



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G01M 17/02 (2006.01); G01M 17/00 (2006.01); G01N 21/956 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2018101454, 21.06.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
21.06.2016

Дата регистрации:
14.06.2018

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
30.06.2015 IT 102015000028956

(45) Опубликовано: 14.06.2018 Бюл. № 17

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 30.01.2018

(86) Заявка РСТ:
IB 2016/053680 (21.06.2016)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2017/001970 (05.01.2017)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр. 3, ООО
"Юридическая фирма Городисский и Партнеры"

(72) Автор(ы):

ГИДОТТИ ПЬОВАН Алессандро (ИТ),
БАЛЛАРДИНИ Валериано (ИТ),
БОФФА Винченцо (ИТ),
РЕГОЛИ Фабио (ИТ),
ДИ СТЕФАНО Луиджи (ИТ)

(73) Патентообладатель(и):

ПИРЕЛЛИ ТАЙР С.П.А. (ИТ)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 2011013823 A1, 20.01.2011. JP
2010032467 A, 12.02.2010. US 2004131256 A1,
08.07.2004.

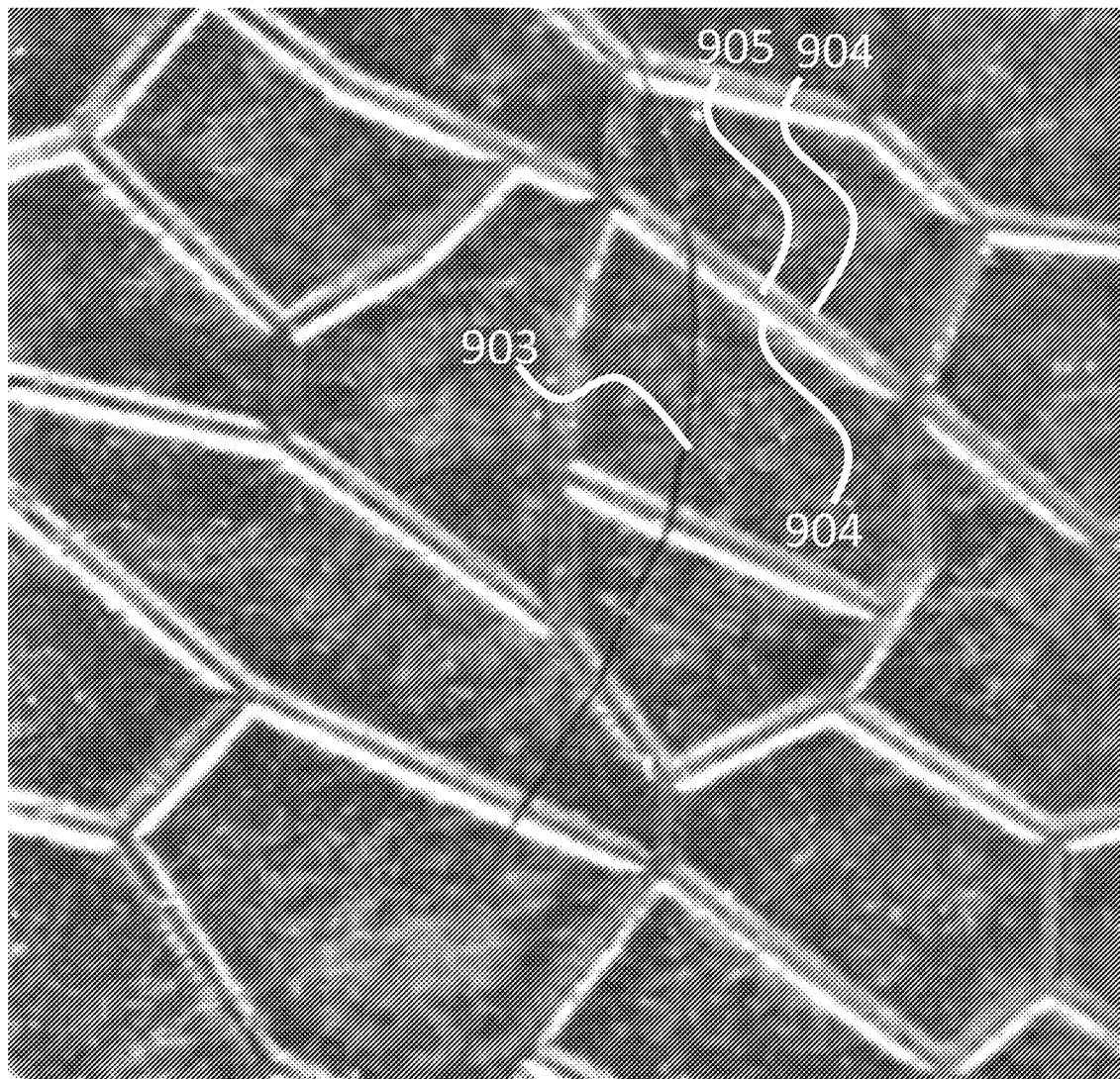
(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ШИН

(57) Реферат:

Изобретение относится к автомобильной промышленности. Способ и соответствующее устройство обнаружения дефектов на поверхности шины предусматривает: выполнение шины (200); получение цифрового изображения, содержащего структуру, содержащую части, отображающие линейные элементы рисунка на участке поверхности и отображающие возможные удлиненные дефекты, при этом указанные части структуры имеют соответствующую ориентацию; выполнение модели рисунка на участке поверхности, в которой каждому пикселю поставлены в соответствие первый индекс, характеризующий то, принадлежит ли пиксель части рисунка или нет, и второй индекс,

характеризующий, по меньшей мере, локальную ориентацию части рисунка, проходящей через указанный пиксель; вычисление - для каждого пикселя из структуры - третьего индекса, характеризующего ориентацию части структуры, проходящей через указанный пиксель, и установление - для каждого пикселя из структуры, имеющего соответствующий пиксель в модели рисунка, принадлежащий рисунку, - того, принадлежит ли указанный пиксель из структуры предполагаемому дефекту на основе сравнения третьего индекса и второго индекса, поставленного в соответствие соответствующему пикселю в модели рисунка. Технический результат - выполнение контроля шины за меньшее время

и со сниженными затратами. 2 н. и 13 з.п. ф-лы, 15 ил.



ФИГ. 9

RU 2 6 5 7 6 4 8 C 1

RU 2 6 5 7 6 4 8 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G01M 17/02 (2006.01)
G01M 17/00 (2006.01)
G01N 21/956 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

G01M 17/02 (2006.01); *G01M 17/00* (2006.01); *G01N 21/956* (2006.01)(21)(22) Application: **2018101454, 21.06.2016**(24) Effective date for property rights:
21.06.2016Registration date:
14.06.2018

Priority:

(30) Convention priority:
30.06.2015 IT 102015000028956(45) Date of publication: **14.06.2018** Bull. № 17(85) Commencement of national phase: **30.01.2018**(86) PCT application:
IB 2016/053680 (21.06.2016)(87) PCT publication:
WO 2017/001970 (05.01.2017)

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, str. 3, OOO
"Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**GHIDOTTI PIOVAN Alessandro (IT),
BALLARDINI Valeriano (IT),
BOFFA Vincenzo (IT),
REGOLI Fabio (IT),
DI STEFANO Luigi (IT)**

(73) Proprietor(s):

PIRELLI TYRE S.P.A. (IT)(54) **METHOD AND DEVICE FOR DETECTING DEFECTS ON THE TIRE SURFACE**

(57) Abstract:

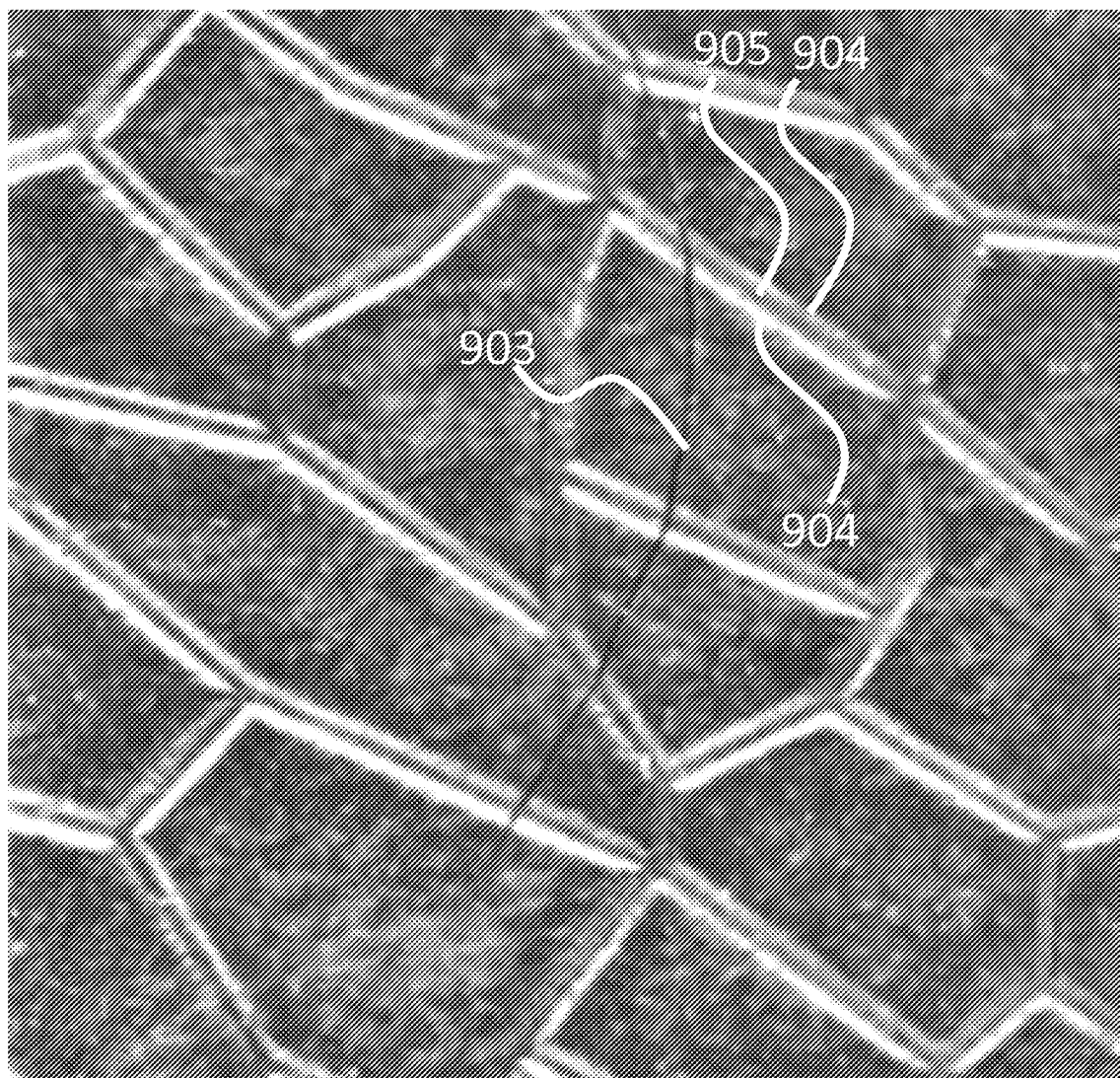
FIELD: motor vehicle industry.

SUBSTANCE: invention relates to automotive industry. Method and the corresponding defect detection device on the tire surface comprise: execution of tire (200); obtaining a digital image comprising a structure comprising portions displaying linear pattern elements on a surface portion and displaying possible elongated defects, wherein said parts of the structure have a corresponding orientation; execution of a pattern model on a surface area in which each pixel is associated with a first index characterizing whether the pixel belongs to a part of the picture or not, and a second index characterizing at least a local orientation of a portion of the pattern passing through said pixel; calculation –

for each pixel from the structure – the third index characterizing the orientation of the part of the structure passing through the specified pixel, and determination – for each pixel from the structure having the corresponding pixel in the pattern model belonging to the pattern-whether the specified pixel belongs from the structure to the alleged defect based on the comparison of the third index and the second index, put in correspondence with the corresponding pixel in the model of the figure.

EFFECT: control of the tire in less time and with reduced costs.

15 cl, 15 dwg



ФИГ.9

Настоящее изобретение относится к способу и устройству обнаружения возможного наличия дефектов на поверхности шины, при этом поверхность имеет рисунок, содержащий множество частей или состоящий из множества частей.

Под термином «дефект» понимается любое отклонение от заданного состояния независимо от того, вызывает ли такое отклонение ухудшение эксплуатационных характеристик шины (которая вследствие этого может быть отбракована или понижена в сортности) или представляет собой простое отклонение от нормы (например, эстетическое), которое не вызывает отбраковку или понижение сортности шины. Дефекты могут представлять собой, например, участки с невулканизированной смесью, изменения формы, надрезы, ползучесть в каркасе, наличие посторонних предметов на поверхности и т.д.

Под «шиной» понимается готовая шина, то есть шина после этапов формования в пресс-форме и вулканизации. После изготовления невулканизированной шины, как правило, выполняют обработку, заключающуюся в формовании в пресс-форме и вулканизации, для обеспечения стабилизации конструкции шины посредством сшивания эластомерных композиций, а также для образования заданного рисунка протектора на ней и любых отличительных или информационных графических знаков на боковинах.

