

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202291385** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2022.08.05

(51) Int. Cl. *G06T 7/00* (2017.01)
G06K 9/00 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2020.11.06

(54) **ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ К
ОБОРУДОВАНИЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ**

(31) 62/932,413; 62/949,667

(72) Изобретатель:

(32) 2019.11.07; 2019.12.18

**Чавали Нилима, Пирсон Томас К.,
Сото Мануэль А., Торрес Хорхе
Дельгадо, Альварадо Рентас
Роберто К., Тапиа Хавьер О.,
Родригес-Толедо Сандра, Флорес-
Акоста Эрик Р., Перес-Варела
Освальдо, Торрес Бренда А. (US)**

(33) US

(86) PCT/US2020/059293

(87) WO 2021/092297 2021.05.14

(71) Заявитель:

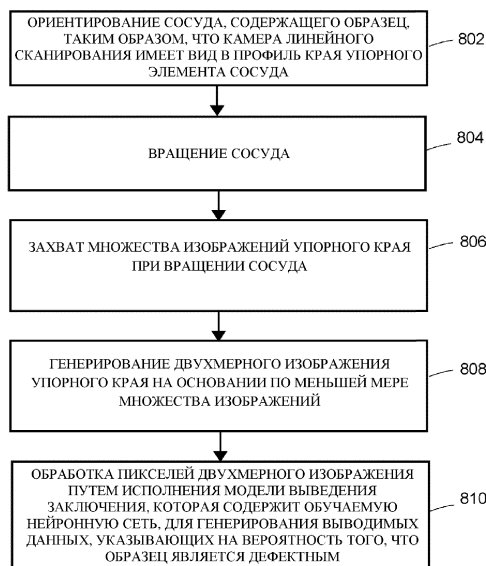
ЭМДЖЕН ИНК. (US)

(74) Представитель:

Медведев В.Н. (RU)

(57) В способе повышения точности и эффективности в автоматизированном визуальном контроле сосудов сосуд, содержащий образец, ориентируют таким образом, что камера линейного сканирования имеет вид в профиль края упорного элемента сосуда. Множество изображений края упорного элемента захватывается первой камерой линейного сканирования при вращении сосуда, где каждое изображение из множества изображений соответствует разным угловым положениям сосуда. Двухмерное изображение края упорного элемента генерируется на основании по меньшей мере множества изображений, и пиксели двухмерного изображения обрабатываются одним или несколькими процессорами, исполняющими модель выведения заключения, которая содержит обучаемую нейронную сеть, для генерирования выводимых данных, указывающих на вероятность того, что образец является дефектным.

800



A1

202291385

202291385

A1

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-573551EA/019

ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ К ОБОРУДОВАНИЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

[0001] Настоящая заявка в целом относится к системам автоматизированного визуального контроля (AVI) для фармацевтических или других продуктов и, в частности, к методам обнаружения и различения частиц и других объектов (например, пузырьков) в сосудах, наполненных образцами (например, растворами).

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0002] В некоторых контекстах, таких как процедуры контроля качества в отношении произведенных лекарственных средств, необходимо осматривать образцы (например, сосуды/емкости, такие как шприцы или флаконы, и/или их содержимое, такое как жидкость или лиофилизированные лекарственные средства) на наличие дефектов. Приемлемость конкретного образца при применимых стандартах качества может зависеть от показателей, таких как, например, тип и/или размер дефектов емкости (например, крошки или трещины) или тип, количество и/или размер нежелательных частиц в лекарственном средстве (например, волокон). Если образец имеет неприемлемые показатели, он может быть отбракован и/или забракован.

[0003] Для обработки количеств, обычно связанных с промышленным производством фармацевтических препаратов, задача по контролю на наличие дефектов все больше автоматизируется. Однако автоматизированное обнаружение твердых частиц в растворе представляет собой особую проблему в фармацевтической промышленности. Обычно трудно достичь высокой точности обнаружения, и это становится еще труднее, поскольку растворы с более высокой вязкостью препятствуют движению частиц, что в противном случае может указывать на тип частиц. Для продуктов на основе белка с составами, в которых выделяются газы, способствующие образованию пузырьков, обычные методы обнаружения частиц могут привести к особенно высокому проценту ложных отбраковок. Например, в таких методах может быть трудно отличить эти пузырьки (которые могут прилипнуть к сосуду) от тяжелых частиц, которые имеют склонность оседать на часть сосуда/прижиматься к ней (например, на поршень шприца, наполненного раствором).

[0004] Более того, специализированное оборудование, используемое для помощи в автоматизированном контроле на наличие дефектов, стало очень большим, очень сложным и очень дорогим. Одна единица оборудования промышленного масштаба может содержать множество разных станций AVI, каждая из которых обрабатывает разные специфические задачи по контролю. В качестве одного примера, оборудование промышленного масштаба в виде машины для автоматического контроля (AIM) 5023 Bosch®, которая используется для этапа проверки полного цикла производства шприцев, наполняемых лекарственным средством, содержит 14 отдельных станций визуального

контроля с 16 задачами общего контроля и множеством камер и других датчиков. В целом, такое оборудование может быть выполнено с возможностью обнаружения широкого спектра дефектов, включая дефекты целостности емкости, такие как большие трещины или укупорочные элементы емкости, косметические дефекты емкости, такие как царапины или пятна на поверхности емкости, и дефекты, связанные с самим лекарственным средством, такие как цвет жидкости или наличие посторонних частиц. Однако из-за вышеупомянутых проблем, связанных с обнаружением и определением характеристик частиц, такое оборудование может потребовать резервирования между станциями AVI. Например, в случае с оборудованием промышленного масштаба в виде AIM 5023 Bosch®, относительно низкая производительность станции контроля на «упорном крае» (для обнаружения и различения тяжелых частиц, опирающихся на колпачок поршня шприца) требует того, чтобы контроль частиц также выполнялся на другой станции AVI в «верхней части упорного элемента» с дополнительными камерами, чтобы достичь приемлемых общих уровней точности контроля частиц. Это повышает сложность и себестоимость оборудования и/или требует адаптации станции AVI в «верхней части упорного элемента» для выполнения нескольких задач по контролю, а не оптимизации для одной задачи (например, обнаружения дефектов в самом упорном элементе).

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0005] Варианты осуществления, описанные в настоящем документе, относятся к системам и способам, в которых глубокое обучение применяют к конкретному типу станции AVI (например, в оборудовании промышленного масштаба, которое может содержать несколько станций AVI), чтобы синергетически обеспечивать существенные улучшения точности (например, гораздо меньше ложных отбраковок и/или ложных срабатываний). Дополнительно или в качестве альтернативы, описанные системы и способы могут обеспечить возможность осуществления выгодных модификаций других станций AVI (например, в одном и том же оборудовании промышленного масштаба), например, позволяя другим станциям AVI сосредоточиться исключительно на других задачах и/или полностью исключая другие станции AVI.

[0006] В частности, глубокое обучение применяют к станции AVI, которая использует одну или несколько камер линейного сканирования (например, камеру (камеры) линейного сканирования CMOS) для обнаружения и различения объектов (например, пузырьков, заполненных газом, в сравнении со стеклянными и/или другими частицами), которые опираются или иным образом расположены на крае или рядом с краем упорного элемента сосуда, содержащего образец (например, лекарственное средство в виде жидкого раствора). Например, станция AVI может использовать камеру (камеры) линейного сканирования для обнаружения и различения объектов, которые расположены на поверхности или рядом с поверхностью колпачка поршня шприца, находящейся в контакте с жидким образцом внутри шприца. Камера (камеры) линейного сканирования может захватывать несколько линейных изображений по мере того, как

станция AVI поворачивает/вращает сосуд по меньшей мере на один оборот (360 градусов), после чего устройство обработки или компонент обработки внутри станции AVI (или соединенное с возможностью связи с ней) генерирует двухмерное изображение из нескольких линейных изображений.

[0007] Станция AVI или внешний компонент обработки обеспечивает значениями пикселя двухмерного изображения (например, нормализованные значения интенсивности пикселей) обучаемую нейронную сеть, которая выводит заключение о том, является ли образец в сосуде неприемлемым (например, содержит ли неприемлемые количества, размеры и/или типы частиц на отображаемом участке). Нейронную сеть можно обучать с помощью методов обучения с учителем, например с использованием широкого спектра двухмерных изображений образцов, которые известны (и промаркированы) как имеющие приемлемые или неприемлемые количества, типы, размеры и т. д. частиц и/или пузырьков, заполненных газом. Выбор и классификация изображений, используемых для обучения нейронной сети, имеют решающее значение для производительности в фазе вывода заключения. Кроме того, необходимо предусмотреть непредвиденные условия и включить их в изображения для обучения, чтобы избежать приемки дефектных блоков. Важно отметить, что обучаемая нейронная сеть или более крупная модель вывода заключения, содержащая нейронную сеть, может быть «заблокирована» до квалификации, так что модель не может быть изменена (например, дополнительно обучена) без повторной квалификации. Предпочтительно должны быть установлены и предварительно одобрены критерии приемки, чтобы убедиться в том, что система работает так же, как и при ручном визуальном контроле, или лучше.

[0008] Если станция AVI (или соединенное с возможностью связи устройство обработки) указывает, что образец является дефектным, станция AVI или оборудование промышленного масштаба, содержащее станцию AVI, обеспечивает физическую передачу сосуда/образца на участок отбраковки, где образец может быть забракован/уничтожен или перенаправлен для осуществления дальнейшего контроля (например, ручного контроля). Сосуд/образец может быть передан непосредственно на участок извлечения/отбраковки (например, мусорный бак) или может вначале пройти через одну или несколько других станций AVI в зависимости от окружающей среды. Если модель вывода заключения не указывает на то, что образец является дефектным, станция AVI или оборудование промышленного масштаба может обеспечивать передачу сосуда/образца либо непосредственно на участок, специально отведенный для принятых продуктов, либо на следующую станцию AVI для дальнейшего контроля (например, одну или несколько станций AVI, которые выполнены с возможностью обнаружения других типов дефектов образца и/или сосуда).

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

[0009] Специалисту в данной области техники будет понятно, что фигуры, описанные в настоящем документе, включены для целей иллюстрации и не ограничивают настоящее изобретение. Графические материалы не обязательно изображены в масштабе,

и вместо этого акцент делается на иллюстрацию принципов настоящего изобретения. Следует понимать, что в некоторых случаях различные аспекты описанных вариантов реализации могут быть укрупнены или увеличены для способствования пониманию описанных вариантов реализации. На графических материалах подобные ссылочные позиции на разных фигурах в целом выполняют одинаковые функции и/или являются структурно одинаковыми компонентами.

[0010] На фиг. 1 представлена упрощенная блок-схема примера оборудования промышленного масштаба, которое может реализовывать методы отображения и глубокого обучения, описанные в настоящем документе.

[0011] На фиг. 2 представлено упрощенное изображение станций AVI в оборудовании промышленного масштаба, известном из уровня техники.

[0012] На фиг. 3А и 3В изображен пример сосуда, в котором край упорного элемента сосуда отображен с использованием камеры линейного сканирования.

[0013] На фиг. 4 изображен пример двумерного изображения упорного края, которое может быть сгенерировано из линейных изображений, захваченных камерой линейного сканирования.

[0014] На фиг. 5 изображен пример нейронной сети, которая может быть использована для выведения заключения о приемлемости или неприемлемости образца на основании изображения, такого как двумерное изображение, показанное на фиг. 4.

[0015] На фиг. 6 изображены этапы примера процесса развития и квалификации для реализации глубокого обучения с помощью станции AVI.

[0016] На фиг. 7 изображены экспериментальные результаты, полученные при использовании глубокого обучения для конкретной станции AVI.

[0017] На фиг. 8 представлена схема последовательности примера способа повышения точности и эффективности в автоматизированном визуальном контроле сосудов.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

[0018] Различные концепции, представленные выше и более подробно описанные далее, могут быть реализованы многими способами, при этом описанные концепции не ограничены каким-либо определенным способом реализации. Примеры вариантов реализации представлены для иллюстративных целей.

