таким образом, чтобы нанесенные на банкноты, проходили под считывающей головкой 3 устройства для детектирования. Излучение 15 лазера 4 фокусируется цилиндрической линзой 16 в плоскости конвейерной ленты в фокальное пятно 18 (Фиг. 2). Длину волны излучения лазера выбирают таким образом, чтобы она попадала в полосу поглощения NV-центров, т.е. от 450 до 650 нм, например, используют вторую гармонику DPSS лазера на неодимовом гранате с длиной волны 532 нм, а его мощность  $P$  так, чтобы флюоресценция активного вещества метки имела достаточную для измерения величину, т.е.  $P=0,3-5$  Вт. При этом продольный размер фокального пятна 18 определяется диаметром пучка лазера, который составляет, например, 2 мм

или более по полувысоте, а распределение интенсивности в пучке лазера имеет Гауссов или иной подобный профиль 24 (Фиг. 3). Таким образом, при движении какого-либо элемента банкноты вдоль фокального пятна, импульс его флюоресценции, возбуждаемой указанным лазерным излучением (шумовой пик), имеет длительность не менее 0,2 мс, что соответствует частоте 5 кГц.

Одновременно происходит возбуждение активного вещества метки модулированным излучением 5 СВЧ-генератора 6, подведенным к указанной области системой подвода СВЧ-сигнала, состоящей из подводящего кабеля 22 и полуволнового короткозамкнутого отрезка двухпроводной линии 21. При этом основная частота СВЧ-излучения, при которой имеет место двойной радиооптический резонанс на NV-центрах, составляет  $2,87 \pm 0,1$  ГГц, а его мощность составляет 1-3 Вт. Модуляция СВЧ-поля осуществляется по сигналу модуляции 7 с частотой от 10 до 100 кГц, который генерируется серийным генератором сигналов 8. В течение одного полупериода модуляции частота СВЧ-поля составляет  $2,87 \pm 0,1$  ГГц, а в течение другого -  $2,8 \pm 0,4$  ГГц. Т.к. указанная частота модуляции до 20 раз превышает частоты шумовых пиков, они могут быть легко разделены на следующем этапе синхронного детектирования.

Излучение флюоресценции метки, либо любого иного элемента, проходящего через фокальное пятно 18, попадает на линейный массив многомодовых оптических волокон 20 (Фиг. 2), например, типа кварц/полимер, выстроенных вдоль всей длины фокального пятна 18 и направленных на него. Торцы волокон находятся от фокального пятна на расстоянии 0.5-6 мм, предпочтительно от 1 до 3 мм, что вкуче с их большой числовой апертурой, обеспечивает очень высокую и равноценную эффективность сбора излучения флюоресценции вдоль всей длины фокального пятна. Указанные оптические волокна в виде жгута направляются к фотодетектору 9, например, серийному фотоэлектронному умножителю с полосой более 100 кГц с оптическим фильтром 10, который пропускает оптическое излучение с длиной волны более 600 нм (long-pass filter).

Аналоговый электрический сигнал 11 с фотодетектора 9 направляется в серийный синхронный детектор 12. В качестве опорного сигнала для синхронного детектора используется сигнал модуляции 7 от генератора сигнала модуляции 8. Значение постоянной интегрирования синхронного детектора выбирают равным или немного большим, чем время прохождения метки через фокальное пятно 18 (Фиг. 2). На основании опорного сигнала серийный синхронный детектор 12 выделяет компоненту сигнала флюоресценции, промодулированную на той же частоте и в той же фазе, что и опорный сигнал. При наличии в сигнале 11 с фотодетектора 9 указанных компонентов напряжение на выходе фотодетектора повышается тем больше, чем больше вклад указанных компонентов. Таким образом, при прохождении подлинных меток мимо считывающей головки устройства на выходе синхронного детектора 12 генерируются импульсы 30 (Фиг. 3).