В соответствии с типовым способом во время этапа формования в пресс-форме и вулканизации соответствующую диафрагму (как правило, из эластомерного соединения) вставляют внутрь шины и обеспечивают ее расширение (например, пневматически) к внутренней поверхности шины для поджима шины к наружной пресс-форме и гарантирования ее надлежащего плотного прилегания к пресс-форме. Данная диафрагма, как правило, выполнена с наружными канавками с такой схемой расположения канавок, чтобы облегчить локальное скольжение внутренней поверхности шины и наружной поверхности диафрагмы друг относительно друга во время вулканизации и формования в пресс-форме. Такая схема расположения может способствовать выходу воздуха, захваченного между диафрагмой и шиной, и/или способствовать отсоединению диафрагмы от шины в конце формования в пресс-форме и вулканизации. Следовательно, внутренняя поверхность шины имеет соответствующий «рисунок», как правило, рельефный. Как правило, рисунок содержит последовательность прямолинейных и параллельных участков, как правило, распределенных с существенной периодичностью вдоль направления по окружности, и/или плотную сетку смежных геометрических форм (в просторечии называемых «галечным краем»).

В настоящем описании и формуле изобретения под «рисунком» в более общем смысле понимается совокупность линейных элементов, расположенных на внутренней или наружной поверхности шины, при этом подобные линейные элементы образованы во время этапа формования в пресс-форме и вулканизации шины и, как правило, являются рельефными, но также могут иметь малую высоту или просто быть двумерными, то есть находиться на том же уровне по высоте, что и остальная поверхность. Например, канавки протектора подпадают под определение рисунка. Подобные поверхностные линейные элементы, как правило, представляют собой отрезки прямых, соединенные в непрерывной сетке, но в более общем случае могут иметь любую форму и/или распределение по поверхности. Такие поверхностные линейные элементы, как правило, вызывают изменение цвета и/или способности отражать/рассеивать падающий свет по сравнению с остальной поверхностью.

Как правило, шина для колес транспортных средств имеет по существу тороидальную конструкцию относительно оси симметрии, совпадающей с осью вращения шины во время эксплуатации, и имеет осевую среднюю плоскость, ортогональную к оси

симметрии, при этом указанная плоскость, как правило, представляет собой (по существу) геометрическую плоскость симметрии (если игнорировать любые незначительные асимметрии, например, в рисунке протектора и/или компонентах внутренней структуры).

5 Под «внутренней поверхностью» шины понимается поверхность, проходящая внутри указанной тороидальной конструкции от одного до другого борта (другими словами, поверхность, больше не видимая после соединения шины с соответствующим монтажным ободом).

Внутренняя поверхность, как правило, принадлежит слою эластомерного материала, обычно называемому «герметизирующим слоем», имеющему оптимальные
10 характеристики воздухонепроницаемости. Определенные дефекты на внутренней поверхности, такие как надрезы, стыки с зазором, пластические деформации и т.д., могут ухудшить воздухонепроницаемость шины.

В процессах изготовления шин для колес транспортных средств ощущается
15 необходимость в выполнении контроля качества готовых изделий с целью предотвращения поставки на рынок дефектных шин и/или постепенного регулирования используемых устройств и оборудования для улучшения и оптимизации выполнения операций, выполняемых в производственном процессе.

Данные операции контроля качества включают, например, те, которые выполняются
20 операторами, которые тратят фиксированное время на визуальную и тактильную проверку шины; если с учетом его собственного опыта и чувствительности оператор заподозрит, что шина не соответствует определенным стандартам качества, та же шина будет подвергнута дополнительным проверкам посредством более детального осмотра человеком и/или посредством соответствующего оборудования для более глубокой
25 оценки любых недостатков с точки зрения конструкции и/или качества.

В документе WO 2013/045594 A1 описан быстрый способ анализа рельефных элементов на внутренней поверхности шины, включающий этапы: захвата трехмерного изображения поверхности с присвоением значения уровня серого каждому пикселю
30 изображения, пропорционального топографической высоте данной точки, для получения начального изображения, преобразования захваченного изображения в системе ортогональных координат (OXY), в которой ось (OX) абсцисс отображает значения в направлении по окружности и ось (OY) ординат - значения в радиальном направлении, присвоения значения градиента ($f(p)$) высоты каждому пикселю на поверхности, сравнения его высоты с высотой малого числа дискретных точек, расположенных на
35 прямой линии, проходящей через соответствующие пиксели (p) и ориентированной в направлении вдоль окружности.

В области контроля качества шин Заявитель поставил перед собой задачу обнаружения возможного наличия дефектов на поверхности шины посредством
40 получения цифровых изображений оптическими средствами и их последующей обработки. Заявитель установил в результате наблюдений, что для использования контроля качества в едином масштабе времени с установкой для изготовления шин необходимо, чтобы сам контроль выполнялся за уменьшенное время и со сниженными затратами. В этой связи вычислительные потребности алгоритмов обработки данных играют решающую роль, поскольку при их избыточности продолжительность контроля
45 увеличивается неприемлемым образом и/или требуемый объем вычислений делает контроль неосуществимым.

Под «цифровым изображением» или - в качестве эквивалента - «изображением», как правило, понимается набор данных, как правило, содержащихся в компьютерном

файле, в котором каждый кортеж координат (как правило, каждая пара координат) из конечной совокупности (как правило, двумерной и матричной, то есть N строк $\times$ M столбцов) кортежей пространственных координат (при этом каждый кортеж соответствует пикселю) связан с соответствующим набором числовых значений (которые могут характеризовать различные величины). Например, в монохромных изображениях (таких как изображения в уровнях серого или в оттенках серого) такой набор значений состоит из одного значения на конечной шкале (как правило, 256 уровней или тонов), при этом данное значение характеризует, например, уровень светлоты (или интенсивности) соответствующего кортежа пространственных координат при отображении. Дополнительным примером являются цветные изображения, в которых набор значений характеризует уровень светлоты множества цветов или каналов, как правило, основных цветов (например, красного, зеленого и синего в кодировке RGB и голубого, пурпурного, желтого и черного в кодировке CMYK). Термин «изображение» необязательно означает его реальное отображение.

В настоящем описании и формуле изобретения термин «изображение» охватывает как трехмерные изображения, в которых каждому пикселю соответствуют данные о высоте поверхности (такие как изображения, полученные лазерной триангуляцией), так и двумерные изображения, в которых каждому пикселю соответствуют данные, характеризующие цвет и/или отражательную/рассеивающую способность соответствующей точки поверхности, такие как изображения, обнаруживаемые обычными цифровыми камерами или видеокамерами (например, ПЗС-камерами).

Под «точкой поверхности» понимается участок поверхности, имеющий малую (ненулевую) протяженность, сходную с размером пикселя полученного изображения поверхности.

В настоящем описании и формуле изобретения любая ссылка на конкретное «цифровое изображение» (например, двумерное цифровое изображение, первоначально полученное на шине) охватывает в более общем смысле любое цифровое изображение, получаемое посредством одного или более процессов цифровой обработки указанного конкретного цифрового изображения (например, таких как фильтрация, усреднение, сглаживание, финализация, сравнение с порогом, морфологические преобразования (открытие и т.д.), вычисления производных или интегралов и т.д.).

Заявитель отметил, что наличие рисунка на поверхности шины нарушает изображение и/или его обработку при контроле качества шины, поскольку рисунок имеет тенденцию скрывать или маскировать дефекты.

Это в особенности имеет место, когда дефект, например, надрез, пересекает одну или более частей рисунка, поскольку в зоне пересечения трудно отличить посредством цифровой обработки часть рисунка от дефекта, в частности, если он также является удлиненным.

Следовательно, Заявитель применительно к контролю качества шин (в частности, для обнаружения дефектов на поверхности шин) на основе получения и обработки цифровых изображений на промышленной линии по производству шин при уменьшенных затратах на вычисления и сниженных вычислительных требованиях, при надежности в отношении полученного результата, а также высокой степени чувствительности при обнаружении дефектов, в частности, при обеспечении возможности обнаружения поверхностных дефектов даже при наличии поверхностного рисунка рассмотрел задачу разработки такого способа и устройства обнаружения дефектов на поверхности шин, которые позволяют отличить любые удлиненные поверхностные дефекты, которые пересекаются с частями рисунка, имеющегося на поверхности, от

самых частей.

Заявитель решил вышеуказанную проблему посредством способа и устройства по настоящему изобретению, в которых используется различие в соответствующей ориентации удлиненных дефектов и частей рисунка.

5 В его первом аспекте изобретение относится к способу обнаружения дефектов на поверхности шины, при этом способ включает:

- выполнение шины, имеющей указанную поверхность, которая имеет рисунок, содержащий совокупность линейных элементов или состоящий из совокупности линейных элементов;

10 - получение, по меньшей мере, одного цифрового изображения участка поверхности, при этом указанное цифровое изображение содержит структуру, содержащую части, отображающие указанные линейные элементы рисунка на указанном участке поверхности и отображающие возможные удлиненные дефекты, при этом указанные части указанной структуры имеют, по меньшей мере локально, соответствующую ориентацию;

15 - выполнение цифровой модели рисунка на указанном участке поверхности, в которой каждому пикселю поставлены в соответствие первый индекс, характеризующий то, принадлежит ли пиксель части рисунка в указанной модели, и в случае пикселей, принадлежащих рисунку в указанной модели, второй индекс, характеризующий, по меньшей мере, локальную ориентацию указанной части рисунка в указанной модели, проходящей через указанный пиксель;

- вычисление - для каждого пикселя из указанной структуры - третьего индекса, характеризующего ориентацию части структуры, проходящей через указанный пиксель;

20 - для каждого пикселя из структуры, имеющего соответствующий пиксель в модели рисунка, принадлежащий рисунку, сравнение указанного третьего индекса с указанным вторым индексом, поставленным в соответствие указанному соответствующему пикселю в модели рисунка;

- на основе указанного сравнения установление того, принадлежит ли указанный пиксель из структуры предполагаемому дефекту.

30 По мнению Заявителя, вышеуказанный способ благодаря, в частности, идентификации структуры из пикселей, которые наложены на рисунок в модели рисунка (посредством первого индекса) и - в случае каждого из данных пикселей - благодаря сравнению между соответствующей ориентацией части структуры, проходящей через пиксель (выраженный третьим индексом), и соответствующей ориентацией соответствующей части рисунка в модели рисунка, проходящей через соответствующий пиксель из модели рисунка (выраженный вторым индексом), обеспечивает возможность обнаружения любых частей с дефектами с удлиненной формой, которые пересекают части рисунка в модели рисунка, тем самым «накладываясь» на них, на основе того, что ориентация данных частей с дефектами, как правило, отличается от ориентации пересекаемой части рисунка в модели рисунка. Например, вышеуказанный способ позволит отличить части структуры, которые наложены на рисунок в модели рисунка и которые отображают рисунок на указанном, по меньшей мере, одном цифровом изображении (поскольку они имеют по существу такую же ориентацию, как соответствующие части рисунка в модели рисунка), от частей структуры, которые наложены на рисунок в модели рисунка и которые отображают удлиненные дефекты (поскольку они имеют ориентацию, существенно отличающуюся от части рисунка, которая пересекает их, в модели рисунка).

Указанный первый индекс, характеризующий то, принадлежит ли пиксель части рисунка в указанной модели рисунка или нет, предпочтительно является бинарным.

Предпочтительно предусмотрена идентификация первого набора пикселей указанного, по меньшей мере, одного цифрового изображения, которые принадлежат указанной структуре и соответствующие которым пиксели в модели рисунка не принадлежат рисунку. Таким образом, предпочтительно идентифицируют возможные
 5 дефекты, находящиеся снаружи рисунка, то есть принадлежащие «фону» рисунка.

Предпочтительно предусмотрена идентификация второго набора пикселей, содержащего указанные возможные дефекты.

Предпочтительно предусмотрено создание конечного изображения, отображающего указанный участок поверхности, на котором пиксели, соответствующие указанным
 10 первому и второму наборам пикселей, отличаются от остальных пикселей.

Как правило, получение указанного, по меньшей мере, одного цифрового изображения включает получение первого цифрового изображения, каждому пикселю которого соответствует значение светлоты, характеризующее отражательную способность и/или рассеивающую способность и/или цвет точки поверхности,
 15 соответствующей указанному каждому пикселю.

Указанную точку на поверхности предпочтительно освещают рассеянным светом.

В первом варианте осуществления вычисление указанного третьего индекса, характеризующего ориентацию части структуры, проходящей через пиксель, включает вычисление градиента в указанном пикселе, при этом указанный градиент
 20 характеризуется модулем и ориентацией на указанном цифровом изображении.

Как правило, ориентация градиента характеризует угол, образованный вектором градиента относительно базового направления. Ориентацию предпочтительно нормализуют в диапазоне 180° .

Как правило, указанный градиент представляет собой вектор с двумя составляющими,
 25 характеризующими изменение указанных значений светлоты соответственно вдоль двух координат (как правило, ортогональных друг другу).

Термин «градиент» в настоящей заявке используется в общем смысле для обозначения изменения значений светлоты вдоль двух координат и необязательно применительно к дифференциальному исчислению.