[0019] На фиг. 1 представлена упрощенная блок-схема примера оборудования 100 промышленного масштаба AVI, которое может реализовывать методы, описанные в настоящем документе. Оборудование 100 промышленного масштаба может, например, представлять собой любое оборудование, предназначенное для промышленной эксплуатации, имеющее с N ($N \geq 1$) станций 110-1 AVI по 110-N (также совместно называемых станциями 110 AVI). В качестве более конкретного примера, оборудование 100 промышленного масштаба может представлять собой модифицированную версию оборудования промышленного масштаба в виде машины для автоматического контроля (AIM) 5023 Bosch®, которое дополнительно рассмотрено ниже со ссылкой на фиг. 2.

Каждая из станций 110 AVI может отвечать за захват изображений, которые будут использованы для контроля разных аспектов сосудов (например, шприцов, флаконов и т. д.) и/или образцов внутри сосудов (например, лекарственного средства в виде жидкого раствора). Например, первая станция 110-1 AVI может захватывать изображения вида сверху шприцов, флаконов или других сосудов для контроля на наличие трещин или крошек, вторая станция 110-2 AVI (не показана на фиг. 1) может захватывать изображения вида сбоку для контроля всего образца внутри сосудов на наличие посторонних частиц и т. д.

[0020] На фиг. 1 показаны также в форме упрощенной блок-схемы общие компоненты i -ой станции 110- i AVI, где i может представлять собой любое целое число от 1 до N . Станция 110- i AVI выполнена с возможностью визуального и автоматического контроля образца (содержимого сосуда), в частности на участке, где образец встречается/входит в контакт с краем упорного элемента сосуда. Упорный элемент может представлять собой, например, поршень шприца, или крышку, или пробку, закупоривающую отверстие флакона, и т. д. Для выполнения этого контроля станция 110- i AVI содержит систему 112 отображения, систему 114 освещения и аппаратные средства 116 для расположения образца. Следует понимать, что другие станции 110 AVI (при наличии таковых) могут в целом иметь аналогичные типы компонентов (например, системы отображения, системы освещения и аппаратные средства для расположения образца), но потенциально с разными типами и конфигурациями компонента в зависимости от назначения каждой конкретной станции 110.

[0021] Система 112 отображения содержит по меньшей мере одну камеру линейного сканирования и потенциально связанные оптические компоненты (например, дополнительные линзы, зеркала, фильтры и т. д.) для захвата линейных изображений каждого образца (лекарственное средство). Каждая из камер (камер) линейного сканирования может представлять собой, например, камеру линейного сканирования CMOS. Для удобства объяснения большая часть нижеследующего описания будет относиться только к одной камере линейного сканирования. Однако следует понимать, что могут быть использованы несколько камер линейного сканирования. Например, каждая из двух камер линейного сканирования может в одно и то же время параллельно отображать разные сосуды/образцы для увеличения пропускной способности.

[0022] Система 114 освещения содержит одно или несколько осветительных устройств для освещения каждого образца во время отображения образца камерой линейного сканирования. Осветительное устройство (устройства) может содержать один или несколько светоизлучающих диодов (LED), таких как матрица LED, размещенных, например, в виде задней подсветки.

[0023] Аппаратные средства 116 для расположения образца могут содержать любые аппаратные средства, которые удерживают (или иным образом служат опорой) и перемещают сосуды для станции 110- i AVI. В варианте осуществления, показанном на фиг. 1, аппаратные средства 116 для расположения образца содержат по меньшей мере

передающие средства 117 для ориентирования каждого сосуда таким образом, что камера линейного сканирования системы 112 отображения имеет вид в профиль края упорного элемента сосуда, и вращающие средства 118 для вращения каждого сосуда (например, поворота вокруг центральной оси сосуда) во время захвата камерой линейного сканирования линейных изображений. Передающие средства 117 могут содержать механизированный поворотный стол, подающую звезду или конвейерную систему карусельного типа, роботизированную руку и/или любой другой подходящий механизм для ориентирования (например, перемещения и расположения) каждого сосуда. Вращающие средства 118 могут содержать механизированный вращающий механизм (например, компоненты AIM 5023 Bosch®, которые обеспечивают функциональную возможность «прямого вращения» для шприца, как рассмотрено ниже со ссылкой, например, на фиг. 2). Как дополнительно рассмотрено ниже, после того, как передающие средства 117 надлежащим образом расположат/ориентируют заданный сосуд, вращающие средства 118 вращают сосуд таким образом, что камера линейного сканирования может захватывать линейные изображения, которые совместно охватывают полный обзор в 360 градусов упорного элемента на участке, где упорный элемент входит в контакт с образцом.

[0024] В некоторых вариантах осуществления аппаратные средства 116 для расположения образца также содержат аппаратные средства для переворачивания каждого сосуда (например, чтобы обеспечить то, чтобы упорный элемент был расположен под образцом, когда происходит отображение, таким образом, что тяжелые частицы, вероятно, будут опираться непосредственно на верхнюю часть упорного элемента), и/или для перемешивания образца, содержащегося в каждом сосуде. В других вариантах осуществления определенные аспекты ориентирования надлежащим образом каждого сосуда (например, переворачивания сосуда) происходят на более ранней станции 110 AVI, между более ранними станциями 110 AVI или до обработки оборудованием 100 промышленного масштаба и т. д. Различные примеры ориентации камеры линейного сканирования относительно сосуда/образца в момент, когда камера линейного сканирования захватывает изображения вращающегося образца, будут рассмотрены ниже со ссылкой на фиг. 3А и 3В.

[0025] Оборудование 100 промышленного масштаба также содержит один или несколько процессоров 120 и запоминающее устройство 122. Каждый из процессора (процессоров) 120 может представлять собой программируемый микропроцессор, который исполняет программные команды, хранящиеся в запоминающем устройстве 122, для исполнения некоторых или всех программно-управляемых функций оборудования 100 промышленного масштаба, как описано в настоящем документе. Альтернативно или дополнительно один или несколько из процессора (процессоров) 120 могут представлять собой процессоры других типов (например, специализированные интегральные микросхемы (ASIC), программируемые пользователем вентильные матрицы (FPGA) и т. д.), и некоторые функциональные возможности процессора (процессоров) 120, описанные

в настоящем документе, альтернативно могут быть реализованы в аппаратных средствах. Запоминающее устройство 122 может содержать одно или несколько энергозависимых и/или энергонезависимых запоминающих устройств. Запоминающее устройство 122 может содержать запоминающие устройства любого подходящего типа или типов, такие как постоянное запоминающее устройство (ROM), оперативное запоминающее устройство (RAM), флеш-память, твердотельный накопитель (SSD), накопитель на жестком диске (HDD) и т. д. В совокупности запоминающее устройство 122 может хранить одно или несколько программных приложений, данные, принятые/используемые этими приложениями, и данные, выводимые/генерируемые этими приложениями.

[0026] Процессор (процессоры) 120 и запоминающее устройство 122 совместно составляют средства обработки для управления/автоматизации работы станций 110 AVI и для обработки изображений, захваченных/сгенерированных станциями 110 AVI, для обнаружения соответствующих типов дефектов в отношении сосудов и/или содержимого сосудов (например, образцов лекарственного средства). В частности, для станции 110-*i* AVI средства (120, 122) обработки выполнены с возможностью (1) заставлять систему 112 отображения захватывать изображения упорного края сосуда в нужное время, когда вращающие средства 118 вращают сосуд, (2) генерировать двухмерное изображение упорного края на основании набора изображений, захваченных системой 112 отображения, и (3) обрабатывать пиксели (например, значения интенсивности пикселей) полученного в результате двухмерного изображения с использованием обучаемой нейронной сети для генерирования выводимых данных, как будет рассмотрено более подробно ниже. В альтернативном варианте осуществления функциональная возможность процессора (процессоров) 120 и/или запоминающего устройства 122 распределена соответственно среди *N* разных блоков обработки и/или блоков запоминающих устройств, каждый из которых относится к разным станциям со станции 110-1 AVI по 110-*N*. В еще одном варианте осуществления некоторые из функциональных возможностей процессора (процессоров) 120 и запоминающего устройства 122 (например, для передачи, вращения и/или отображения образцов) распределены среди станций 110 AVI, в то время как другая функциональная возможность процессора (процессоров) 120 и запоминающего устройства 122 (например, для генерирования двухмерных изображений из камеры линейного сканирования изображения и/или обработки двухмерных изображений для обнаружения дефектов и т. д.) выполняются в централизованном месте обработки. В некоторых вариантах осуществления по меньшей мере некоторая часть из процессора (процессоров) 120 и/или запоминающего устройства 122 включена в вычислительную систему, которая является внешней по отношению к (и, возможно, удаленной от) оборудованию 100 промышленного масштаба.

[0027] В запоминающем устройстве 122 хранятся изображения 124 сосуда/образца, захваченные станциями 110 AVI, и также хранится код 126 AVI, который при исполнении процессором (процессорами) 120 заставляет станции 110 AVI выполнять их соответствующие функции, как рассмотрено выше. Для станции 110-*i* AVI, например, код

126 AVI содержит соответствующую часть, обозначенную на фиг. 1 как код 128. В качестве примера одного варианта осуществления код 128 может запускать систему 112 отображения для захвата изображений линейного сканирования, когда образцы освещаются системой 114 освещения и вращаются вращающимися средствами 118, и может управлять аппаратными средствами 116 для расположения образца для размещения сосуда в правильном положении в надлежащее время. После того, как изображения захвачены и сохранены внутри изображений 124, код 128 обрабатывает соответствующие изображения 124 для обнаружения дефектов, связанных со станцией 310-i (например, на основании количества, размера и/или типа частиц и/или других объектов, таких как пузырьки). Как отмечалось выше, в некоторых вариантах осуществления часть кода 128, который обрабатывает изображения, может выполняться процессором, компонентом и/или устройством, отличным от части (частей) кода 128, которая управляет передачей, отображением, вращением и т. д.

[0028] Как видно на фиг. 1, код 128 для станции 110-i AVI содержит блок 134 перемещения образца и захвата изображения, который генерирует команды/сигналы, чтобы управлять передающими средствами 117 и вращающимися средствами 118, как рассмотрено выше. Код 128 также содержит блок 136 генерирования изображения, который создает/генерирует разные двухмерные изображения из камеры линейного сканирования изображения для каждого отдельного сосуда. Дополнительно код 128 содержит блок 138 модели вывода заключения, который обрабатывает двухмерное изображение, сгенерированное блоком 136 генерирования изображения с использованием модели вывода заключения. Модель вывода заключения содержит (и, возможно, полностью состоит из) обучаемую нейронную сеть, которая обрабатывает пиксели (например, значения интенсивности и, возможно, значения цвета) для генерирования выводимых данных, указывающих на то, обнаруживает ли конкретный образец, по всей вероятности, дефект (например, имеет ли, по всей вероятности, неприемлемые количества, размеры и/или типы частиц на упорном крае или рядом с ним). Нейронная сеть и ее обучение согласно различным примерам вариантов осуществления рассмотрены дополнительно ниже со ссылкой на фиг. 5 и 6.

[0029] На фиг. 2 изображено в упрощенной форме существующее (известное из уровня техники) оборудование 200 промышленного масштаба и, в частности, модель AIM 5023 Bosch®. В одном варианте осуществления оборудование 200 промышленного масштаба усовершенствуют или модифицируют с использованием методов, описанных в настоящем документе. То есть оборудование 200 промышленного масштаба после модификации таким образом (например, путем усовершенствований на месте или полной переработки конструкции продукта) может быть использовано как оборудование 100 промышленного масштаба, показанное на фиг. 1.