Сигнал с выхода синхронного детектора 12 подается в блок анализа 13, где происходит его сравнение с эталонным сигналом. В случае если амплитуда и длительность сигнала с выхода синхронного детектора попадают в заданные пользователем диапазоны, то констатируется наличие метки, и на выход 14 выводится соответствующий сигнал, означающий подлинную метку, в противном случае никакого сигнала не выводится. Указанные диапазоны заранее задаются пользователем исходя из типа детектируемых меток (размер, толщина, концентрация активного вещества в метке) и скорости движения меток. Для этого перед началом работы производят измерение с эталонной меткой, из которого получают значения амплитуды и длительности, характерные для данного типа метки, затем задают диапазоны вокруг указанных измеренных значений.

Предложенное изобретение не ограничено описанными выше вариантами осуществления, а наоборот оно охватывает различные модификации и варианты в рамках сущности и объема предлагаемой формулы изобретения.

#### Формула изобретения

1. Устройство автоматического бесконтактного детектирования быстродвижущихся защитных меток на основе микрокристаллов алмаза с активными NV-центрами, содержащее генератор сигнала модуляции, соединенный с генератором СВЧ-сигнала, и источник лазерного излучения, выходы которых соединены со считывающей головкой, размещенной возле конвейерной ленты с закрепленным на ней изделием с защитной меткой, соединенной с фотодетектором, снабженным оптическим фильтром, выход которого соединен с одним входом синхронного детектора, другой вход которого соединен с выходом указанного выше генератора сигнала модуляции, а

выход синхронного детектора соединен с блоком обработки информации, отличающееся тем, что считывающая головка содержит систему фокусировки лазерного излучения для возбуждения NV-центров в метке, выполненную с возможностью создания на поверхности метки фокального пятна, сильно вытянутого в направлении движения и обладающего гладким профилем распределения интенсивности вдоль указанного направления, и тем, что считывающая головка снабжена системой СВЧ-возбуждения метки, выполненной в виде полуволнового короткозамкнутого отрезка двухпроводной линии, расположенного вдоль направления движения метки таким образом, чтобы фокальное пятно находилось вблизи короткозамкнутого конца, и тем, что считывающая головка снабжена системой сбора излучения флюоресценции метки в виде линейного массива оптических волокон, размещенных таким образом, чтобы их торцы были выстроены вдоль отрезка параллельно направлению движения метки и направлены на указанное фокальное пятно.

2. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что система фокусировки содержит по меньшей мере один астигматический элемент.

3. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что в качестве астигматического элемента используют, например, цилиндрическую линзу, зеркало или фазовый элемент (линзу Френеля).

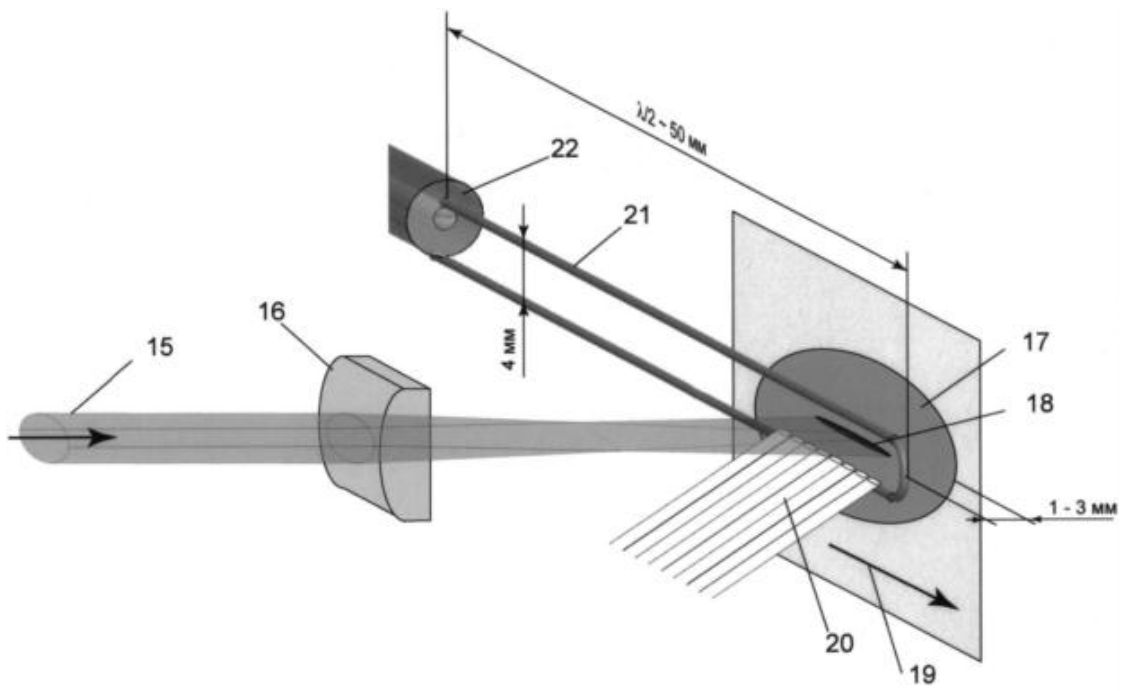
4. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что отрезок, вдоль которого выстроены торцы оптических волокон, имеет длину, равную или большую, чем длина фокального пятна вдоль направления метки.

5. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что торцы волокон расположены от фокального пятна на расстоянии 0.5-6 мм, предпочтительно 1-3 мм.

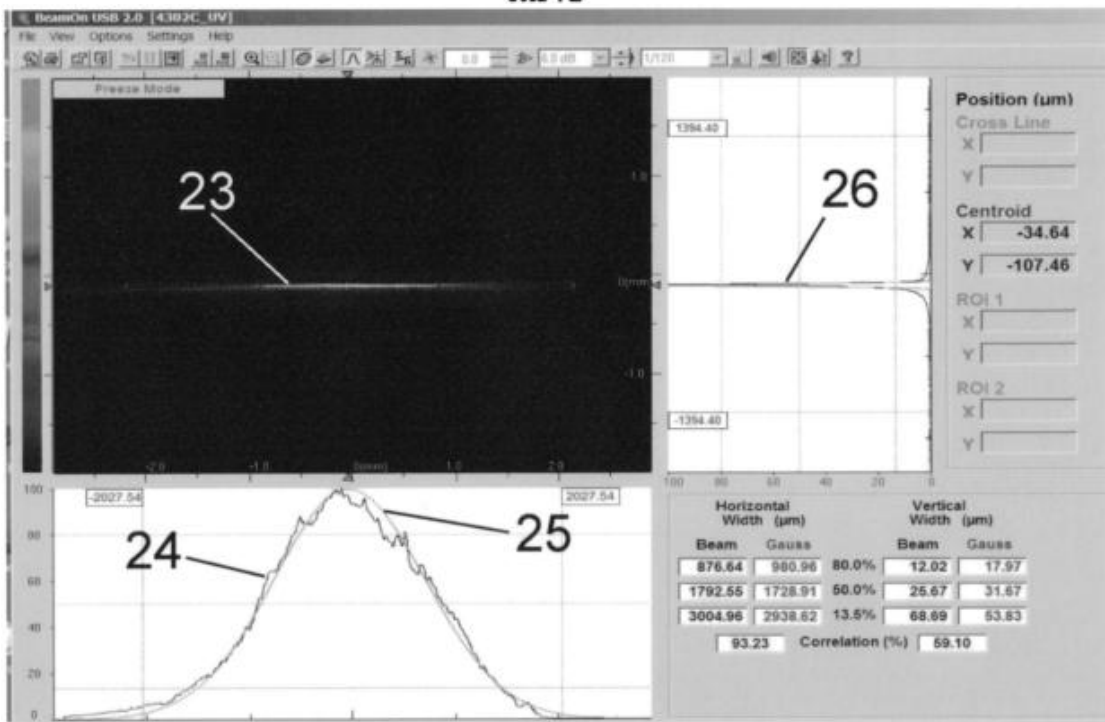
6. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что волокна имеют числовую апертуру от 0.25 до 0.6.

7. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что для детектирования используют метки, движущиеся со скоростью 1-20 м/с.

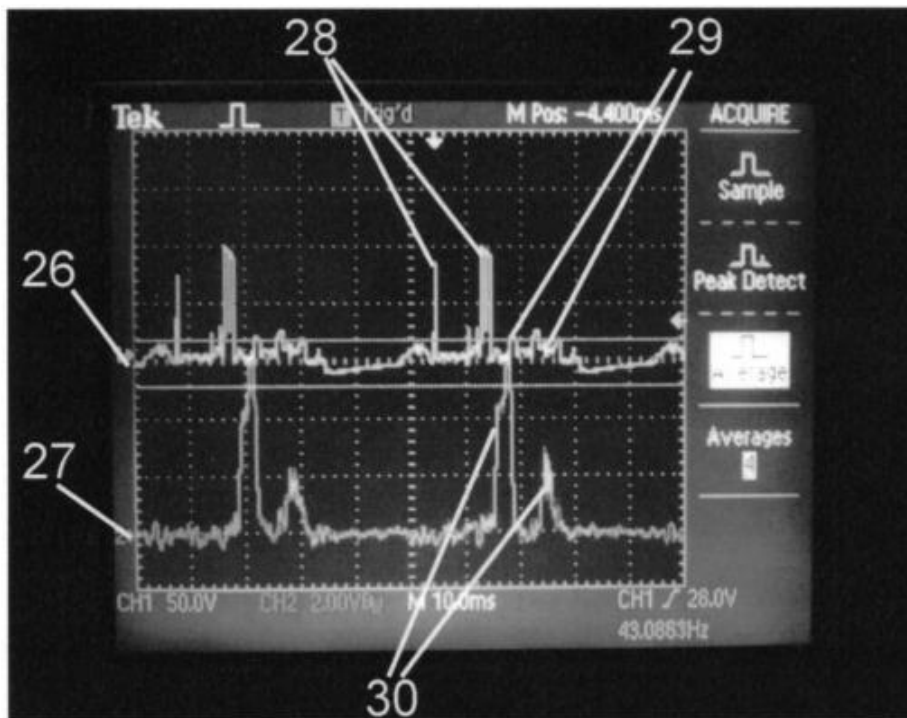




ФИГ. 2



ФИГ. 3



ФИГ. 4

## ИЗВЕЩЕНИЯ

**ММ4А Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе**

Дата прекращения действия патента: **30.07.2017**

Дата внесения записи в Государственный реестр: **15.05.2018**

Дата публикации и номер бюллетеня: [15.05.2018](#) Бюл. №14

**РД4А Изменение наименования, фамилии, имени, отчества патентообладателя**

(73) Патентообладатель(и):

**Общество с ограниченной ответственностью "Лазерлаб" (ООО "Лазерлаб") (RU)**

Дата внесения записи в Государственный реестр: **09.10.2018**

Дата публикации и номер бюллетеня: [09.10.2018](#) Бюл. №28

**НФ4А Восстановление действия патента**

Дата, с которой действие патента восстановлено: **10.10.2018**

Дата внесения записи в Государственный реестр: **10.10.2018**

Дата публикации и номер бюллетеня: [10.10.2018](#) Бюл. №28

**РС4А Государственная регистрация договора об отчуждении исключительного права**

Дата и номер государственной регистрации договора: **14.11.2018 РД0274701**

(73) Патентообладатель(и):

**Общество с ограниченной ответственностью "Микролазер" (RU)**

Приобретатель исключительного права:

**Общество с ограниченной ответственностью "Микролазер" (RU)**

Лицо(а), передающее(ие) исключительное право:

**Общество с ограниченной ответственностью "Лазерлаб" (RU)**

Адрес для переписки:

**107045, Москва, Сретенский б-р, 5, а/я 97, для Мазур Н.З.**

Дата внесения записи в Государственный реестр: **14.11.2018**

Дата публикации и номер бюллетеня: [14.11.2018](#) Бюл. №32