30 Указанный третий индекс предпочтительно характеризует указанную ориентацию градиента.

Во втором варианте осуществления вычисление указанного третьего индекса, характеризующего ориентацию части структуры, проходящей через пиксель, включает вычисление, по меньшей мере, одного собственного вектора гессияна в пикселе.

35 Указанный третий индекс предпочтительно характеризует ориентацию указанного, по меньшей мере, одного собственного вектора.

Указанный, по меньшей мере, один собственный вектор предпочтительно представляет собой главный собственный вектор гессияна.

Указанная модель рисунка предпочтительно содержит расширенный рисунок по
 40 отношению к указанному рисунку на указанном, по меньшей мере, одном цифровом изображении без дефектов. Таким образом, предпочтительно вводится определенный допуск при принятии решения о том, принадлежит ли пиксель анализируемого изображения рисунку или нет, например, для учета возможных изменений/деформации/устойчивых отклонений частей рисунка на указанном анализируемом изображении.

45 Сравнение указанного третьего индекса с указанным вторым индексом предпочтительно включает вычисление угловой разности данной, по меньшей мере, локальной ориентации части структуры, проходящей через пиксель, и данной, по меньшей мере, локальной ориентации соответствующей части рисунка в модели рисунка,

проходящей через пиксель. Пиксель предпочтительно определяют как принадлежащий возможному дефекту, если угловая разность превышает по абсолютной величине 5° , более предпочтительно 10° , еще более предпочтительно 15° . Таким образом, предпочтительно вводится определенный допуск на вычисленную разность.

5 Как правило, указанные части, отображающие указанные линейные элементы рисунка, представляют собой отрезки прямых, в более типичном случае соединенные друг с другом для образования сетки из многоугольников.

Указанный участок поверхности предпочтительно представляет собой участок периферийной внутренней поверхности, более предпочтительно соответствующий углу в центре, который больше или равен 30° , более предпочтительно - больше или равен 60° , как правило, равен, по меньшей мере, одному полному углу.

Указанный участок периферийной внутренней поверхности предпочтительно имеет ширину в плоскости, через которую проходит указанная ось, превышающую или равную 50 мм, более предпочтительно - превышающую или равную 80 мм и/или меньшую чем 15 или равную 200 мм, более предпочтительно - меньшую чем или равную 150 мм.

Способ предпочтительно повторяют посредством изменения каждый раз указанного участка периферийной внутренней поверхности так, чтобы все участки поверхности образовывали, по меньшей мере, одну половинную часть всей внутренней поверхности, которая проходит от средней плоскости до борта.

20 Способ предпочтительно включает выполнение анализа, описанного выше, при одновременном удерживании шины в состоянии, когда она опирается одной из боковин. Способ предпочтительно включает переворачивание шины так, чтобы она опиралась противоположной боковиной, и повторение операций, описанных выше.

В соответствии с его вторым аспектом изобретение относится к устройству для 25 анализа шин на линии по производству шин.

Устройство содержит:

- опору для шины, предпочтительно горизонтальную и предпочтительно выполненную с возможностью вращения вокруг оси, перпендикулярной к ней;
- по меньшей мере, один источник, выполненный с возможностью испускания, по 30 меньшей мере, одного светового излучения для освещения участка поверхности шины, когда она установлена на опоре, и расположенную на расстоянии от указанного источника систему обнаружения, выполненную с возможностью определения интенсивности оптического светового излучения, отраженного и/или рассеянного указанным участком поверхности; и
- 35 - блок обработки данных, выполненный с возможностью осуществления способа согласно первому аспекту настоящего изобретения.

Система обнаружения предпочтительно содержит линейную камеру, имеющую линию объектива, лежащую в оптической плоскости, проходящей через линейную камеру.

40 Указанный, по меньшей мере, один источник предпочтительно включает в себя первый источник света, второй источник света и третий источник света, выполненные с возможностью испускания соответственно первого, второго и третьего световых излучений для освещения указанного участка поверхности, более предпочтительно - линейного участка поверхности, совпадающего с линией объектива или близкого к ней.

45 Указанные первый источник света и второй источник света предпочтительно расположены соответственно с противоположных сторон относительно указанной оптической плоскости.

Каждый из указанных первого и второго источников света предпочтительно

выполнен с возможностью освещения указанной линии объектива соответствующим светом, падающим под скользящим углом, и указанный третий источник света выполнен с возможностью освещения указанной линии объектива рассеянным светом.

В одном варианте осуществления система обнаружения содержит зеркало, имеющее отражающую поверхность, расположенную рядом с третьим источником света перпендикулярно к оптической плоскости и пересекающую последнюю (как правило, по средней линии зеркала) так, чтобы отражать указанную линию объектива в оптической плоскости под углом, который больше или равен 30° или меньше или равен 135° . Таким образом, во время контроля внутренней поверхности шины линейная камера предпочтительно остается расположенной в центральной зоне шины, в то время как группа с источниками света функционирует рядом с внутренней поверхностью.

Устройство предпочтительно содержит блок управления и регулирования, выполненный с возможностью:

- включения указанных первого источника света, второго источника света и третьего источника света в чередующейся последовательности; и

- приведения в действие указанной линейной камеры для получения соответственно указанных первого, второго и третьего изображений синхронно с включением соответственно указанных первого источника света, второго источника света и третьего источника света. Таким образом, можно получить как изображение при рассеянном свете, так и два изображения при свете, падающем под скользящим углом.

Устройство предпочтительно включает в себя элемент для обеспечения перемещения, выполненный с возможностью вращения указанной опоры вокруг ее оси вращения, при этом блок управления и регулирования выполнен с возможностью управления указанным элементом для обеспечения перемещения.

Дополнительные признаки и преимущества станут более очевидными из подробного описания некоторых иллюстративных, но неограничивающих вариантов осуществления способа и устройства для анализа шин на линии по производству шин согласно настоящему изобретению. Такое описание будет приведено в дальнейшем со ссылкой на сопровождающие фигуры, представленные только в целях иллюстрации и, следовательно, не для ограничения, на которых:

фиг.1 - схематическое изображение устройства для анализа поверхности шин согласно настоящему изобретению в виде функциональных блоков;

фиг.2 - схематическое изображение части устройства согласно настоящему изобретению в соответствии с вариантом осуществления;

фиг.3-14 - некоторые этапы способа с использованием визуального представления соответствующих цифровых изображений; и

фиг.15 - схема последовательности операций способа по настоящему изобретению.

На чертежах ссылочная позиция 1 обозначает в целом устройство для анализа поверхности шин на линии по производству шин согласно настоящему изобретению.

Устройство 1 содержит опору 102, выполненную с возможностью обеспечения опоры для шины 200 на боковине и вращения шины вокруг оси 201 вращения, совпадающей с осью вращения шины и, как правило, расположенной в соответствии с вертикалью. Опора 102, как правило, приводится в действие приводным элементом, не описанным и не показанным дополнительно, поскольку он в качестве примера может быть приводным элементом известного типа.

Устройство 1 содержит источник 104, выполненный с возможностью испускания, по меньшей мере, одного светового излучения для освещения участка поверхности шины, установленной на опоре, и расположенную на расстоянии от указанного

источника систему 105 обнаружения, выполненную с возможностью определения интенсивности оптического светового излучения, отраженного и/или рассеянного участком поверхности.

Система 105 обнаружения содержит камеру, предпочтительно линейную и имеющую линию 106 объектива, лежащую в оптической плоскости 107, проходящей через линейную камеру и ось 201 вращения.

Источник 104 содержит первый источник 108 света, второй источник 109 света и третий источник 110 света, выполненные с возможностью испускания соответственно первого, второго и третьего световых излучений для освещения линейного участка 211 поверхности указанной шины, совпадающего с линией объектива (например, когда участок поверхности является плоским) или расположенного вблизи линии объектива (вследствие криволинейного тренда поверхности шины).

Система 105 обнаружения выполнена с возможностью получения соответствующего двумерного цифрового изображения линейного участка поверхности, освещенного посредством, по меньшей мере, одного из первого, второго и третьего световых излучений.

Устройство, как правило, содержит роботизированную руку (непоказанную), на которой смонтированы первый, второй и третий источники света и система обнаружения.

Каждый из первого источника 108 света и второго источника 109 света предпочтительно состоит из одного соответствующего подысточника 111 и 112. Третий источник 110 света предпочтительно состоит из четырех соответствующих подысточников 113, распределенных с обеих сторон оптической плоскости 107 и симметрично относительно такой плоскости.

Каждый подысточник 111-113 имеет соответствующее основное направление протяженности, которое проходит параллельно оптической плоскости 107 и, следовательно, линии 106 объектива.

Каждый подысточник, как правило, содержит множество светодиодных источников света, расположенных с выравниванием вдоль основного направления протяженности.

На фиг.2 подысточники света схематически показаны на основе их соответствующей излучающей поверхности (имеющей в качестве примера прямоугольную форму), которая может, например, совпадать с прозрачным защитным и/или рассеивающим стеклом. В качестве примера подысточники имеют размер вдоль основного направления протяженности, равный 6 см, и размер вдоль направления, ортогонального к основному направлению протяженности, равный приблизительно 1 см.

Подысточники 111 и 112 предпочтительно находятся соответственно с противоположных сторон относительно оптической плоскости и на одинаковом расстоянии от нее.

Расстояние от подысточников 113 третьего источника света до оптической плоскости 107 предпочтительно меньше, чем расстояние между каждым подысточником указанных первого источника света и второго источника света и оптической плоскостью.

Третий источник 110 света предпочтительно выполнен с возможностью освещения линии объектива рассеянным светом (например, соответствующий угол, имеющий вершину в каждой точке линии объектива и лежащий в плоскости, ортогональной к линии объектива, и стягиваемый третьим источником света, равен приблизительно 80°).

В варианте осуществления устройства, выполненном с возможностью контроля в особенности внутренней поверхности шины, показанном в качестве примера на фиг.2, система обнаружения включает в себя зеркало 150 (как правило, также смонтированное на роботизированной руке), имеющее плоскую отражающую поверхность,

расположенную рядом с третьим источником света перпендикулярно к оптической плоскости и пересекающую последнюю по средней линии зеркала, для отражения линии объектива в оптической плоскости под углом, в качестве примера равным 90°.

Предпочтительно предусмотрен блок 140 управления и регулирования, выполненный с возможностью включения первого, второго и третьего источников света в чередующейся последовательности и управления линейной камерой для получения соответственно первого, второго и третьего изображений синхронно с включением соответственно первого, второго и третьего источников света.

Блок управления и регулирования, как правило, также выполнен с возможностью управления элементом для манипулирования опорой 102.

Устройство содержит блок обработки данных (например, встроенный в блок 140 управления и регулирования или связанный с ним или с системой 105 обнаружения для приема указанных полученных изображений), выполненный с возможностью осуществления способа согласно настоящему изобретению.

При эксплуатации шину 200 размещают на опоре 102 и подвергают (предпочтительно полному) повороту вокруг ее оси 201 симметрии для формирования двумерного цифрового изображения участка внутренней поверхности, предпочтительно вдоль всей развертки окружности.

Во время поворота блок управления и регулирования циклически включает в последовательности с быстрым чередованием указанные первый, второй и третий источники света и приводит в действие линейную камеру для получения соответствующего двумерного линейного цифрового изображения (цветного или монохромного) соответствующего линейного участка поверхности синхронно с включением соответственно первого, второго и третьего источников света. В качестве примера каждое одно линейное цифровое изображение содержит 1×2048 пикселей в случае монохромной камеры или 2×2048 пикселей в случае RGB-цветной или билинейной камеры.

В качестве примера временная задержка между приемом первого и приемом второго линейных изображений, а также между вторым и третьим линейными изображениями и далее циклически между первым и третьим линейными изображениями составляет менее 0,2 миллисекунды.

Как только будет выполнен заданный поворот шины для сканирования заданного участка поверхности, предпочтительно, по меньшей мере, один полный поворот для получения всей развертки окружности, получают специфическое цифровое изображение, образованное посредством всех линейных цифровых изображений последовательности линейных участков, каждый из которых освещался тремя источниками света.

Блок обработки данных получает такое изображение от системы обнаружения и отделяет от него соответствующие первое, второе и третье изображения всего заданного участка поверхности.

Такие изображения могут быть по существу попиксельно наложены друг на друга, несмотря на то, что реальный линейный участок поверхности, соответствующий одному линейному изображению, не имеет точного соответствия трем изображениям вследствие вращения шины, происходящего тем временем. Однако выбор частоты приема линейных изображений и скорости вращения таков, что три линейных изображения взаимно перемежаются и, следовательно, попиксельно сопоставимы.

Фиг.3 показывает иллюстративное визуальное представление в серой шкале примера указанного первого изображения, то есть полученного в диапазоне видимого спектра частот, двумерного цифрового изображения участка внутренней поверхности шины,

освещенного рассеянным светом (полностью аналогичного обычному черно-белому изображению). Направление вдоль окружности шины проходит вдоль горизонтального направления на фигуре (прямая линия 300).

В примере на фиг.3 каждому пикселю цифрового изображения поставлена в соответствии скалярная величина (уровень или шкала серого) на шкале из 255 уровней, непосредственно характеризующая отражающую способность и/или рассеивающую способность и/или цвет точки внутренней поверхности, соответствующей рассматриваемому пикселю.