[0030] В рабочем режиме оборудование 200 (AIM 5023 Bosch®) в целом отвечает за транспортировку, контроль и сортировку шприцов, заполненных раствором (лекарственным средством). Оборудование 200 принимает шприцы от машины для

извлечения шприцов (например, машины для извлечения шприцов Kyoto® G176) посредством ряда подающих винтов и подающих звезд, после чего автоматический контроль начинается в подающем блоке (блоке предварительного контроля) и продолжается в главном блоке. Подающий и главный блоки имеют различные станции AVI, которые показаны на фиг. 2 как станции 202 (причем некоторые станции 202 совмещены, как обозначено двумя номерами ссылочных позиций на одной станции). Следует понимать, что на фиг. 2 не ставится целью точно или полностью воссоздать компоновку и компоненты AIM 5023 Bosch®. Например, различные подающие звезды, баки для выброса и другие компоненты не показаны, и относительное расположение, изображенное для различных станций 202 AVI, не является точно правильным.

[0031] В подающем блоке оборудование 200 промышленного масштаба содержит три станции предварительного контроля вдоль поворотной подающей звезды 212A: (1) станцию 202-1 контроля изогнутого экрана иглы с камерами прибора с зарядовой связью (CCD) (называемыми камерами «С01-1» и «С01-2»); (2) станцию 202-2 контроля фланца с камерой CCD (называемой камерой «С02»); и (3) станцию 202-3 наличия/цвета упорного элемента с камерой CCD (называемой камерой «С03»). Этот предварительный контроль основан на комбинации технологий, которые содержат камеры CCD, стабильные источники света и процессоры изображения. Шприцы, признанные дефектными в любой из этих станций с 202-1 по 202-3, сбрасываются (посредством подающей звезды 212A и другой подающей звезды 212B) в участок/бак извлечения без поворачивания или переноса в главный блок. Однако блоки, которые проходят этот контроль, переворачиваются и транспортируются в главный блок оборудования 200 посредством подающей звезды 212C.

[0032] В главном блоке оборудование 200 промышленного масштаба содержит 13 станций контроля вдоль трех поворотных столов 210A-210C, соединенных двумя подающими звездами 212D и 212E. В частности, две станции контроля расположены вдоль поворотного стола 210A: (1) станция 202-4 контроля мутности с камерой CCD (называемой камерой «С04»); и (2) станция 202-5 контроля цвета жидкости с камерой CCD (называемой камерой «С05»). Пять станций контроля расположены вдоль поворотного стола 210B: (1) станция 202-6 контроля корпуса/волокон с камерами CCD (называемыми камерами «С1-1» и «С1-2»); (2) станция 202-7 контроля корпуса (подвижной частицы) с камерами CCD (называемыми камерами «С2-1» и «С2-2»); (3) станция 202-8 контроля упорного края с камерами линейного сканирования CMOS (называемыми камерами «С3-1» и «С3-2»); (4) станция 202-9 контроля боковой части упорного элемента с камерами CCD (называемыми камерами «С4-1» и «С4-2»); и (5) станция 202-10 контроля верхней части упорного элемента с камерами CCD (называемыми камерами «С5-1» и «С5-2»). На подающей звезде 212E между поворотными столами 210B и 210C расположена станция 202-11 контроля цвета экрана иглы с камерой CCD (называемой камерой «С06»). Еще пять станций контроля расположены вдоль поворотного стола 210C: (1) станция 202-12 контроля частиц с камерами CCD (называемыми камерами «С6-1» и «С6-2»); (2) станция 202-13 контроля частиц с

использованием датчиков статического разделения (SDx) третьего поколения (называемых датчиками «SD1-1» и «SD1-2»); (3) станция 202-14 контроля частиц с камерами CCD (называемыми камерами «C7-1» и «C7-2»); (4) станция 202-15 контроля частиц с использованием датчиков SDx (называемых датчиками «SD2-1» и «SD2-2»); и (5) станция 202-16 контроля уровня наполнения/воздушного зазора с камерой CCD (называемой камерой «C8»).

[0033] Различные станции с 202-4 по 202-16 оборудования 200 контролируют шприцы по мере того, как шприцы транспортируются посредством главного блока. Как часть транспортировки, шприцы прочно удерживаются свободно вращающимися элементами крепления основания и крышками для вращения. На поворотном столе 210А двигатели для вращения размещены на периферийном участке стола 210А, чтобы задавать надлежащее вращение для рассеивания пузырьков и контроля с использованием фрикционных ремней, которые вращают сборки из элементов крепления основания. Поворотный стол 210В оснащен ионизатором с воздушным шабером, который продувает ионизированный воздух на шприц для удаления любых внешних частиц или пыли. На поворотном столе 210В и 210С вал элемента крепления основания для каждого места расположения шприца оснащен функцией прямого вращения для надлежащего контроля видимых частиц в растворе. Каждый элемент крепления основания может вращаться индивидуально на высокой или низкой скорости, по часовой стрелке или против часовой стрелки.

[0034] После обработки посредством всех станций контроля главного блока шприцы выгружаются и сортируются либо на маршрут «приемки», который будет транспортироваться на другой участок и собираться расположенной ниже по потоку машиной (например, Kyoto® G176 Auto Trayer), или на один из трех участков/станций извлечения. Каждая станция извлечения имеет переключаемый вручную направляющий рельс извлечения для выгрузки. Различные поворотные столы и/или подающие звезды могут служить в качестве средств для передачи конкретного сосуда на специально отведенный участок отбраковки. По отношению к станции 202-8, например, подающие звезды 212Е, 212F, 212G и поворотный стол 210С, и, возможно, другая подающая звезда, направляющие рельсы, и/или другие механизмы, могут обеспечивать средства для передачи сосуда/образца, отбракованного на станции 202-8, на соответствующий участок извлечения/отбраковки.

[0035] Если обратиться вновь к фиг. 1, в одном варианте осуществления оборудование 100 промышленного масштаба переделано в оборудование 200, и станция 202-8 контроля упорного края переделана в станцию 110-і AVI (например, с камерой (камерами) линейного сканирования системы 112 отображения, включая одну или обе из камер «С3-1» и «С3-2»). Также в этом варианте осуществления передающие средства 117 содержат поворотный стол 210В (и, возможно, также блок, который переворачивает каждый шприц), и вращающие средства 118 содержат свободно вращающиеся элементы крепления основания, крышки для вращения, двигатели для вращения и фрикционные

ремни, рассмотренные выше. В таком варианте осуществления благодаря, в частности, улучшенной точности станции 202-8 контроля упорного края станцией 202-10 контроля верхней части упорного элемента можно пренебречь, или она также может быть модифицирована (например, таким образом, чтобы сосредоточиться на обнаружении дефектов упорного элемента, а не контроле частиц, тем самым потенциально улучшая точность обнаружения станции 202-10, а также станции 202-8).

[0036] На фиг. 3А и 3В изображен пример сосуда (шприца) 300, в котором упорный элемент (поршень) 310 в целом цилиндрической стенке 312 и, в частности, край колпачка 314 поршня (то есть место, где колпачок 314 встречается с раствором в шприце 300), может быть отображен с использованием камеры линейного сканирования, такой как камера линейного сканирования системы 112 отображения. Стенка 312, в которой расположен поршень 310, может быть изготовлена из полупрозрачного пластика, стекла или любого другого подходящего материала. В конкретной ориентации, показанной на фиг. 3А и 3В (то есть с поршнем 310 на нижней стороне шприца 300), любые большие воздушные карманы в образце/растворе внутри шприца 300 должны быть значительно выше колпачка 314 поршня у противоположного (игольчатого) конца шприца 300.

[0037] Как проиллюстрировано в увеличенной врезке, показанной на фиг. 3А, камера линейного сканирования системы 112 отображения ориентирована таким образом, что для каждого углового положения шприца 300 камера захватывает одно вертикальное линейное изображение (также иногда называемое в настоящем документе просто «изображением»), соответствующее участку 322. Каждое линейное изображение захватывает только то, что находится в пределах очень узкого среза/участка 322 во время захвата изображения. На фиг. 3А, например, первое линейное изображение может захватывать одну часть объекта 330 (например, частицы или пузырька), тогда как второе линейное изображение (если вращение происходит против часовой стрелки от вида сверху) может захватывать другую часть объекта 330. По мере того, как шприц 300 вращается на 360 градусов вращения (например, посредством вращающих средств 118), камера линейного сканирования захватывает достаточно линейных изображений (вертикальные срезы/пучки пикселей) для охвата всего края колпачка 314 поршня 310, при условии, что изображения захватываются с достаточно малым шагом вращения (например, каждый 1 градус или каждые 3 градуса, и т. д. в зависимости от ширины изображения для камеры линейного сканирования).

[0038] Как проиллюстрировано на фиг. 3В, камера линейного сканирования может быть слегка наклонена вверх относительно горизонтальной плоскости (например, относительно плоскости фланца шприца 300), чтобы соответствовать или приблизительно соответствовать наклону колпачка 314 поршня. Таким путем частицы, пузырьки или другие объекты, находящиеся в любом месте вдоль наклона колпачка 314 (например, возле вершины, возле стенки 312 или приблизительно между ними), можно увидеть/изобразить в резком рельефе на относительно светлом фоне, обеспечиваемом освещенным раствором внутри шприца 300. Также возможны другие ориентации камеры

линейного сканирования относительно шприца 300.

[0039] На фиг. 4 изображен пример двухмерного изображения 400, которое может быть сгенерировано из линейных изображений (например, вертикальных пучков пикселей), захваченных камерой линейного сканирования (например, по мере того, как вращающиеся средства 118 поворачивают шприц 300, показанный на фиг. 3, на по меньшей мере 360 градусов). На изображении 400 изображен упорный край 402 (с полупрозрачным раствором над ним), и оно может быть сгенерировано блоком 136 генерирования изображения, показанным, например, на фиг. 1. В примере изображения 400 два объекта 410, 412, опирающиеся на упорный край 402 (здесь пузырек и частица стекла соответственно), видны с относительной четкостью благодаря виду в профиль. Упорный край 402 может представлять собой край колпачка 314 поршня, и объект 410 или 412 может представлять собой объект 330, показанный, например, на фиг. 3А и 3В.

[0040] На фиг. 5 изображен пример нейронной сети 500, которая может быть использована для выведения заключения о приемлемости или неприемлемости на основании двухмерного изображения, такого как двухмерное изображение 400, показанное, например, на фиг. 4. Нейронная сеть 500 может представлять собой обучаемую нейронную сеть, которая образует (или входит в состав) модель выведения заключения, реализуемую блоком 138 модели выведения заключения, показанным, например, на фиг. 1. Нейронная сеть 500 может представлять собой сверточную нейронную сеть (CNN) или нейронную сеть другого подходящего типа. Как видно на фиг. 5, примерная нейронная сеть 500 содержит входной слой 510, три скрытых слоя 512 и выходной слой 514, каждый из которых содержит количество узловых точек или «нейронов». Следует понимать, что в других вариантах осуществления нейронная сеть 500 может содержать больше или меньше, чем три скрытых слоя 512, и/или каждый слой может содержать больше или меньше узловых точек/нейронов, чем показано на фиг. 5.

[0041] Нейронную сеть 500 обучают для выведения заключения о том, является ли конкретное двухмерное изображение (например, изображение 400) приемлемым или неприемлемым. Следует понимать, что «приемлемый» может означать или может не означать, что соответствующий образец не требует дополнительного контроля, и что «неприемлемый» может означать или может не означать, что соответствующий образец должен быть забракован. В оборудовании 100 промышленного масштаба, например, для того, чтобы сосуд/образец как одно целое прошел контроль качества, может быть необходимым, чтобы сосуд/образец успешно «прошел» контроль на каждой из станций AVI с 110-1 по 110-N, в случае чего выходной результат в виде «приемлемый» на станции 110-i AVI не обязательно означает, что соответствующий сосуд/образец является пригодным к использованию (например, подходящим для коммерческой продажи или другого использования). В качестве другого примера, в некоторых вариантах осуществления выходной результат в виде «неприемлемый» на станции 110-i AVI означает, что сосуд/образец должен быть подвергнут дополнительному (например, ручному) контролю, и не обязательно должен быть отбракован или забракован.