Настоящее изобретение также может применяться для цифровых изображений, в которых каждому пикселю соответствует векторная величина, таких как цифровые цветные изображения. Например, способ, описанный в данном документе, может выполняться для каждого канала/цвета или их комбинаций или для выбранного канала (например, зеленого, который предпочтительно обеспечивает лучшее качество изображения).

Цифровое изображение, для которого выполняется способ, описанный в данном документе, может совпадать с цифровым изображением, непосредственно сформированным системой обнаружения, или в более предпочтительном варианте перед выполнением способа, описанного в данном документе, может быть подвергнуто предварительной обработке для повышения его качества. Указанная предварительная обработка может включать одну или более из операций фильтрации, усреднения, снижения уровня помех, сглаживания, например, как известно в уровне техники. В дальнейшем предполагается, что такая предварительная обработка не изменяет двумерного цифрового характера изображения, так что каждому пикселю соответствует значение светлоты (или тона), характеризующее отражающую способность и/или рассеивающую способность и/или цвет внутренней поверхности.

Как видно на фиг.3, внутренняя поверхность шины имеет канавки за счет множества рельефных элементов, которые образуют «рисунок». Наличие рельефных элементов вызывает изменение отражающей способности внутренней поверхности, обнаруживаемой камерой. Настоящее изобретение также применимо для рисунков с низким рельефом или просто двумерных рисунков, то есть имеющих только изменение цвета и/или отражающей способности и не имеющих глубины. Как правило, рисунок содержит последовательность прямолинейных частей 301, по существу параллельных друг другу, как правило, распределенных с существенной периодичностью вдоль направления по окружности, и плотную сетку (называемую в просторечии «галечным краем») по существу прямолинейных отрезков 302, соединенных друг с другом в виде по существу непрерывной сетки, при этом рисунок, как правило, характеризуется его существенной периодичностью вдоль направления по окружности. Следует отметить, что рисунок продолжается на внутренней поверхности шины, которая получена с ее собственной кривизной.

Рисунок предпочтительно состоит из замкнутых ломаных линий (многоугольников), соединенных друг с другом. Как правило, рисунок состоит из многоугольников, примыкающих друг к другу, (например, не имеет изолированных многоугольников).

Рисунок имеет схему, которая повторяется по существу одинаковым образом в множестве мест, распределенных вдоль направления по окружности, как правило, с существенной периодичностью в направлении вдоль окружности (например, с локальным изменением периода по абсолютной величине, находящимся в пределах 5% от среднего периода, рассчитанного для всего изображения), даже более типично - с непрерывностью вдоль всего цифрового изображения. В показанном примере галечный

край имеет периодичность в направлении вдоль окружности, равную удвоенной периодичности «нарезов», при этом общая периодичность рисунка равна периодичности галечного края.

Как указано выше, рельефные элементы 301, 302 представляют собой оттиск, оставленный пневматической диафрагмой. На практике указанная схема, как правило, повторяется вдоль направления по окружности с незначительными изменениями периодичности и/или формы и/или ориентации и/или осевого положения, при этом, остающиеся по существу одинаковыми, подобные изменения обусловлены, например, неравномерностью расширения и/или неодинаковой установкой диафрагмы и/или незначительными искажениями рисунка, образованными вдавливанием на самой диафрагме, и/или искажениями в процессе формирования изображения (например, вследствие некорректного центрирования оси вращения шины, неидеальной круглости шины и т.д.).

Для большей ясности фиг.3 показывает часть цифрового изображения с длиной вдоль направления 300 по окружности, превышающей приблизительно только в два с половиной раза период рисунка, однако, как правило, обработанное цифровое изображение соответствует участку периферийной внутренней поверхности, содержащему указанную схему, повторяющуюся, по меньшей мере, восемь-десять раз. Обработанный участок периферийной внутренней поверхности предпочтительно охватывает развертку всей окружной внутренней поверхности шины.

Как правило, обработанное цифровое изображение соответствует участку внутренней поверхности, имеющему длину в аксиальном направлении (направлении, перпендикулярном направлению 300 на фиг.3), составляющую, по меньшей мере, 5 см, предпочтительно равную, по меньшей мере, половине протяженности всей развертки коронной зоны шины в аксиальном направлении.

Фиг.3 показывает иллюстративный дефект 303 (показанный увеличенным на фиг.3а, которая показывает повернутый фрагмент фиг.3), состоящий из надреза, который пересекает, по меньшей мере, один сегмент рисунка.

Способ предпочтительно обеспечивает получение значения, характеризующего период рисунка, посредством обработки цифрового изображения, например, путем поиска максимума функции автокорреляции (например, коэффициента корреляции Пирсона, рассчитанного на основе значений, соответствующих пикселям изображения) между заданной частью (называемой на жаргоне «опорой») цифрового изображения (имеющей соответствующие размеры, например, окружную длину, которая больше периода и меньше трехкратного периода) и множеством дополнительных частей цифрового изображения, имеющих размеры, равные размерам указанной заданной части изображения, и расположенных в местах, распределенных по окружности. Функцию автокорреляции в направлении вдоль окружности предпочтительно неоднократно вычисляют на основе множества различных опор, частично перекрывающихся в аксиальном направлении изображения и имеющих одинаковые размеры, с целью выбора наиболее надежного максимума функции автокорреляции для идентификации периода рисунка. В альтернативном варианте предусмотрено получение заданного значения периода, например, из измерений и/или из технических характеристик диафрагмы.

Способ включает идентификацию первой зоны 304 цифрового изображения, которая соответствует подчасти схемы, например, имеющей меньшую протяженность вдоль окружности, чем вся протяженность схемы вдоль окружности, (в примере равную приблизительно одной трети протяженности схемы вдоль окружности, совпадающей

с указанным периодом). Размеры первой зоны предпочтительно соответствуют типовым ожидаемым размерам дефекта, подлежащего поиску.

Кроме того, предусмотрена идентификация соответствующего множества зон 305, 306 цифрового изображения, гомологичных первой зоне 304 и распределенных вдоль направления по окружности. Каждая гомологичная зона содержит соответствующую подчасть схемы, по существу идентичную подчасти схемы в первой зоне. Для этого вычисляют функцию корреляции (например, коэффициент корреляции Пирсона) между первой зоной и частью остального цифрового изображения. Первую гомологичную зону 305 сначала предпочтительно идентифицируют посредством вычисления функции корреляции между первой зоной 304 и множеством зон, имеющих размеры, равные первой зоне, и расположенных в окрестности точки цифрового изображения, которая удалена в направлении вдоль окружности от первой зоны на расстояние, равное периоду P . Например, если координаты центра первой зоны 304 представляют собой x_0, y_0 , сначала идентифицируют зону с равными размерами, имеющую координаты x_0, y_0+P центра. Затем вычисляют функцию корреляции между первой зоной и всеми зонами с такими же размерами, центр которых расположен в окрестности с координатами $x_0 \pm \Delta x, y_0 + P \pm \Delta y$, при этом $\Delta x, \Delta y$ равны соответствующему числу пикселей, например, 5-10 пикселям. Зону, имеющую координаты x_1, y_1 центра, в которой функция корреляции имеет максимум (по меньшей мере, локальный), идентифицируют как первую гомологичную зону 305.

Алгоритм повторяют, начиная с первой гомологичной зоны 305 и при поиске максимума функции корреляции в окрестности с координатами $x_1 \pm \Delta x, y_1 + P \pm \Delta y$ для определения местоположения второй гомологичной зоны 306 (имеющей координаты x_2, y_2 центра) и так далее, итерационно для последовательной идентификации последовательности гомологичных зон. В частности, вычисляют кортеж координат x_n, y_n , соответствующих центру (или любой другой базовой точке) кортежа гомологичных зон.

В примере, описанном в данном документе, получение значения, характеризующего период рисунка, посредством обработки цифрового изображения, и идентификация такого кортежа координат выполняются на изображении, полученном при рассеянном свете (типа, показанного на фиг.3).

Однако Заявитель удостоверился в том, что еще более надежные результаты могут быть получены, если операции вычисления периода и/или идентификации подобного кортежа (например, идентификации гомологичных зон посредством автокорреляции) выполняются на разностном изображении, в котором каждому пикселю поставлено в соответствие значение, характеризующее разность соответствующих значений светлоты второго и третьего изображений, полученных при свете, падающем под скользящим углом, как описано выше.

Этот кортеж координат затем показывают на первом изображении, полученном при рассеянном свете, для идентификации соответствующей первой зоны и соответствующего множества гомологичных зон на указанном первом изображении.

Дополнительно предусмотрен расчет модели подчасти схемы, в которой каждому пикселю поставлено в соответствие среднее значение из значений, поставленных в соответствие пикселям первой зоны и соответствующих гомологичных зон первого изображения, имеющим одинаковые координаты указанного каждого пикселя.

Для этого в целях иллюстрации фиг.4 показывает трехмерное графическое

изображение комплекта 307 зон, полученного перекрытием первой зоны (например, в основании комплекта) и всех соответствующих ей, гомологичных зон первого изображения, полученного при рассеянном свете. Как можно видеть, каждый пиксель в основании комплекта соответствует набору статистических значений (скалярных, или на шкале серого), находящемуся в соответствующем вертикальном столбце. Такой статистический набор имеет свойственную ему дисперсию вследствие деформаций, описанных выше.

Цифровую модель 308 подчасти схемы (показанной на фиг.5), соответствующей первой зоне 304, предпочтительно рассчитывают с учетом медианного значения соответствующего статистического набора для каждого пикселя основания комплекта. Таким образом, генерируется модель 308, которая имеет в каждом пикселе (i, j) с относительными координатами медианное значение (например, уровень серого), вычисленное на всех пикселях (i, j) с относительными координатами из набора из первой зоны и гомологичных зон. Как можно видеть на фиг.5, модель, рассчитанная таким образом, не содержит вкладов от каких-либо дефектов, а также имеет высокое качество изображения (например, с точки зрения шумов и/или резкости).

Цифровую модель соответствующей подчасти схемы предпочтительно рассчитывают в соответствии с вышеизложенным для множества первых зон, каждая из которых содержит соответствующую подчасть схемы. Первые зоны формируют соединенную часть цифрового изображения, имеющую протяженность в направлении вдоль окружности, приблизительно равную периоду. Таким образом, цифровую модель рассчитывают для всей схемы, которая образует рисунок. Первые зоны предпочтительно частично взаимно перекрываются в аксиальном направлении и/или в направлении вдоль окружности для повышения надежности способа.

Как только модели соответствующих подчастей будут построены, модель рисунка получают заменой - на указанном первом изображении - каждой первой зоны и соответствующих гомологичных зон указанной моделью соответствующей подчасти схемы. Посредством вышеуказанной процедуры самообучения получают изображение, которое представляет собой глобальную модель участка поверхности без дефектов, которую можно легко сопоставить с фактическим изображением.

Для данного сравнения предпочтительно использовать модуль и ориентацию градиента, как описано в дальнейшем.

В одном варианте осуществления для каждого пикселя модели рисунка в значениях светлоты, вычисленных на первом изображении, предусмотрено вычисление значения модуля и значения ориентации градиента значений светлоты, поставленных в соответствие пикселям, в результате чего получают модель рисунка соответственно в значениях модулей градиентов и в значениях ориентаций градиентов. Для уменьшения использования вычислительных ресурсов предпочтительно вычислять данные значения модулей градиентов и ориентаций градиентов на модели каждой подчасти схемы в значениях светлоты и затем переходить к вышеуказанной операции получения модели рисунка путем замены.

В альтернативном и предпочтительном варианте осуществления операции, описанные выше и предназначенные для идентификации гомологичных зон и расчета модели соответствующей подчасти схемы (предпочтительно посредством использования кортежа координат, идентифицированных на разностном изображении), выполняются на основе значений модулей градиентов и на основе значений ориентаций градиентов, вычисленных на первом изображении в значениях светлоты. В этом случае отсутствует строгая необходимость расчета модели рисунка в значениях светлоты на первом

изображении.

Для вычисления значений модулей и ориентаций градиентов градиент значений светлоты вычисляют для каждого пикселя цифрового изображения вдоль двух горизонтальных и вертикальных координат изображения, в результате чего получают вектор с двумя составляющими: модулем (например, корнем суммы квадратов двух составляющих) и ориентацией на цифровом изображении (например, углом, образуемым вектором относительно горизонтального направления), нормализованной в диапазоне $[0-180^\circ]$ или $[-90^\circ - +90^\circ]$.

Для вычисления значений модуля и ориентации градиента, например, делают следующее: при каждом пикселе $I(x,y)$ вводимого изображения (обозначение (x,y) опускают при отсутствии необходимости) вычисляют следующее:

- $I_x = I * K_x$, где $*$ - оператор свертки, и K_x - соответствующее ядро для вычисления первой производной по x (например, $K_x = [1 \ -1]$)

- $I_y = I * K_y$, где $*$ - оператор свертки, и K_y - соответствующее ядро для вычисления первой производной по y (например, $K_y = [1; -1]$)

- $\text{Grad}(x,y) = [I_x; I_y]$ - градиент $I(x,y)$

- модуль градиента $= \sqrt{(I_x)^2 + (I_y)^2}$

- ориентация градиента $= \arctan(I_y/I_x)$

Фиг.6 показывает иллюстративную визуализацию подчасти поверхности, которая соответствует центральной части изображения на фиг.3, на котором каждому пикселю соответствует уровень серого, характеризующий модуль градиента (например, пропорциональный модулю градиента) в рассматриваемом пикселе (например, светлые пиксели соответствуют высокому модулю градиента и наоборот).

Фиг.7 показывает иллюстративную визуализацию той же подчасти поверхности на фиг.6, в которой каждому пикселю соответствует уровень серого, однозначно характеризующий ориентацию градиента в рассматриваемом пикселе.

Сравнение между фиг.6 и 7 показывает, что зоны с низким модулем градиента за пределами рисунка отличаются несущественным значением ориентации (переменной неупорядоченностью).

Как указано выше, при выполнении нижеуказанных операций на цифровых изображениях, показанных на фиг.6 и 7: идентификации множества первых зон, идентификации для каждой первой зоны соответствующего множества гомологичных зон и расчета соответствующей модели - модель рисунка получают соответственно в значениях модулей градиентов и значениях ориентаций градиентов.

В этот момент получающаяся в результате модель рисунка (независимо от того, получена ли она в значениях светлоты и/или значениях модулей и/или значениях ориентаций градиентов) подвергается расширению для ввода допуска, который учитывает деформации и/или устойчивые отклонения схемы в рисунке.

В первом предпочтительном варианте осуществления модель рисунка в значениях модулей градиентов сначала подвергают бинаризации (например, посредством сравнения с одним или двумя пороговыми значениями) для получения бинарной модели рисунка.

Такая бинарная модель рисунка подвергается расширению (например, посредством операции морфологической обработки) для получения расширенной бинарной модели рисунка, в которой пиксели имеют соответствующий первый бинарный индекс, значение которого указывает на то, принадлежит ли пиксель соответствующим расширенным рисункам или нет (чтобы отличить пиксели, принадлежащие фону, от пикселей, принадлежащих расширенному рисунку первого изображения, путем сравнения с такой

расширенной бинарной моделью).

Кроме того, также значения ориентаций градиентов модели рисунка предпочтительно подвергают расширению. Каждому пикселю расширенной бинарной модели рисунка, принадлежащему расширенному рисунку, предпочтительно ставят в соответствие второй индекс, значение которого характеризует ориентацию части расширенного рисунка, проходящей через пиксель: например, может быть выбрано значение ориентации градиента пикселя, имеющего максимальное значение модуля градиента в заданной окрестности (например, с радиусом, равным 5-10 пикселям) каждого указанного пикселя в указанной модели рисунка.

Во втором альтернативном варианте осуществления как значения модулей градиентов, так и значения ориентаций градиентов в модели рисунка сначала подвергают расширению. Например, каждому пикселю расширенной модели рисунка присваивают в качестве значения модуля градиента максимальное значение модуля градиента в заданной окрестности указанного пикселя в модели рисунка (при этом указанная окрестность в качестве примера имеет радиус, равный 5-10 пикселям) и в качестве значения ориентации градиента то, которое соответствует пикселю, имеющему указанное максимальное значение модуля градиента. Впоследствии модель рисунка, полученную таким образом, подвергают бинаризации на основе значения модуля градиента, получая, тем самым, значение указанного первого индекса.

Фиг.8 показывает пример модели рисунка, полученной в результате указанных операций в двух вариантах осуществления. Каждый пиксель изображения на фиг.8, не принадлежащий расширенному рисунку, но принадлежащий фону рисунка (например, имеющий значение указанного первого индекса, равное нулю), показан черным цветом. Каждый пиксель, принадлежащий расширенному рисунку (например, имеющий значение указанного первого индекса, равное единице), показан с уровнем серого, отличным от черного, при этом каждый уровень серого взаимно однозначно соответствует значению второго индекса, характеризующего ориентацию соответствующего сегмента расширенного рисунка, проходящего через рассматриваемый пиксель. Как можно видеть, пиксели снаружи расширенного рисунка (черные пиксели) не имеют соответствующей значимой величины второго индекса.

Перед выполнением сравнения между первым изображением шины, полученным при рассеянном свете в значениях светлоты, и расширенной моделью рисунка, полученной выше, предпочтительно обработать такое первое изображение для выделения потенциальных дефектов остальной части изображения.

Для содействия описанию способа выделения потенциальных дефектов будет сделана ссылка на фиг.9-12.

Фиг.9 иллюстративно показывает визуальное изображение дополнительного примера части первого изображения в серой шкале, аналогичное показанному на фиг.3 и 3а, показывающее дополнительный участок внутренней поверхности шины, освещенный рассеянным светом, на котором имеется дефект 903, состоящий из надреза, который пересекает некоторые сегменты рисунка. На участке поверхности на фиг.9 были следы разделительного средства, используемого на диафрагме, в частности, на стенках сегментов рисунка. Поскольку данное разделительное средство обладает высокой отражательной способностью, такие стенки сегментов рисунка на изображении вызывают появление двух очень ярких параллельных линий 904. Между данными двумя яркими линиями имеется более темная линия 905, которая соответствует «верху» сегментов рисунка, менее загрязненному разделительным средством. В такой ситуации сегменты 905 в принципе можно спутать с надрезами 903, поскольку они имеют

аналогичные характеристики светлоты.

Для выделения потенциальных дефектов из остальной части изображения предусмотрено вычисление значения, характеризующего основное собственное значение (или максимальное собственное значение) гессиана в указанном пикселе, для каждого пикселя первого изображения в значениях светлоты.

В качестве примера гессиан вычисляют следующим образом. При каждом пикселе вводимого изображения с координатами $I(x,y)$, как указано выше, вычисляют следующее:

- $I_{xx}=I * K_{xx}$, где $*$ - оператор свертки, и K_{xx} - соответствующее ядро для вычисления второй производной по x (например, K_{xx} =вектор-строка $[1 \ -2 \ 1]$)

- $I_{yy}=I * K_{yy}$, где $*$ - оператор свертки, и K_{yy} - соответствующее ядро для вычисления второй производной по y (например, K_{yy} =вектор-столбец $[1; -2; 1]$)

- $I_{xy}=I_{yx}=I * K_{xy}$, где $*$ - оператор свертки, и K_{xy} - соответствующее ядро для вычисления смешанной производной

(например, матрица K_{xy} - $[1 \ 0 \ -1; 0 \ 0 \ 0; -1 \ 0 \ 1]$, где ";" - разделитель строк).

Таким образом получают гессиан $H=[I_{xx} \ I_{xy}; I_{yx} \ I_{yy}]$.

Исходя из гессиана H вычисляют собственные векторы и собственные значения, например, посредством алгоритма EVD (декомпозиции собственных значений/векторов).

Основные собственные значения предпочтительно подвергают бинаризации посредством сравнения с первым пороговым значением для идентификации пикселя предполагаемого дефекта, подобного тем пикселям, соответствующее максимальное собственное значение которых выше такого первого порогового значения.

Фиг.10 показывает иллюстративную визуализацию части первого изображения, по существу соответствующей той, которая показана на фиг.9, подвергнутой бинаризации на основе основного собственного значения. Следует отметить, что указанная бинаризация обеспечила увеличение как пикселей, принадлежащих надрезу 903, так и пикселей у стенок 904 (более точно, переходных зон между фоном рисунка и стенками 904) и центральных зон 905 сегментов 905 рисунка, в которых максимальное собственное значение является высоким.

Для исключения, по меньшей мере, пикселей в переходных зонах между фоном рисунка и стенками сегментов рисунка из предполагаемых дефектов, полученных таким образом, а также других ложных/случайных пикселей предусмотрены сравнение значений модулей градиентов, вычисленных на основе значений светлоты первого изображения, со вторым пороговым значением и идентификация пикселей со значением модуля градиента, которое меньше такого второго порогового значения, в качестве предполагаемых дефектов.

Фиг.11 по существу показывает ту же часть изображения, что и на фиг.9, в которой пиксели были подвергнуты бинаризации на основе модуля градиента (при необходимости при соответствующих операциях сглаживания края). Белые пиксели - это пиксели с низким значением модуля градиента, то есть меньшим, чем второе пороговое значение. Следует отметить, что пиксели 904 на краях сегментов рисунка имеют высокое значение градиента.

Фиг.12 по существу показывает ту же часть изображения, что и на фиг.10, в которой белые пиксели представляют собой предполагаемые дефекты, полученные из совпадающего по времени сравнения с указанными двумя пороговыми значениями (то есть белые пиксели как на фиг.10, так и на фиг.11). Следует отметить, что некоторые пиксели 905 остаются в качестве предполагаемых дефектов в центре некоторых частей рисунка, в то время как почти все пиксели на краях частей рисунка были по существу

отфильтрованы посредством критерия.

Для дополнительного отбора предполагаемых дефектов предпочтительно предусмотрен третий критерий выбора, предпочтительно используемый в комбинации с указанными двумя дополнительными критериями, основанный на значении светлоты в изображении, полученном при рассеянном свете. В частности, такое значение светлоты сравнивают с третьим пороговым значением, и выбирают все пиксели предполагаемых дефектов, идентифицированные выше, которые также имеют значение светлоты ниже третьего порогового значения.

В этот момент можно выполнить сравнение между пикселями предполагаемых дефектов, выбранными таким образом, с расширенной моделью рисунка, свободной от дефектов, рассчитанной выше, для обнаружения любых дефектов на участке поверхности в зависимости от такого сравнения.

Первый набор пикселей предпочтительно идентифицируют среди указанных пикселей предполагаемых дефектов, в случае которых соответствующие пиксели в расширенной модели рисунка не принадлежат расширенному рисунку (например, черные «фоновые» зоны, показанные на фиг.8), для идентификации дефектов (или частей дефектов), находящихся снаружи рисунка, то есть принадлежащих «фону» рисунка.

Предпочтительно предусмотрена идентификация второго набора пикселей среди указанных пикселей предполагаемых дефектов, который имеет соответствующий пиксель в модели рисунка, принадлежащий рисунку (например, пиксели с уровнем серого, отличным от черного на фиг.8), для которого данная, по меньшей мере, локальная ориентация части рисунка, проходящей через указанную расширенную модель рисунка (представленную указанным вторым значением, например, значением ориентации расширенного градиента), значительно отличается (например, разница превышает 20°) от ориентации части, образованной указанными предполагаемыми дефектами и проходящей через указанный пиксель. В этом случае подобная часть с предполагаемым дефектом, проходящая через указанный пиксель, вероятно, представляет собой надрез, имеющий часть, которая пересекается с частью рисунка в указанной расширенной модели рисунка.

В первом варианте осуществления ориентация части, образованной указанными предполагаемыми дефектами и проходящей через указанный пиксель, представлена значением ориентации градиента в указанном пикселе, вычисленным, как описано выше, на основе значений светлоты в первом изображении, полученном при рассеянном свете.

Во втором варианте осуществления ориентация части, образованной указанными предполагаемыми дефектами и проходящей через указанный пиксель, представлена ориентацией основного собственного вектора гессияна в указанном пикселе, вычисленного, как описано выше, на основе значений светлоты в первом изображении, полученном при рассеянном свете.

Предпочтительно предусмотрено слияние (при логическом ИЛИ) первого и второго наборов пикселей для формирования конечного изображения (как правило, бинарного), характеризующего указанный участок поверхности, в котором пиксели, соответствующие указанным первому и второму наборам, отличаются от оставшихся пикселей, как иллюстративно показано на фиг.13, на которой видно, что были идентифицированы как часть с разрезом/надрезом на фоне рисунка, так и часть с разрезом/надрезом на расширенном рисунке.

Соответствующая морфологическая обработка предпочтительно может быть выполнена на указанных пикселях для отбрасывания ложных предполагаемых дефектов.

Например, исключаются изолированные блоки пикселей или соединенные зоны пикселей («сгустки»), которые не совместимы с отыскиваемыми дефектами; в частности, выбор может быть сделан по площади и/или длине. Фиг.14 показывает конечный результат обработки данного типа, выполненной на изображении по фиг.13.

5 Фиг.15 показывает схему последовательности операций способа по настоящему изобретению, в котором операция 1010 представляет операцию выполнения шины, имеющей поверхность с рисунком с совокупностью линейных элементов.

Операция 1020 представляет операцию получения, по меньшей мере, одного цифрового изображения участка поверхности, при этом указанное цифровое
10 изображение содержит структуру, содержащую части, отображающие указанные линейные элементы рисунка на указанном участке поверхности и отображающие возможные удлиненные дефекты, при этом указанные части указанной структуры имеют, по меньшей мере локально, соответствующую ориентацию.

Операция 1030 представляет операцию выполнения цифровой модели рисунка на
15 указанном участке поверхности, в которой каждому пикселю поставлены в соответствие первый индекс, характеризующий то, принадлежит ли пиксель части рисунка в указанной модели, и в случае пикселей, принадлежащих рисунку в указанной модели, второй индекс, характеризующий, по меньшей мере, локальную ориентацию указанной части рисунка в указанной модели, проходящей через указанный пиксель.