[0042] Со ссылкой на оборудование 100 промышленного масштаба, показанное на фиг. 1, блок 138 модели вывода заключения может выдавать значения (например, значения интенсивности и, возможно, значения цвета RGB) разных пикселей 502 изображения 400 разным нейронам/узловым точкам входного слоя 510. В некоторых вариантах осуществления блок 138 модели вывода заключения может предварительно обрабатывать значения пикселей (например, значения интенсивности и/или значения цвета между 0 и 255 и т. д.) до применения этих значений ко входному слою 510. В качестве одного простого примера, блок 138 модели вывода заключения может преобразовывать каждое значение пикселя в нормализованное значение от 0 до 1. Также возможна другая предварительная обработка (например, усреднение значений нескольких пикселей в пределах поднаборов пикселей или первая вырезка пикселей для относительно больших участков изображения 400, в которых значение интенсивности не изменяется более чем на пороговую величину и поэтому, вероятно, представляет корпус упорного элемента и т. д.).

[0043] Тогда как на фиг. 5 показаны только четыре значения пикселя, выдаваемых четырем нейронам входного слоя 510, при этом в других вариантах осуществления большему количеству нейронов входного слоя 510 выдается больше значений пикселей, так что нейронная сеть 500 обрабатывает изображение 400 большими поднаборами или «кусками». В любом случае блок 138 модели вывода заключения может в некоторых вариантах осуществления определять, что изображение 400 является «приемлемым», только если нейронная сеть 500 определит, что каждый поднабор 502 пикселей по отдельности является приемлемым. В других более сложных вариантах осуществления нейронная сеть 500 может содержать более двух нейронов на выходном слое 514, чтобы отражать промежуточные вероятности того, что непузырьковые частицы изображены в данном поднаборе пикселей, и блок 138 модели вывода заключения может совместно обрабатывать результаты для всех поднаборов пикселей, чтобы определить, представляет ли в целом изображение 400 приемлемый или неприемлемый образец (в частности, на упорном крае). В еще других вариантах осуществления нейронная сеть 500 имеет много нейронов на входном слое 510, чтобы обрабатывать все изображение 400 одновременно (или все пиксели в пределах узкой горизонтальной полосы, где упорный элемент встречается с образцом/раствором на изображении 400, и т. д.).

[0044] В некоторых вариантах осуществления каждая линия, соединяющая первый нейрон со вторым нейроном в нейронной сети 500, связана с весом, значение которого определяется в процессе обучения (дополнительно рассмотрено ниже). Нейронная сеть 500 умножает значение/выход «исходного» нейрона (т. е. левой стороны соединения, как видно на фиг. 5) на этот вес и предоставляет умноженное значение в качестве входа в функцию, вычисленную на «конечном» нейроне (т. е. правой стороне соединения, как видно на фиг. 5). Более того, каждый нейрон каждого скрытого слоя 512 может быть связан с «функцией активации», которая действует на входы от предыдущего слоя 510 или 512. Например, каждый нейрон скрытого слоя 512 может применять функцию:

$$a_j^i = \sigma(\sum_k (a_k^{i-1} * w_{jk}^i) + b_j^i)$$

где:

a_j^i = значение активации $j^{\text{го}}$ нейрона в $i^{\text{м}}$ слое;

$\sigma(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$ (сигмоидная функция);

w_{jk}^i = величина веса между $k^{\text{ым}}$ нейроном в $(i-1)^{\text{м}}$ слое и $j^{\text{ым}}$ нейрон в $i^{\text{м}}$ слое; и

b_j^i = смещение $j^{\text{го}}$ нейрона в $i^{\text{м}}$ слое.

В качестве альтернативы, на каждом нейроне скрытых слоев 512 может быть применена функция, отличная от сигмоидной функции, такая как, например, функция гиперболического тангенса (Tanh) или функция выпрямленной линейной единицы (ReLU).

[0045] Следует понимать, что возможны многие другие варианты осуществления в отношении расположения нейронной сети 500, способа предварительной обработки значений пикселей (например, усреднение, сегментация и т. д.) и/или предоставления их нейронной сети 500, а также способа обработки или иного использования выходов нейронной сети 500 блоком 138 модели вывода заключения.

[0046] Нейронная сеть 500 может быть обучена с использованием обучения с учителем. В частности, нейронная сеть 500 может быть обучена с использованием больших наборов двумерных изображений (например, каждое из которых аналогично изображению 400), на которых изображены упорные края на границе взаимодействия раствора/упорного элемента с широким выбором разных условий. Например, обучающие изображения могут включать много разных количеств, размеров, типов и положений частиц и/или пузырьков, и, возможно, разные типы растворов (например, с разными уровнями прозрачности и, возможно, разной вязкостью) и/или другие вариации. Более того, каждое обучающее изображение маркируется таким образом, что соответствует одному правильному или «истинному» выходу из набора доступных выходов, предоставляемых нейронной сетью 500 (например, на фиг. 5, «приемлемое» или «не приемлемое»). Маркировка должна быть выполнена тщательно (например, путем ручного контроля и, возможно, лабораторных испытаний), чтобы убедиться в правильности каждой маркировки. Путем использования обучающих образцов с достаточно широким диапазоном условий нейронная сеть 500 может надежно отличать объекты, которые традиционно было трудно различать, например, тяжелые частицы (например, частицы стекла) от пузырьков, заполненных газом.

[0047] Как только набор данных для обучения станет полным, нейронная сеть 500 может быть обучена. Можно использовать любой подходящий метод обучения. Например, нейронная сеть 500 может быть обучена для каждого обучающего изображения с помощью известных методов прямого распространения, расчета ошибки на основании результатов вывода заключения (например, среднеквадратичной ошибки (MSE)) и обратного распространения с использованием метода градиентного спуска.

[0048] На более высоком уровне на фиг. 6 изображен пример процесса 600 развития и квалификации для реализации глубокого обучения со станцией AVI, такой как станция 110-i, показанная на фиг. 1. В фазе развития процесса 600 данные 602 маркированного изображения генерируются и/или собираются для целей обучения. Данные 602 должны быть тщательно обработаны и могут включать многочисленные двумерные изображения, на которых изображены упорные края на границе взаимодействия раствора/упорного элемента, с широким набором разных условий (например, размеры/типы частиц, пузырьки и т. д.), как описано выше. На этапе 604 алгоритм машинного обучения работает с данными маркированного изображения для обучения нейронной сети (например, нейронной сети 500, как рассмотрено выше).

[0049] После обучения нейронной сети на этапе квалификации процесса 600 данные 610 изображения (отличные от данных 602 изображения) вводятся в обучаемую модель на этапе 612. «Обучаемая модель» может представлять собой исключительно нейронную сеть или может включать некоторое дополнительное моделирование или обработку (например, предварительную обработку данных изображения перед вводом данных изображения в обучаемую нейронную сеть). На протяжении всей квалификации обучаемая модель «заблокирована». То есть, чтобы гарантировать, что результаты квалификации остаются достоверными, модель может не быть изменена во время или после этапа квалификации. Это исключает, например, уточнение нейронной сети с помощью дополнительных обучающих данных, что позволяет избежать риска ухудшения производительности нейронной сети (например, если дополнительные обучающие изображения были неправильно промаркированы и т. д.).

[0050] На этапе 614 для целей квалификации наблюдают за результатами вывода заключения. Если результаты указывают приемлемый уровень точности (например, достаточно низкий процент ложных положительных и/или отрицательных результатов при достаточно большом объеме выборки), квалификация является успешной, и модель может быть использована в производстве. Если модель изменяется в любое время (например, путем дальнейшего обучения/уточнения модели с использованием изображений, отображающих новые условия), этап квалификации, как правило, должен быть повторен.

[0051] На фиг. 7 изображены экспериментальные результаты 700, 720, которые были получены с использованием глубокого обучения, основанного на нейронной сети, для станции контроля упорного края (например, аналогично станции 202-8 контроля упорного края оборудования промышленного масштаба в виде AIM 5023 Bosch® на фиг. 2). Как видно из результатов 700 и результатов 720, глубокое обучение обеспечило приблизительно 500%-ное (5-кратное) увеличение способности к обнаружению и приблизительно 50%-ное уменьшение ложных отбраковок для этой конкретной станции по сравнению с работой станции без способности к глубокому обучению.

[0052] На фиг. 8 представлена схема последовательности примера способа 800 повышения точности и эффективности в автоматизированном визуальном контроле

сосудов (например, шприцов, флаконов и т. д.). Способ 800 может быть реализован станцией 110-i AVI, показанной на фиг. 1, и процессором (процессорами) 120, исполняющим код 128 AVI, например, в запоминающем устройстве 122.

[0053] В способе 800 в узле 802 сосуд, содержащий образец (например, лекарственное средство в виде жидкого раствора), ориентируют таким образом, что камера линейного сканирования имеет вид в профиль края упорного элемента (например, поршня или пробки) сосуда. Например, сосуд может быть расположен относительно камеры линейного сканирования, как указано на фиг. 3А и 3В. Узел 802 может быть выполнен передающими средствами 117, показанными на фиг. 1, в ответ на команды, сгенерированные процессором (процессорами) 120, исполняющим, например, блок 134 перемещения образца и захвата изображения.

[0054] В узле 804 сосуд вращается, например, вращающими средствами 118 в ответ на команды, сгенерированные процессором (процессорами) 120, исполняющим блок 134 перемещения образца и захвата изображения. В узле 806, когда сосуд вращается (например, на по меньшей мере один полный оборот на 360 градусов), множество изображений упорного края захватываются с использованием камеры линейного сканирования (например, камеры линейного сканирования системы 112 отображения). Каждое изображение захватывается при разном угловом положении сосуда. Подразумевается, что, как это выражение используется в настоящем документе, изображения могут захватываться «во время вращения сосуда», даже если изображения захватываются в моменты времени, когда сосуд остановился. Например, время каждого захвата изображения камерой линейного сканирования может в некоторых вариантах осуществления совпадать с коротким периодом времени, когда сосуд неподвижен (например, когда сосуд обычно вращается этапами с поворотом на 360 градусов, но неподвижно между небольшими, дискретными интервалами вращения). В качестве альтернативы, камера линейного сканирования может захватывать изображения в соответствующих положениях вращения сосуда, не требуя, чтобы сосуд прекратил вращение/поворот в любой момент во время линейного сканирования. Узел 806 может быть выполнен камерой линейного сканирования системы 112 отображения в ответ на команды, сгенерированные процессором (процессорами) 120, исполняющим, например, блок 134 перемещения образца и захвата изображения.

[0055] В узле 808 двухмерное изображение упорного края генерируется на основании по меньшей мере множества изображений. Каждое изображение из изображений, захваченных в узле 806, может обеспечивать только один (или несколько и т. д.) пиксель в первой (например, горизонтальной) оси двухмерного изображения, но все из пикселей во второй (например, вертикальной) оси двухмерного изображения. Узел 808 может быть выполнен процессором (процессорами) 120, исполняющим, например, блок 136 генерирования изображения.

[0056] В узле 810 пиксели двухмерного изображения обрабатываются путем исполнения модели вывода заключения, которая содержит обучаемую нейронную сеть

(например, нейронную сеть 500, показанную на фиг. 5), для генерирования выводимых данных, указывающих на вероятность того, что образец является дефектным (например, на основании количества, размера и/или типов частиц или других объектов в образце на упорном крае или рядом с ним). В некоторых вариантах осуществления узел 810 включает обработку пикселей двухмерного изображения путем применения значений интенсивности, связанных с разными пикселями, или других значений, полученных из значений интенсивности (например, нормализованных значений), к разным узловым точкам входного слоя обучаемой нейронной сети. Узел 810 может быть выполнен процессором (процессорами) 120, исполняющим, например, блок 138 модели выведения заключения.

[0057] В некоторых вариантах осуществления способ 800 включает один или несколько дополнительных узлов, не показанных на фиг. 8.