20 Операция 1040 представляет операцию вычисления - для каждого пикселя из указанной структуры - третьего индекса, характеризующего ориентацию части структуры, проходящей через указанный пиксель

Операция 1050 представляет операцию сравнения - для каждого пикселя из структуры, имеющего соответствующий пиксель в модели рисунка, принадлежащий рисунку, -
25 указанного третьего индекса с указанным вторым индексом, поставленным в соответствие указанному соответствующему пикселю в модели рисунка.

Операция 1060 представляет операцию установления того, принадлежит ли указанный пиксель из структуры предполагаемому дефекту, на основе указанного сравнения.

30 (57) Формула изобретения

1. Способ обнаружения дефектов на поверхности шины, включающий:
обеспечение шины (200), имеющей указанную поверхность, которая имеет рисунок, содержащий совокупность линейных элементов или состоящий из совокупности
линейных элементов;

35 получение по меньшей мере одного цифрового изображения участка поверхности, при этом цифровое изображение содержит структуру, содержащую части, отображающие линейные элементы рисунка на указанном участке поверхности и отображающие возможные удлиненные дефекты, причем указанные части указанной структуры имеют, по меньшей мере локально, соответствующую ориентацию;

40 выполнение цифровой модели рисунка на указанном участке поверхности, при этом каждому пикселю поставлены в соответствие первый индекс, характеризующий то, принадлежит ли пиксель части рисунка в указанной модели, и в случае пикселей, принадлежащих рисунку в указанной модели, второй индекс, характеризующий, по меньшей мере, локальную ориентацию указанной части рисунка в указанной модели,
45 проходящей через указанный пиксель;

вычисление, для каждого пикселя из указанной структуры, третьего индекса, характеризующего ориентацию части структуры, проходящей через указанный пиксель;
для каждого пикселя из структуры, имеющей соответствующий пиксель в модели

рисунка, принадлежащий рисунку, сравнение третьего индекса со вторым индексом, поставленным в соответствие указанному соответствующему пикселю в модели рисунка; на основе указанного сравнения установление того, принадлежит ли указанный пиксель из структуры предполагаемому дефекту.

2. Способ по п.1, при котором первый индекс является бинарным.

3. Способ по п.1 или 2, включающий идентификацию первого набора пикселей указанного по меньшей мере одного цифрового изображения, которые принадлежат указанной структуре и соответствующие которым пиксели в модели рисунка не принадлежат рисунку, и второго набора пикселей, содержащего указанные предполагаемые дефекты.

4. Способ по п.3, при котором предусмотрено создание конечного изображения, отображающего указанный участок поверхности, на котором пиксели, соответствующие первому и второму наборам пикселей, отличаются от остальных пикселей.

5. Способ по любому предшествующему пункту, при котором вычисление третьего индекса, характеризующего ориентацию части структуры, проходящей через пиксель, включает вычисление градиента в указанном пикселе, при этом градиент характеризуется модулем и ориентацией на указанном цифровом изображении.

6. Способ по п.5, при котором ориентация градиента характеризует угол, образованный градиентом относительно базового направления, при этом третий индекс характеризует указанную ориентацию градиента.

7. Способ по любому предшествующему пункту, при котором вычисление третьего индекса, характеризующего ориентацию части структуры, проходящей через пиксель, включает вычисление по меньшей мере одного собственного вектора гессияна в пикселе, при этом третий индекс характеризует ориентацию указанного по меньшей мере одного собственного вектора.

8. Способ по п.7, при котором указанный по меньшей мере один собственный вектор представляет собой главный собственный вектор указанного гессияна.

9. Способ по любому предшествующему пункту, при котором указанная модель рисунка содержит расширенный рисунок по отношению к указанному рисунку на указанном по меньшей мере одном цифровом изображении без дефектов.

10. Способ по любому предшествующему пункту, при котором сравнение третьего индекса со вторым индексом включает вычисление угловой разности данной, по меньшей мере, локальной ориентации части структуры, проходящей через пиксель и данной, по меньшей мере, локальной ориентации соответствующей части рисунка в модели рисунка, проходящей через пиксель.

11. Способ по п.10, при котором устанавливают, что пиксель принадлежит предполагаемому дефекту, если угловая разность превышает по абсолютной величине 5° .

12. Способ по любому предшествующему пункту, при котором указанные части, отображающие указанные линейные элементы рисунка, представляют собой отрезки прямых, соединенные друг с другом для образования сетки из многоугольников.

13. Способ по любому предшествующему пункту, при котором получение указанного по меньшей мере одного цифрового изображения включает получение первого цифрового изображения, каждому пикселю которого соответствует значение светлоты, характеризующее отражательную способность и/или рассеивающую способность и/или цвет точки поверхности, соответствующей указанному каждому пикселю, при этом указанную точку освещают рассеянным светом.

14. Устройство (1) для анализа шин на линии по производству шин, содержащее:

опору (102) для шины (200), выполненную с возможностью вращения вокруг оси, перпендикулярной ей;

по меньшей мере один источник (104), выполненный с возможностью испускания по меньшей мере одного светового излучения для освещения участка (221) поверхности шины, когда она установлена на опоре, и расположенную на расстоянии от источника системы (105) обнаружения, выполненную с возможностью определения интенсивности оптического светового излучения, отраженного и/или рассеянного указанным участком поверхности; и

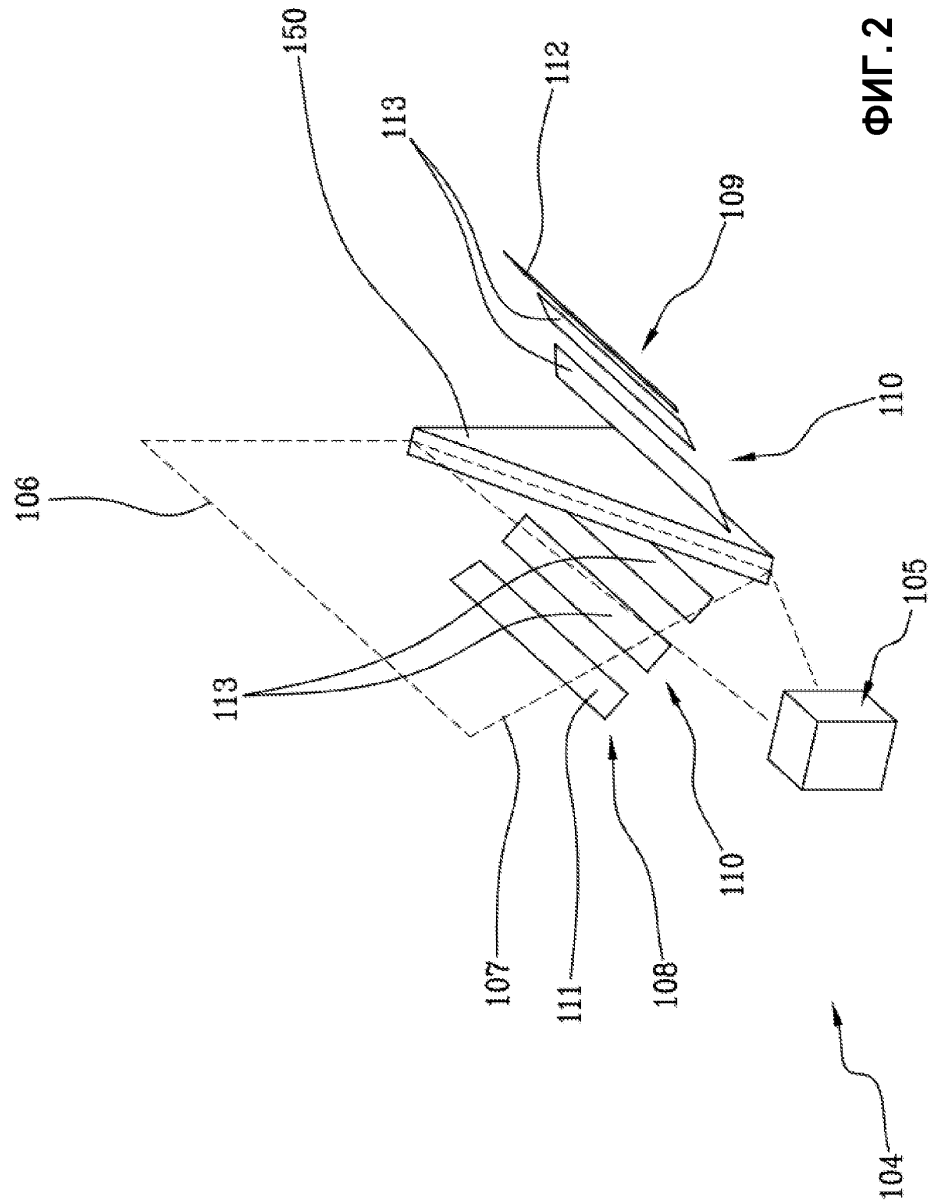
блок (140) обработки данных, выполненный с возможностью осуществления способа по любому предшествующему пункту.

15. Устройство по п.14, в котором система обнаружения содержит линейную камеру, имеющую линию (106) объектива, лежащую в оптической плоскости (107), проходящей через линейную камеру, при этом указанный по меньшей мере один источник содержит первый источник (108) света, второй источник (109) света и третий источник (110) света, выполненные с возможностью испускания соответственно первого, второго и третьего световых излучений для освещения линейного участка (221) поверхности, совпадающего с указанной линией объектива или находящегося вблизи нее, причем первый источник света и второй источник света расположены соответственно с противоположных сторон относительно указанной оптической плоскости, при этом каждый из первого и второго источников света выполнен с возможностью освещения указанной линии объектива соответствующим светом, падающим под скользящим углом, и третий источник света выполнен с возможностью освещения указанной линии объектива рассеянным светом, причем устройство содержит блок привода и управления, выполненный с возможностью:

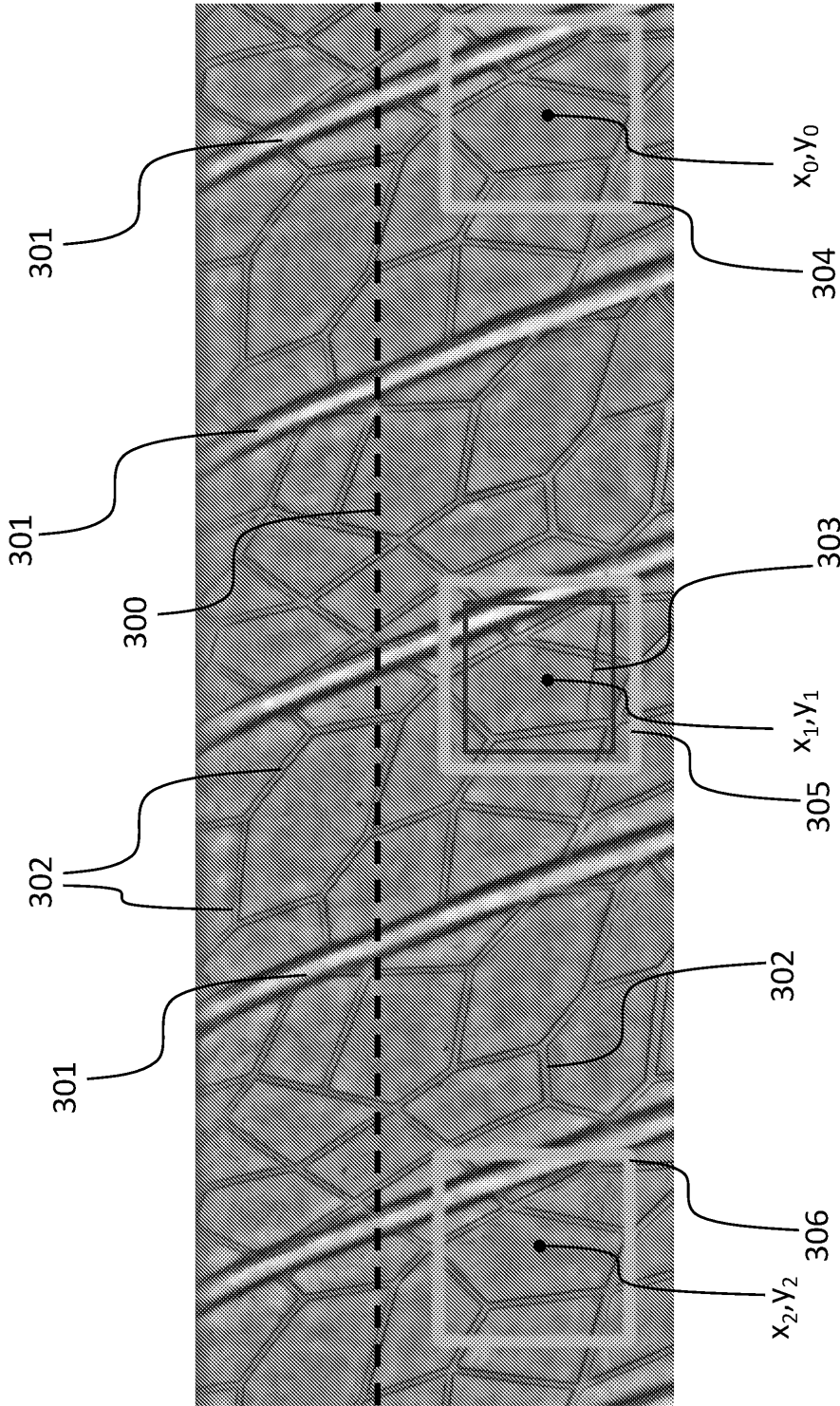
включения первого источника света, второго источника света и третьего источника света в чередующейся последовательности; и

приведения в действие линейной камеры для получения соответственно первого, второго и третьего изображений синхронно с включением соответственно первого источника света, второго источника света и третьего источника света.



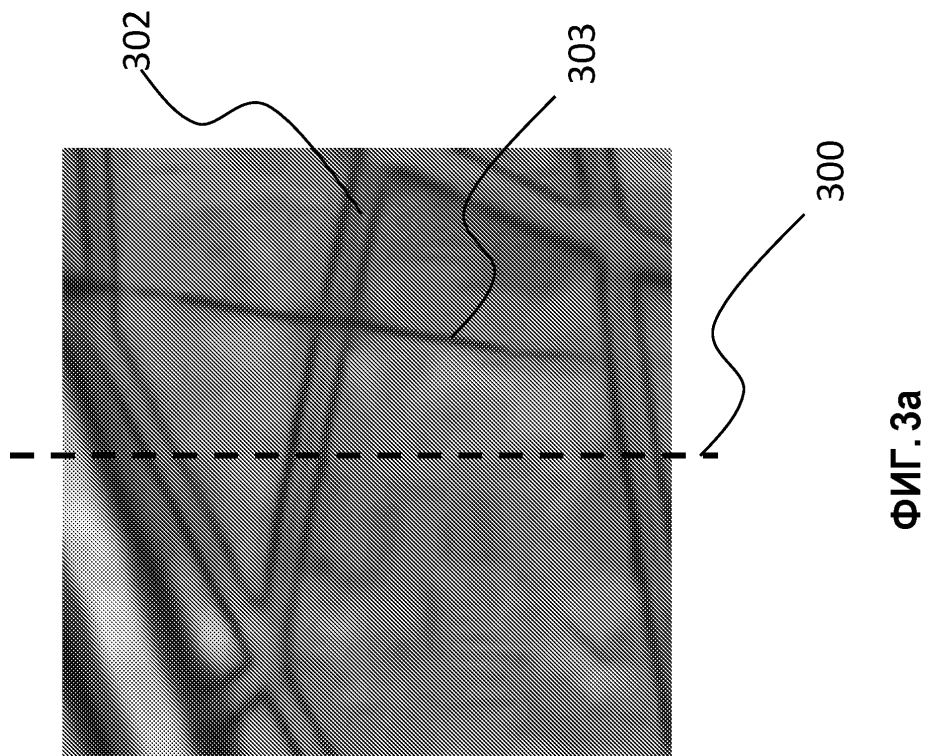


3/16

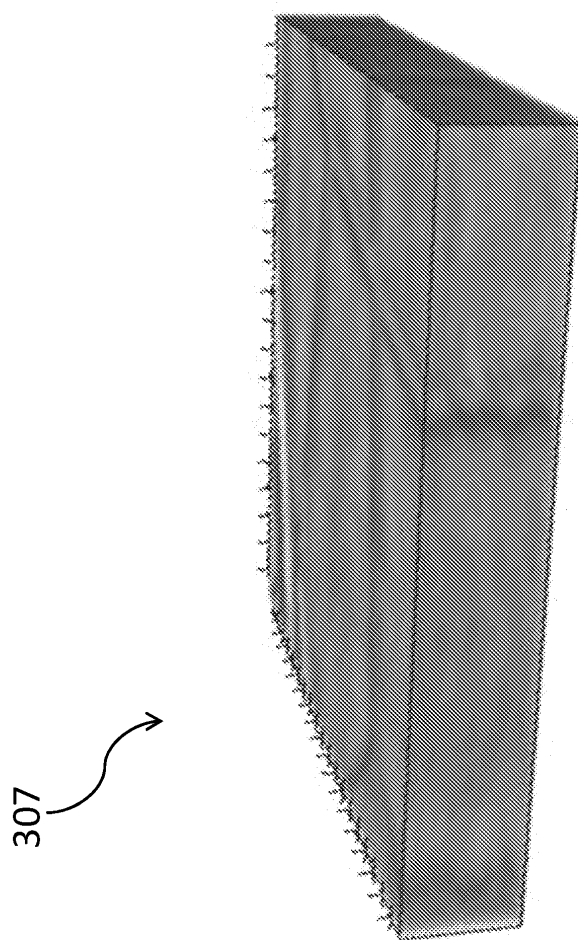


ФИГ. 3

4/16

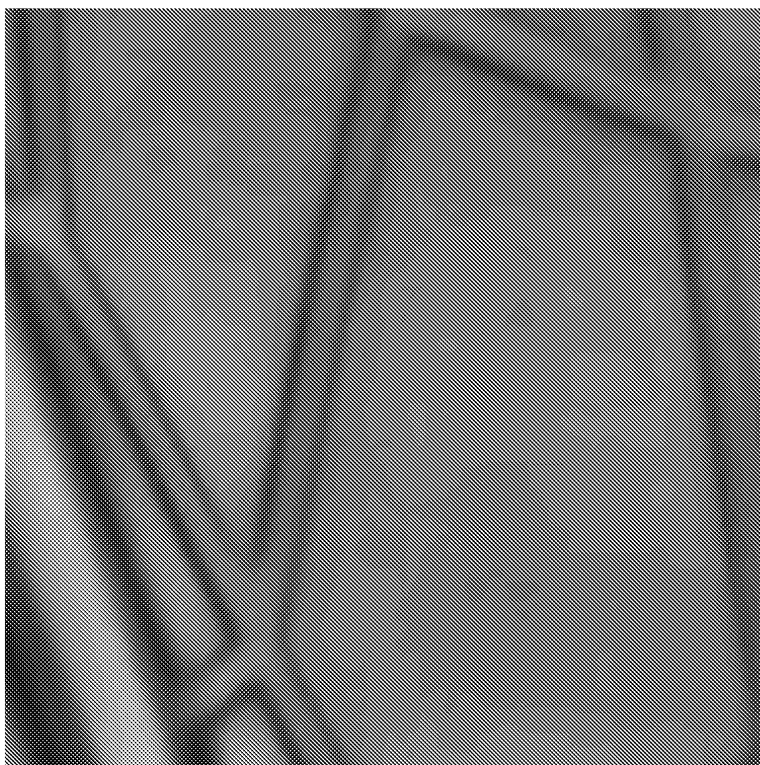


5/16



ФИГ. 4

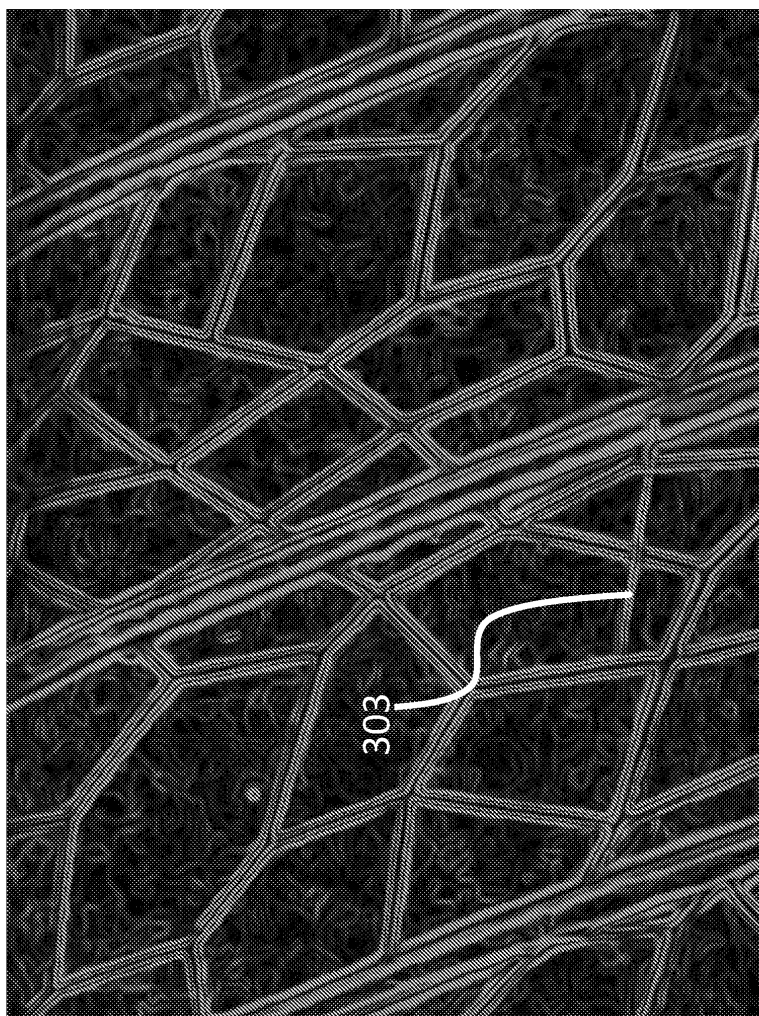
6/16



ФИГ. 5

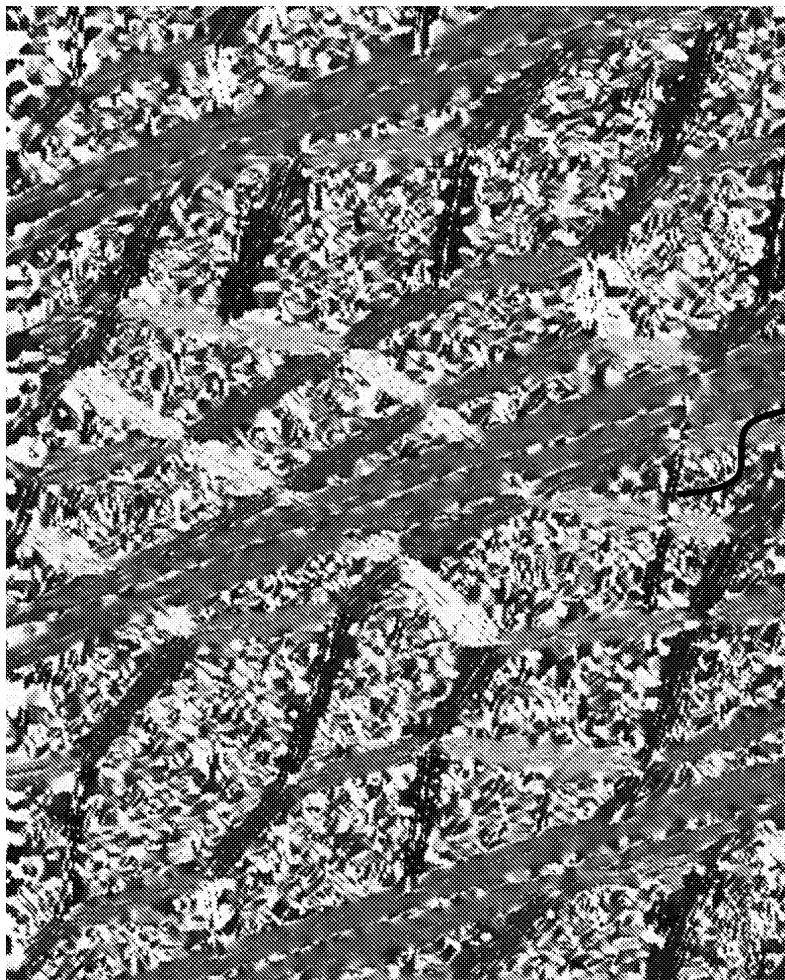
308

7/16



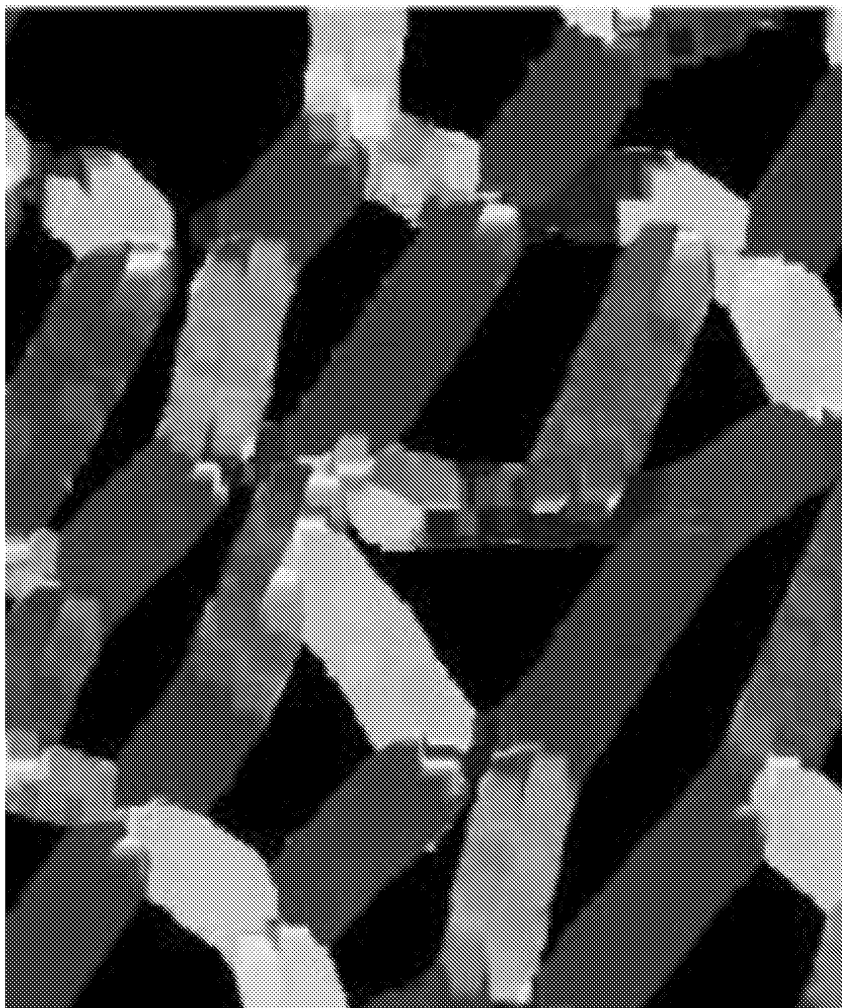
ФИГ. 6

8/16



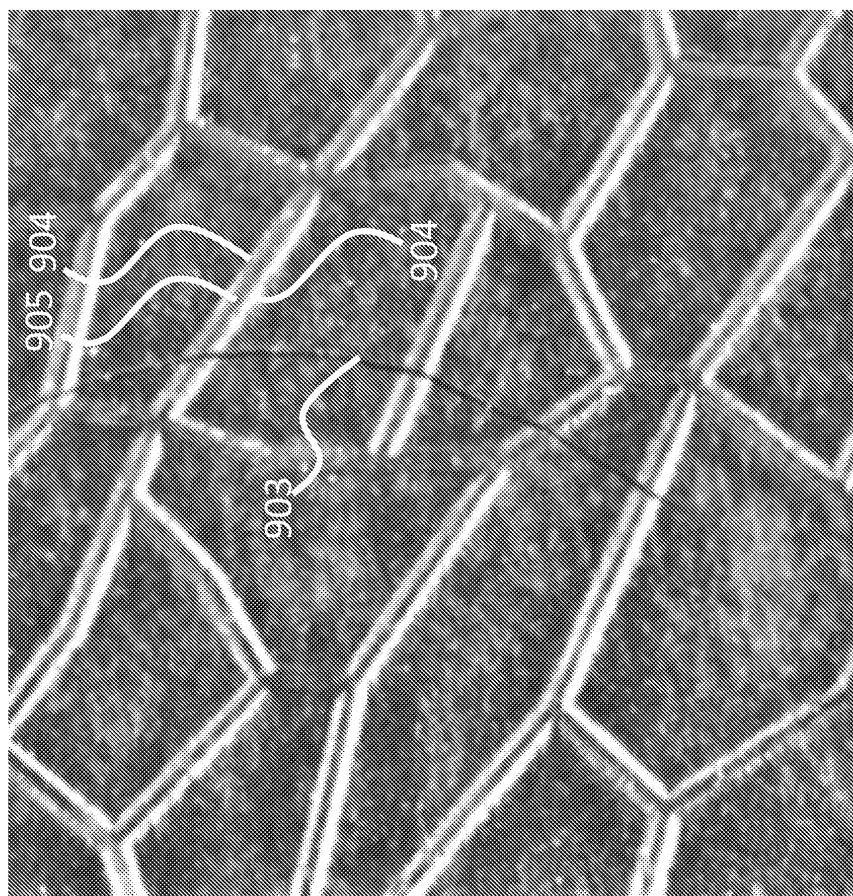