[0058] В одном варианте осуществления, например, способ 800 включает дополнительный узел, в котором обеспечивают выборочную передачу сосуда на специально отведенный участок отбраковки на основании выводимых данных, сгенерированных в узле 810. Это может выполняться дополнительными передающими средствами (например, дополнительными поворотными столами, подающими звездами, направляющими рельсами и т. д., как рассмотрено выше со ссылкой на фиг. 2), в ответ на команды, сгенерированные процессором (процессорами) 120, исполняющим, например, блок 134 перемещения образца и захвата изображения.

[0059] В качестве другого примера, способ 800 может включать узлы, аналогичные узлам с 802 по 806, которые происходят параллельно с узлами с 802 по 806, но для второго сосуда/образца (т. е. для увеличения пропускной способности). В таком варианте осуществления способ 800 может также включать дополнительные узлы, в которых дополнительное двухмерное изображение (упорного края второго сосуда) генерируется и обрабатывается аналогично узлам 808 и 810.

[0060] Хотя системы, способы, устройства и их компоненты были описаны в рамках примерных вариантов осуществления, они не ограничиваются ими. Подробное описание следует интерпретировать как приведенное только в качестве примера, и в нем не изложен каждый возможный вариант осуществления настоящего изобретения, поскольку изложение каждого возможного варианта осуществления было бы непрактичным, если не невозможным. Могут быть реализованы многочисленные альтернативные варианты осуществления с использованием либо современной технологии, либо технологии, разработанной после даты подачи настоящего патента, которые, тем не менее, находятся в пределах формулы изобретения, определяющей объем настоящего изобретения.

[0061] Специалисты в данной области техники поймут, что многочисленный ряд модификаций, изменений и комбинаций может быть выполнен применительно к описанным выше вариантам осуществления без отхода от объема настоящего изобретения и что такие модификации, изменения и комбинации необходимо рассматривать как

попадающие в объем идеи настоящего изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ повышения точности и эффективности в автоматизированном визуальном контроле сосудов, причем способ включает:

ориентирование сосуда, содержащего образец, таким образом, что камера линейного сканирования имеет вид в профиль края упорного элемента сосуда;

вращение сосуда;

захват камерой линейного сканирования при вращении сосуда множества изображений края упорного элемента, при этом каждое изображение из множества изображений соответствует разным угловым положениям сосуда;

генерирование одним или несколькими процессорами и на основании по меньшей мере множества изображений двухмерного изображения края упорного элемента; и

обработку одним или несколькими процессорами, исполняющими модель вывода заключения, которая содержит обучаемую нейронную сеть, пикселей двухмерного изображения для генерирования выводимых данных, указывающих на вероятность того, что образец является дефектным.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что дополнительно включает:

обеспечение одним или несколькими процессорами и на основании выводимых данных выборочной передачи сосуда на специально отведенный участок отбраковки.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что выводимые данные указывают, содержит ли образец один или несколько объектов конкретного типа или типов.

4. Способ по п. 3, отличающийся тем, что обучаемая нейронная сеть выполнена с возможностью отличать пузырьки, заполненные газом, от частиц в образце.

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что обработка пикселей двухмерного изображения включает применение значений интенсивности, связанных с разными пикселями, или других значений, полученных из значений интенсивности, к разным узловым точкам входного слоя обучаемой нейронной сети.

6. Способ по п. 1, отличающийся тем, что сосуд представляет собой шприц, упорный элемент представляет собой поршень, и край упорного элемента представляет собой край колпачка поршня, который входит в контакт с образцом.

7. Способ по п. 1, отличающийся тем, что ориентирование сосуда включает передачу сосуда с использованием механизированного поворотного стола или подающей звезды.

8. Способ по п. 1, отличающийся тем, что ориентирование сосуда включает переворачивание сосуда таким образом, что упорный элемент находится под образцом.

9. Способ по п. 1, отличающийся тем, что вращение сосуда включает поворот сосуда на по меньшей мере 360 градусов вокруг центральной оси сосуда.

10. Способ по п. 1, отличающийся тем, что камера линейного сканирования представляет собой первую камеру линейного сканирования, множество изображений представляет собой первое множество изображений, сосуд представляет собой первый сосуд, и двухмерное изображение представляет собой первое двухмерное изображение, и

при этом способ дополнительно включает:

при ориентировании первого сосуда также ориентирование второго сосуда таким образом, что вторая камера линейного сканирования имеет вид в профиль края упорного элемента второго сосуда;

при вращении первого сосуда вращение второго сосуда;

при захвате первого множества изображений захват второй камерой линейного сканирования и при вращении второго сосуда второго множества изображений края упорного элемента второго сосуда, при этом каждое изображение второго множества изображений соответствует разным угловым положениям второго сосуда; и

генерирование второго двухмерного изображения на основании по меньшей мере второго множества изображений.

11. Способ по п. 1, отличающийся тем, что дополнительно включает:

до обработки пикселей двухмерного изображения обучение нейронной сети с использованием маркированных двухмерных изображений упорных краев сосудов.

12. Способ по п. 11, отличающийся тем, что включает обучение нейронной сети с использованием маркированных двухмерных изображений сосудов, которые содержат образцы, которые содержат разные типы, количества, размеры и положения объектов.

13. Система автоматизированного визуального контроля, содержащая:

камеру линейного сканирования;

передающие средства для ориентирования сосуда, содержащего образец, таким образом, что камера линейного сканирования имеет вид в профиль края упорного элемента сосуда;

вращающие средства для вращения сосуда; и

средства обработки для

того, чтобы заставлять камеру линейного сканирования захватывать множество изображений края упорного элемента, когда вращающие средства вращают сосуд, при этом каждое изображение из множества изображений соответствует разным угловым положениям сосуда,

генерирования на основании по меньшей мере множества изображений двухмерного изображения края упорного элемента сосуда и

обработки путем исполнения модели выведения заключения, которая содержит обучаемую нейронную сеть, пикселей двухмерного изображения для генерирования выводимых данных, указывающих, является ли образец приемлемым.

14. Система автоматизированного визуального контроля по п. 13, отличающаяся тем, что передающие средства представляют собой первые передающие средства, и при этом система автоматизированного визуального контроля дополнительно содержит:

вторые передающие средства для передачи сосуда в специально отведенный участок отбраковки,

при этом средства обработки дополнительно предназначены для

того, чтобы заставлять вторые передающие средства выборочно передавать сосуд в

специально отведенный участок отбраковки на основании выводимых данных.

15. Система автоматизированного визуального контроля по п. 13, отличающаяся тем, что выводимые данные указывают, содержит ли образец один или несколько объектов конкретного типа.

16. Система автоматизированного визуального контроля по п. 15, отличающаяся тем, что обучаемая нейронная сеть выполнена с возможностью отличать пузырьки, заполненные газом, от частиц в образце.

17. Система автоматизированного визуального контроля по п. 13, отличающаяся тем, что средства обработки обрабатывают пиксели двумерного изображения по меньшей мере путем применения значений интенсивности, связанных с разными пикселями, или других значений, полученных из значений интенсивности, к разным узловым точкам входного слоя обучаемой нейронной сети.

18. Система автоматизированного визуального контроля по п. 13, отличающаяся тем, что сосуд представляет собой шприц, упорный элемент представляет собой поршень, и край упорного элемента представляет собой край колпачка поршня, который входит в контакт с образцом.

19. Система автоматизированного визуального контроля по п. 13, отличающаяся тем, что передающие средства содержат механизированный поворотный стол или подающую звезду, и при этом передающие средства ориентируют сосуд по меньшей мере путем передачи сосуда с использованием механизированного поворотного стола или подающей звезды.

20. Система автоматизированного визуального контроля по п. 13, отличающаяся тем, что передающие средства переворачивают сосуд таким образом, что упорный элемент находится под образцом.

21. Система автоматизированного визуального контроля по п. 13, отличающаяся тем, что средства обработки заставляют камеру линейного сканирования захватывать множество изображений, когда вращающие средства вращают сосуд на по меньшей мере 360 градусов вокруг центральной оси сосуда.

22. Система автоматизированного визуального контроля по п. 13, отличающаяся тем, что:

камера линейного сканирования представляет собой первую камеру линейного сканирования, множество изображений представляет собой первое множество изображений, сосуд представляет собой первый сосуд, образец представляет собой первый образец, передающие средства представляют собой первые передающие средства, вращающие средства представляют собой первые вращающие средства, двумерное изображение представляет собой первое двумерное изображение, и выводимые данные представляют собой первые выводимые данные;

система автоматизированного визуального контроля дополнительно содержит вторую камеру линейного сканирования, вторые передающие средства и вторые вращающие средства;

в то время как первые передающие средства ориентируют первый сосуд, вторые передающие средства предназначены для ориентирования второго сосуда таким образом, что вторая камера линейного сканирования имеет вид в профиль края упорного элемента второго сосуда;

вторые вращающие средства предназначены для вращения второго сосуда, в то время как первые вращающие средства вращают первый сосуд; и

средства обработки дополнительно предназначены для обеспечения захвата второй камерой линейного сканирования второго множества изображений края упорного элемента второго сосуда, когда первая камера линейного сканирования захватывает первое множество изображений,

генерирования на основании по меньшей мере второго множества изображений второго двухмерного изображения края упорного элемента второго сосуда, и

обработки путем исполнения модели выведения заключения пикселей второго двухмерного изображения для генерирования вторых выводимых данных, указывающих, является ли второй образец приемлемым.

23. Система автоматизированного визуального контроля, содержащая:

камеру линейного сканирования;

аппаратные средства для расположения образца, выполненные с возможностью ориентирования сосуда, содержащего образец, таким образом, что камера линейного сканирования имеет вид в профиль края упорного элемента сосуда, и вращения сосуда при его ориентировании таким образом; и

запоминающее устройство, на котором хранятся команды, которые при исполнении одним или несколькими процессорами заставляют один или несколько процессоров:

при вращении сосуда обеспечивать захват камерой линейного сканирования множества изображений края упорного элемента, при этом каждое изображение из множества изображений соответствует разным угловым положениям сосуда,

генерировать на основании по меньшей мере множества изображений двухмерное изображение края упорного элемента сосуда и

обработать путем исполнения модели выведения заключения, которая содержит обучаемую нейронную сеть, пиксели двухмерного изображения для генерирования выводимых данных, указывающих, является ли образец приемлемым.

24. Система автоматизированного визуального контроля по п. 23, отличающаяся тем, что выводимые данные указывают, содержит ли образец один или несколько объектов конкретного типа.

25. Система автоматизированного визуального контроля по п. 24, отличающаяся тем, что обучаемая нейронная сеть выполнена с возможностью отличать пузырьки, заполненные газом, от частиц в образце.

26. Система автоматизированного визуального контроля по п. 23, отличающаяся тем, что команды заставляют один или несколько процессоров обрабатывать пиксели

двухмерного изображения по меньшей мере путем применения значений интенсивности, связанных с разными пикселями, или других значений, полученных из значений интенсивности, к разным узловым точкам входного слоя обучаемой нейронной сети.

27. Система автоматизированного визуального контроля по п. 23, отличающаяся тем, что сосуд представляет собой шприц, упорный элемент представляет собой поршень, и край упорного элемента представляет собой край колпачка поршня, который входит в контакт с образцом.