ФИГ. 7 303

9/16



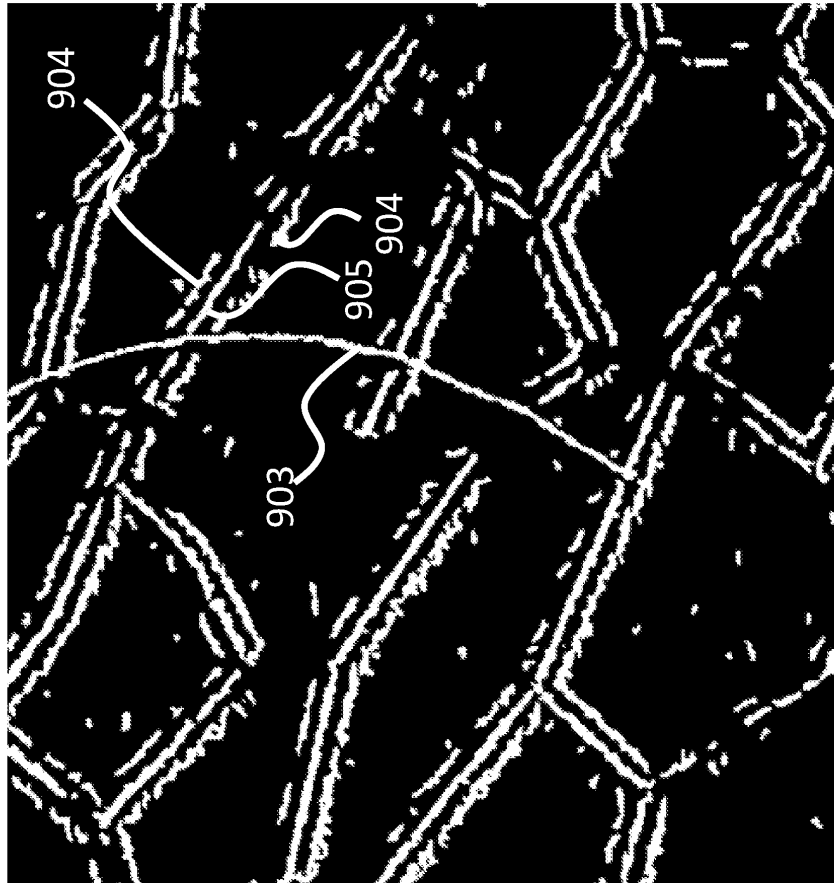
ФИГ. 8

10/16



ФИГ. 9

11/16



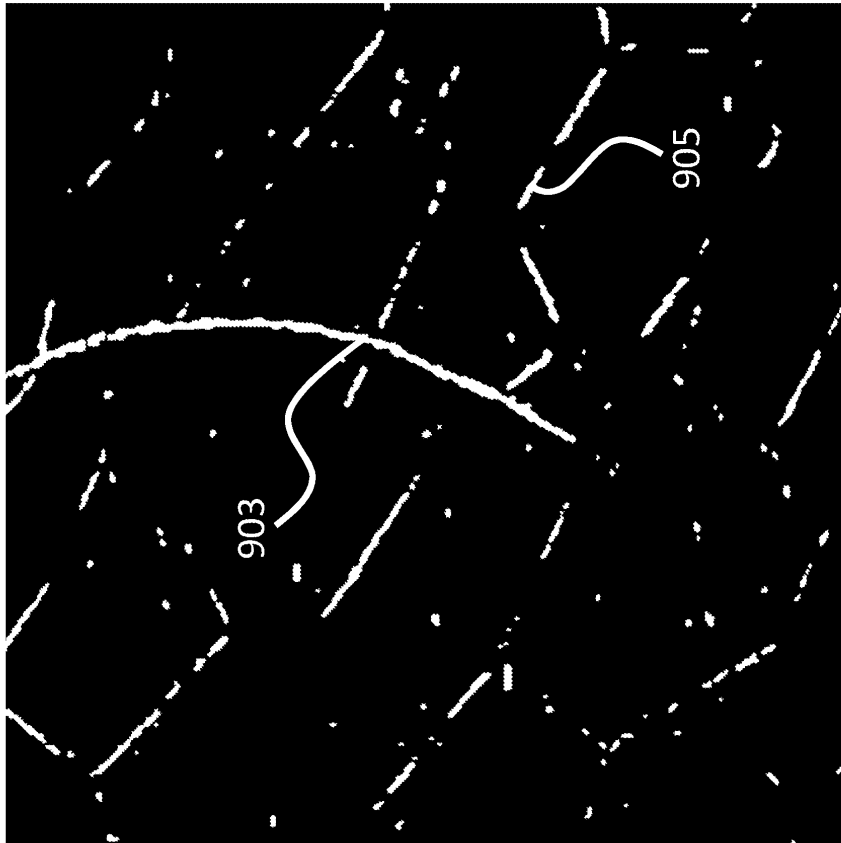
ФИГ. 10

12/16



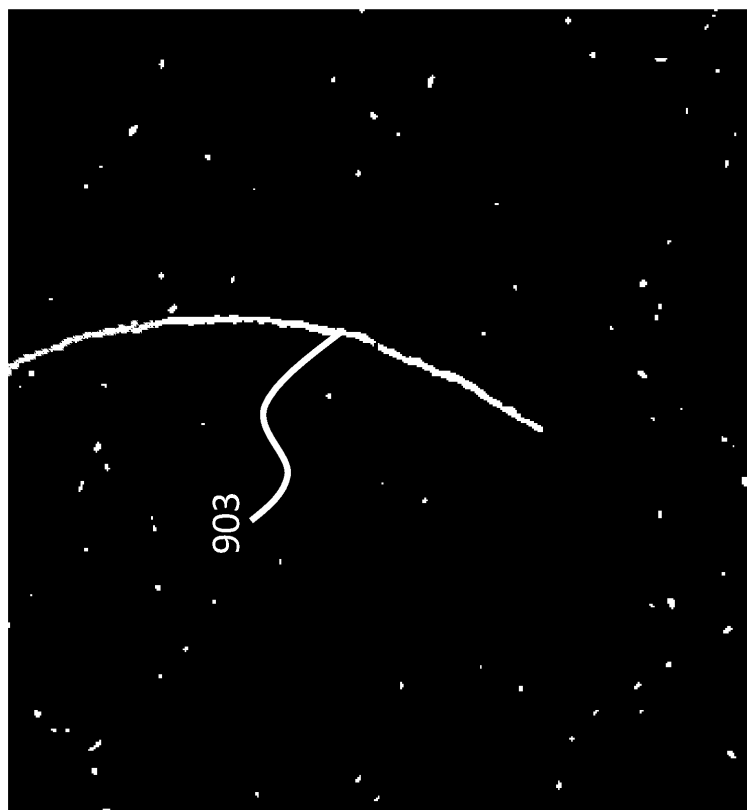
ФИГ. 11

13/16



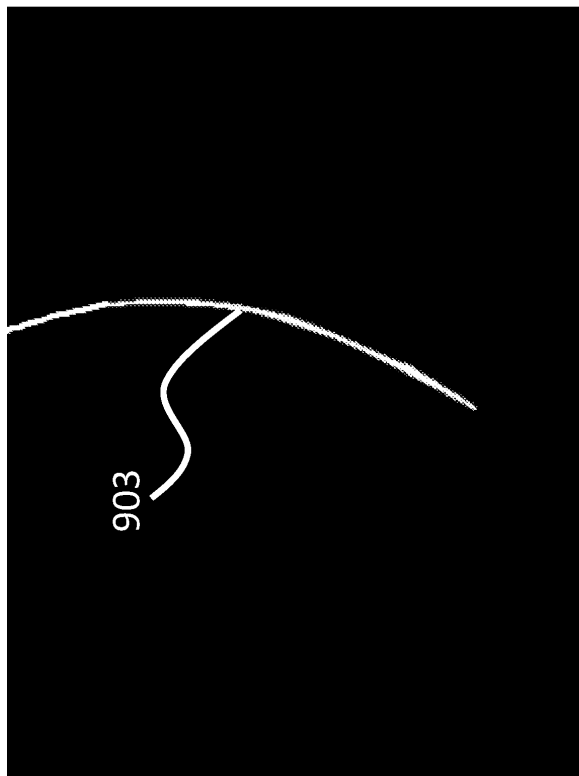
ФИГ. 12

14/16

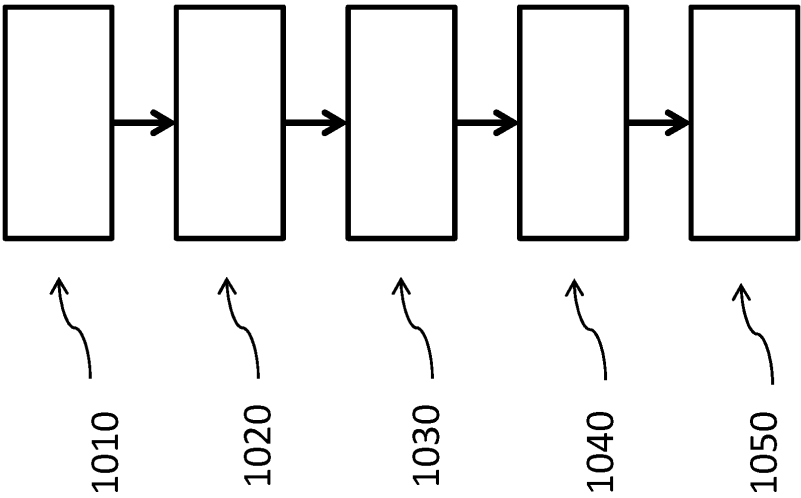


ФИГ. 13

15/16



ФИГ. 14



ФИГ. 15