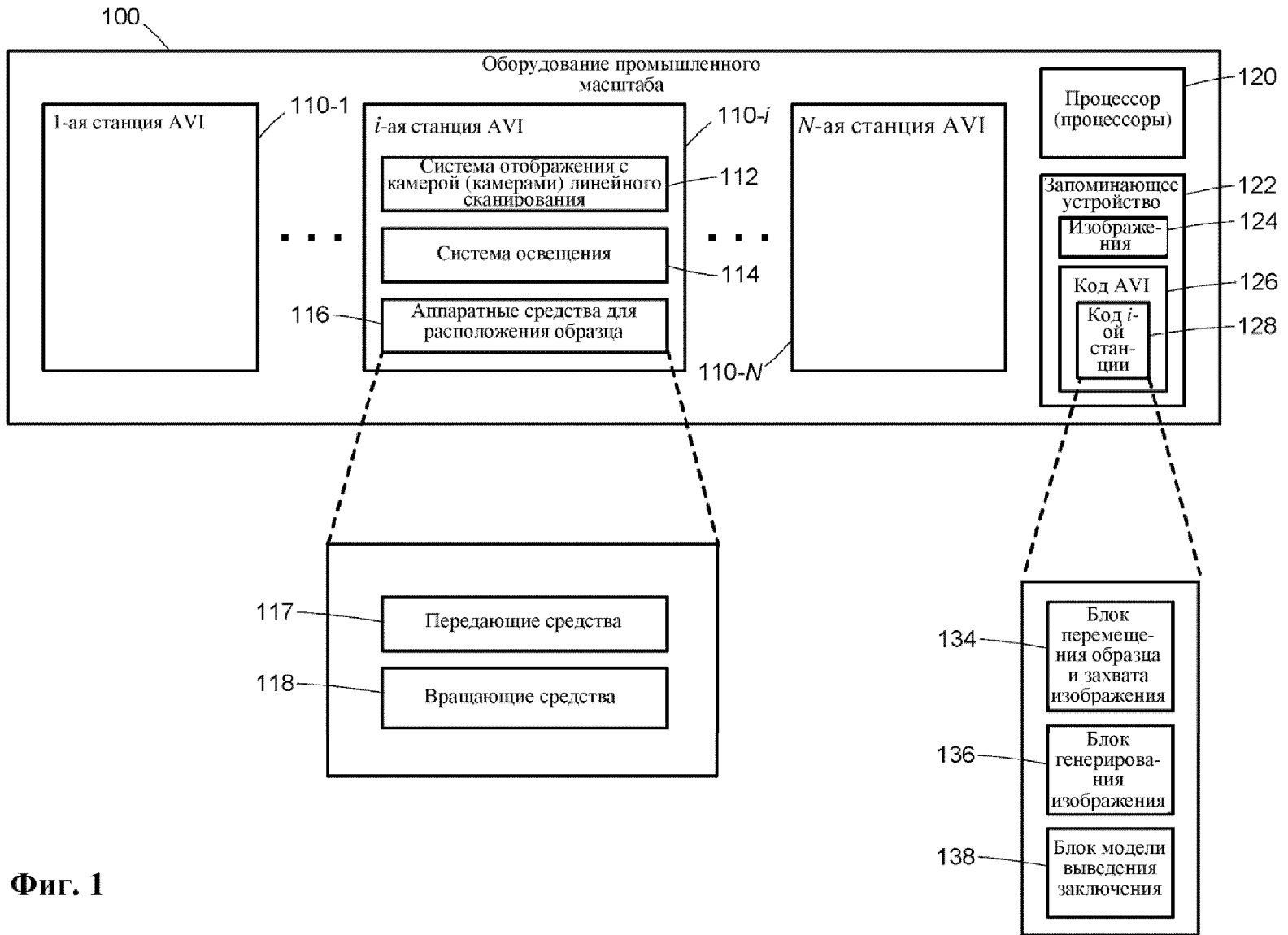
28. Система автоматизированного визуального контроля по п. 23, отличающаяся тем, что аппаратные средства для расположения образца содержат механизированный поворотный стол или подающую звезду и ориентируют сосуд по меньшей мере путем передачи сосуда с использованием механизированного поворотного стола или подающей звезды.

29. Система автоматизированного визуального контроля по п. 23, отличающаяся тем, что аппаратные средства для расположения образца переворачивают сосуд таким образом, что упорный элемент находится под образцом.

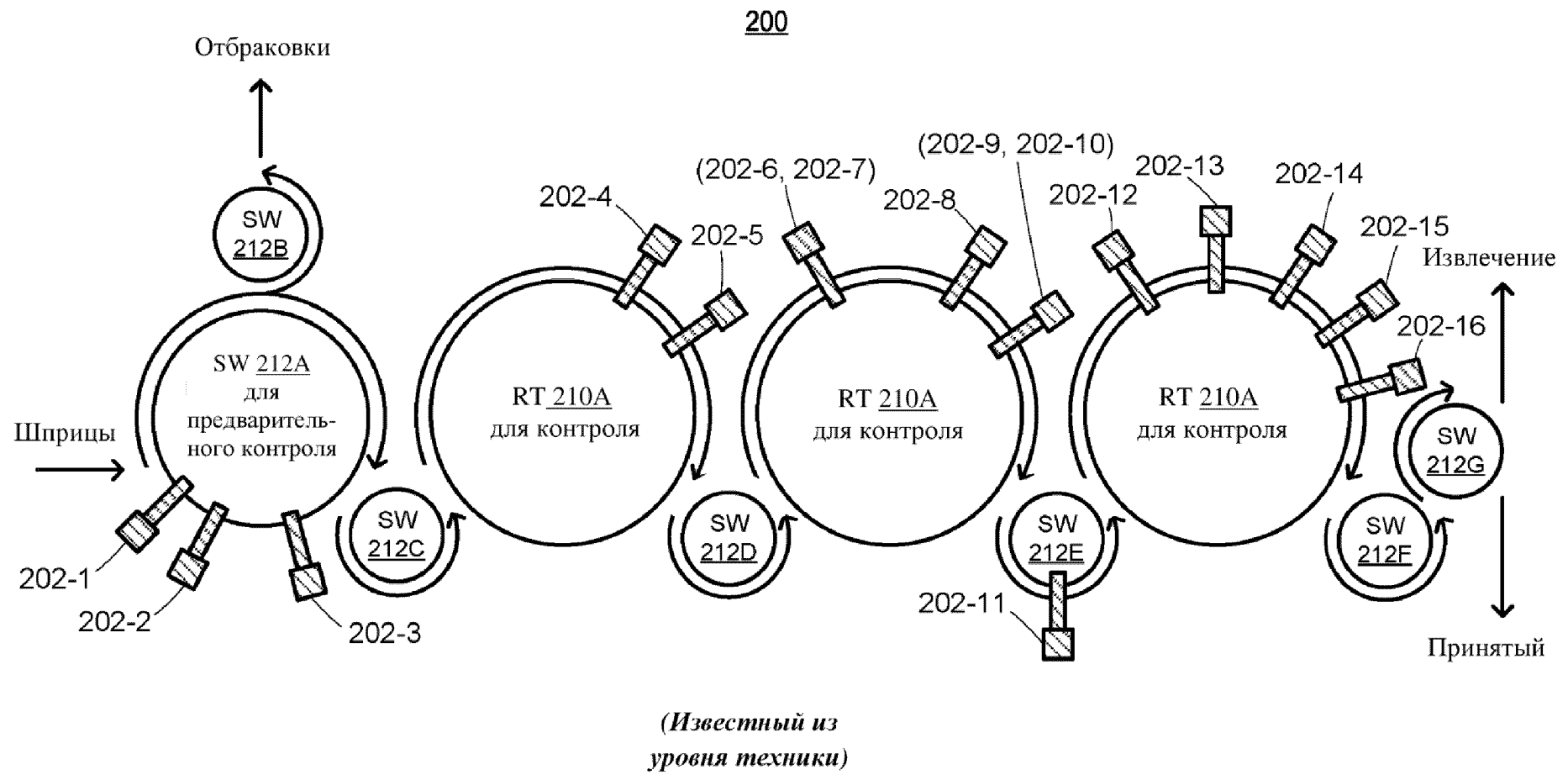
30. Система автоматизированного визуального контроля по п. 23, отличающаяся тем, что команды заставляют один или несколько процессоров:

обеспечивать захват камерой линейного сканирования множества изображений, когда сосуд вращается на по меньшей мере 360 градусов вокруг центральной оси сосуда.

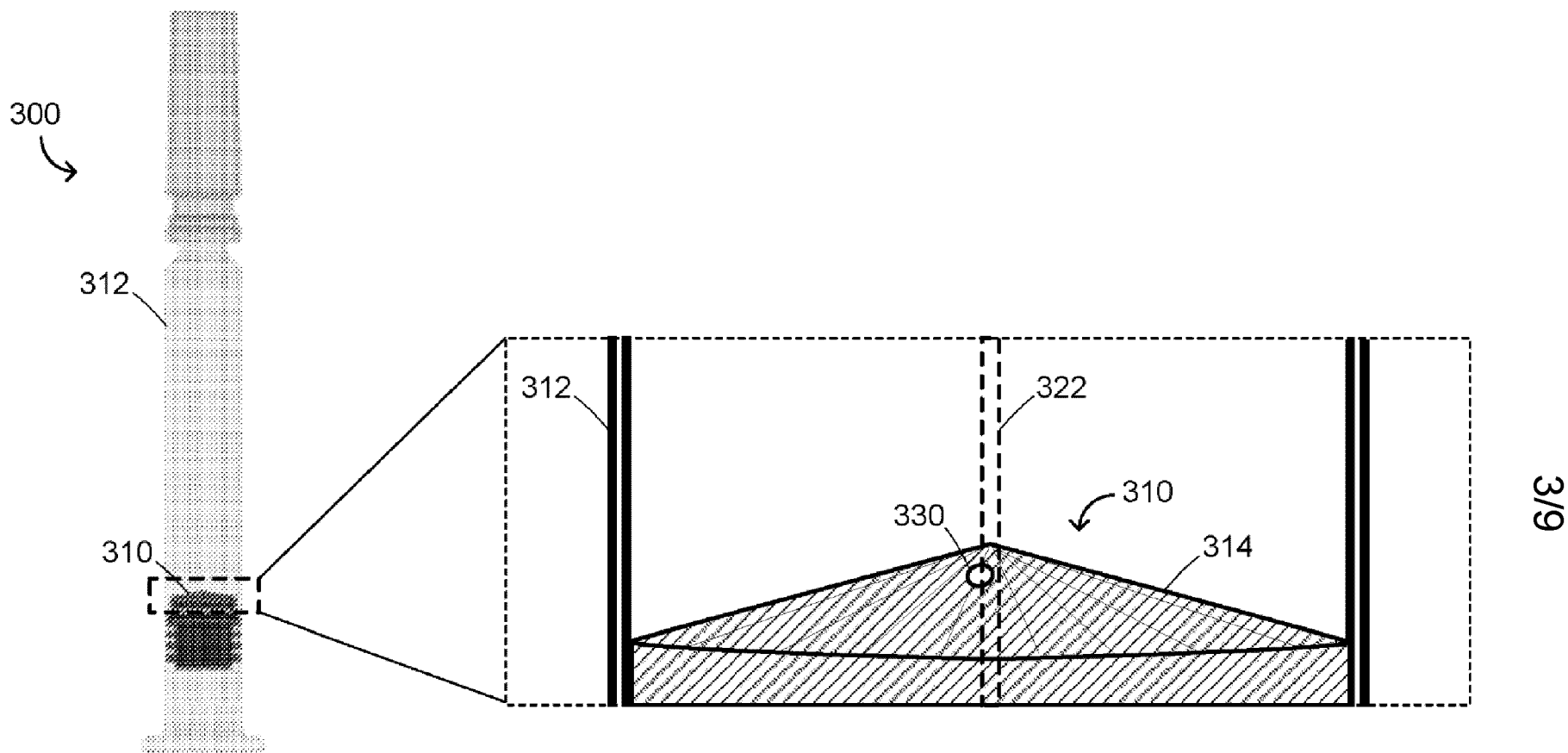
По доверенности



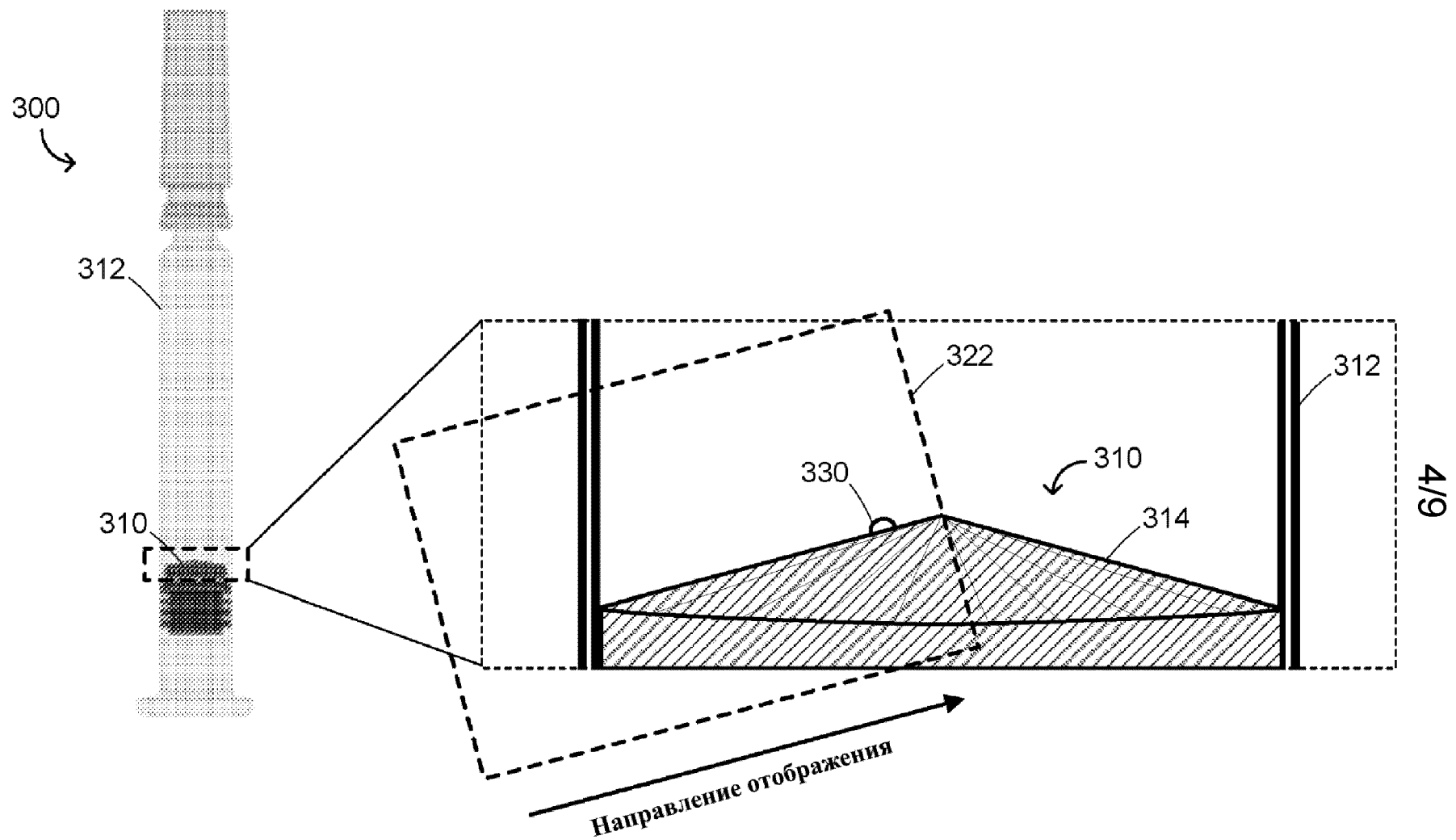
Фиг. 1



Фиг. 2

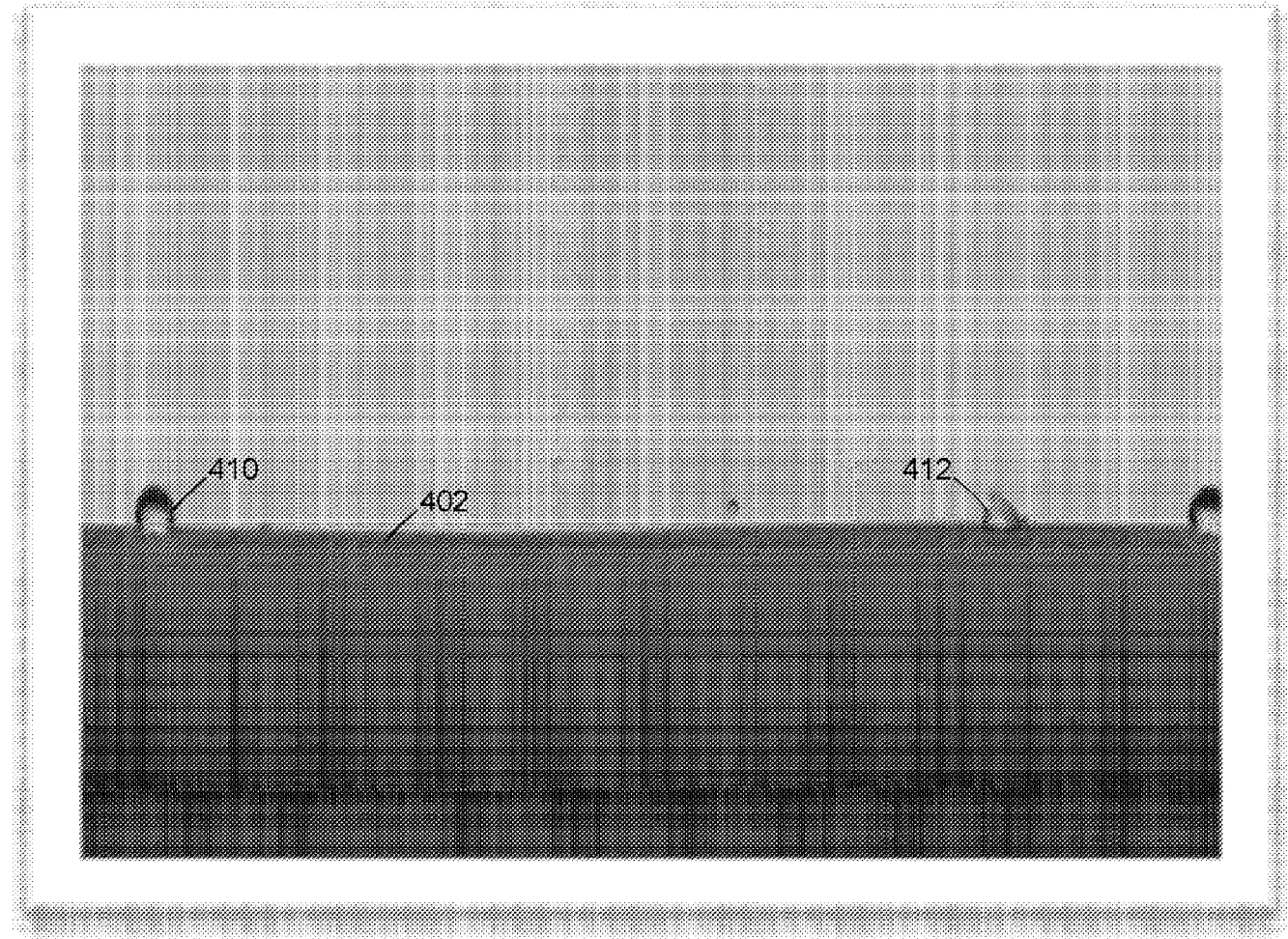


Фиг. 3А



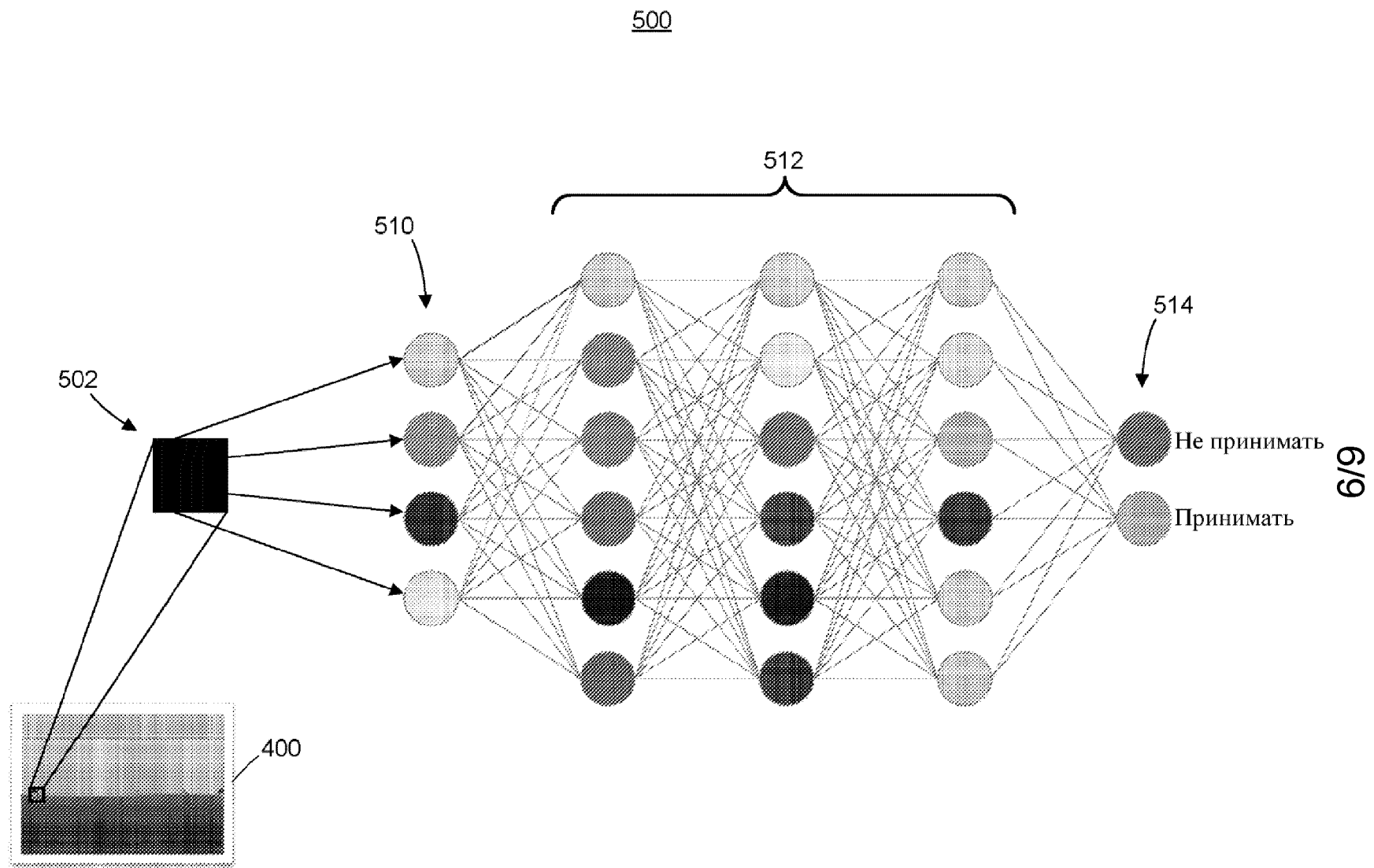
Фиг. 3В

400



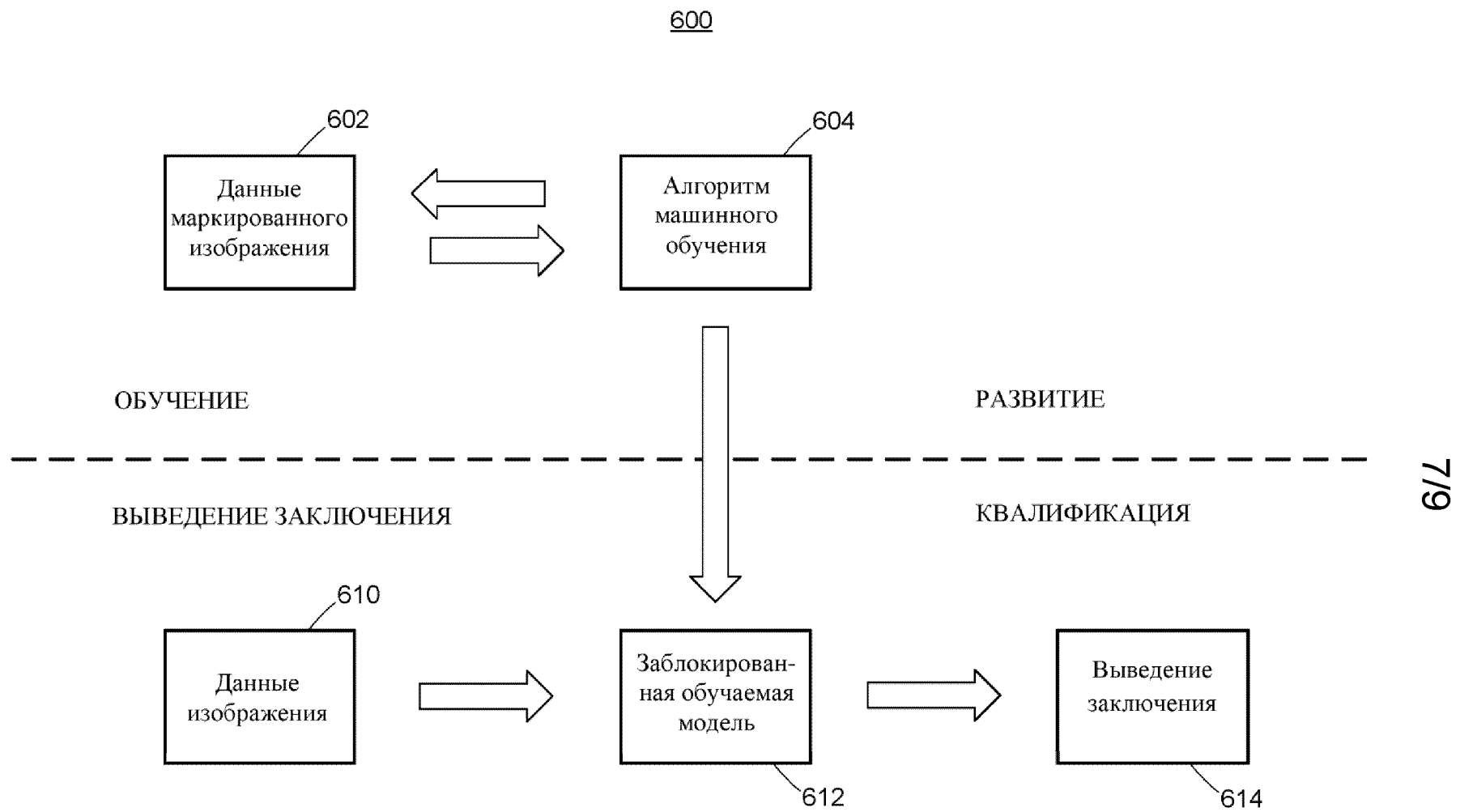
5/9

Фиг. 4



6/9

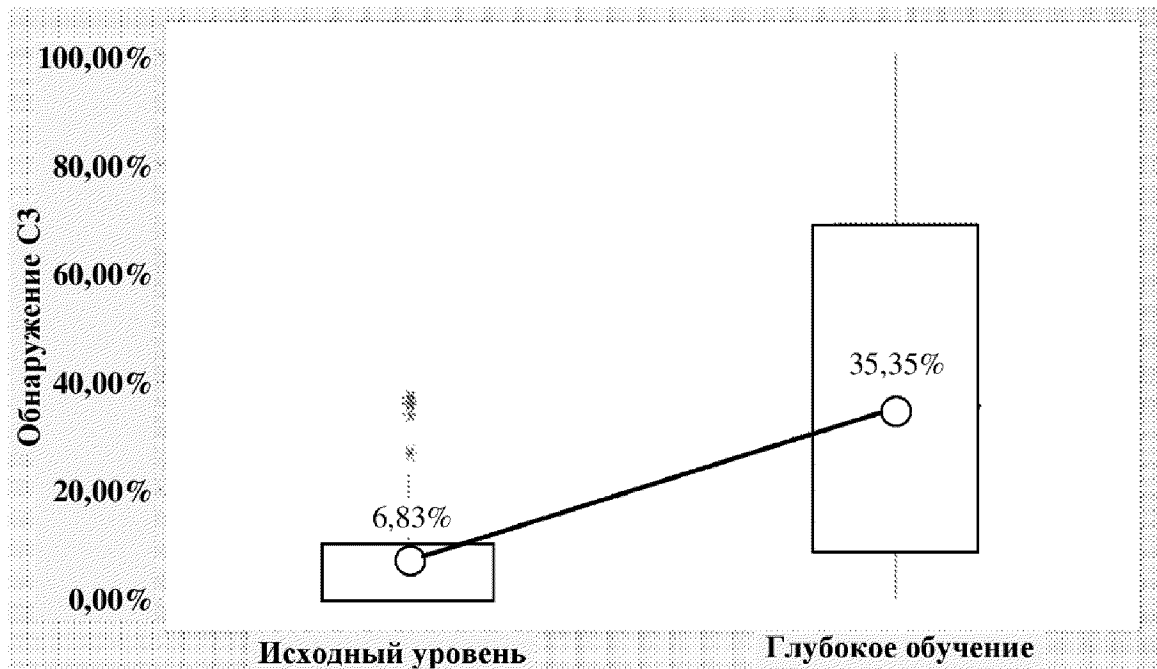
Фиг. 5



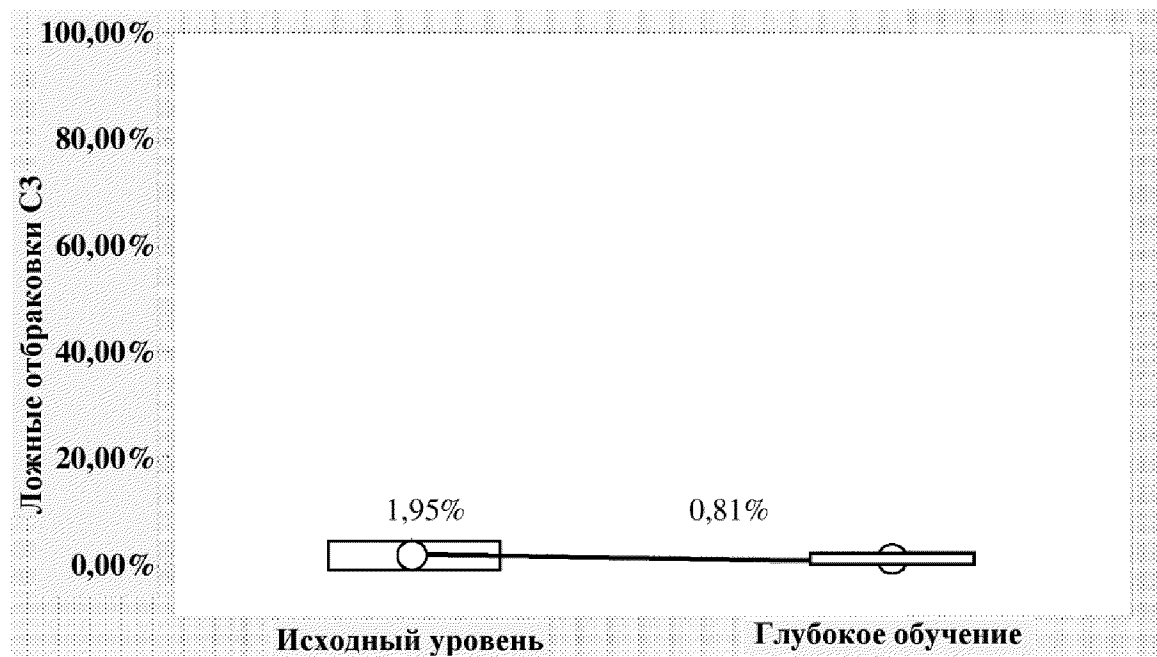
Фиг. 6

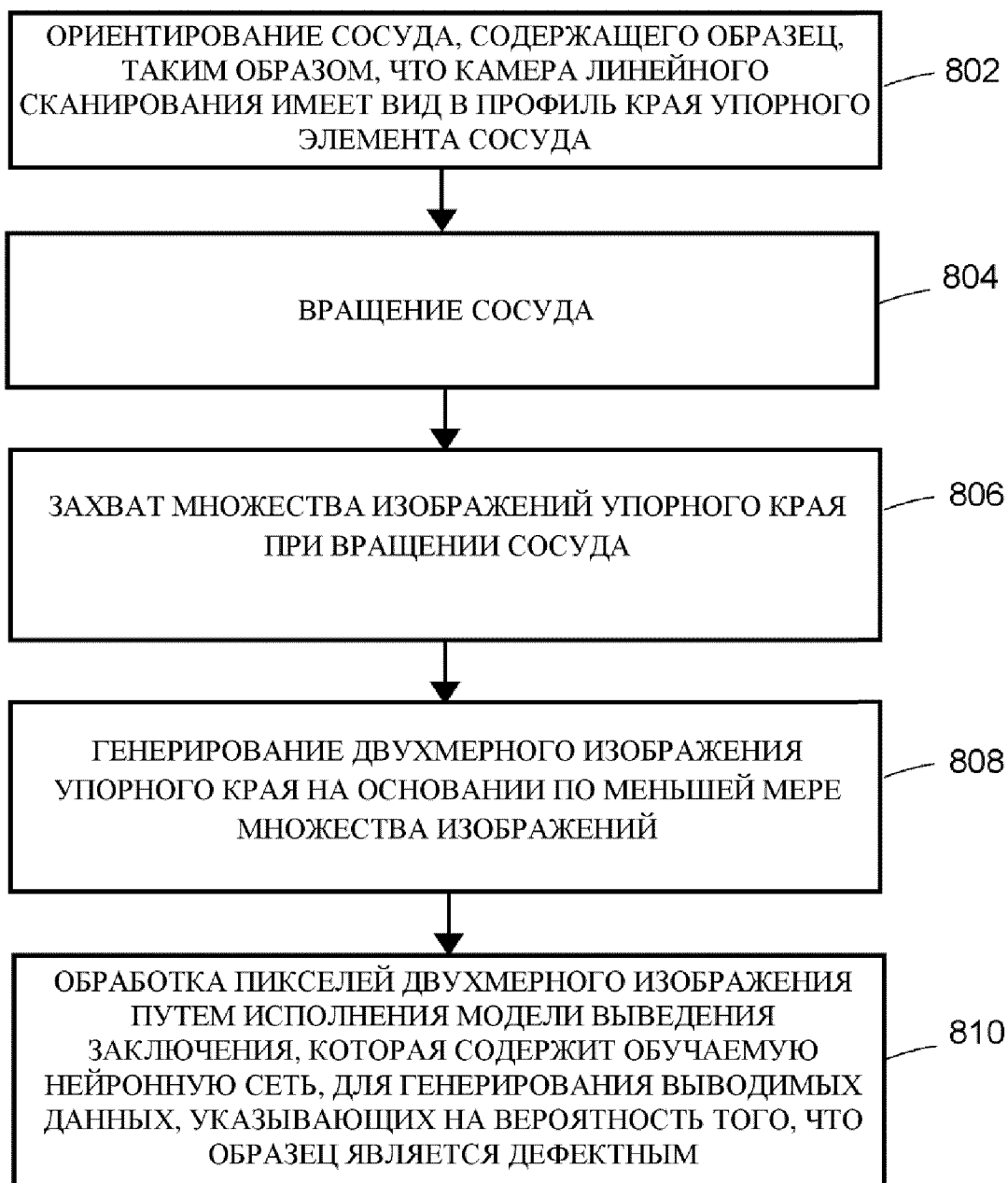
Фиг. 7

700



720



800

Фиг. 8