

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **201992470** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.03.03

(51) Int. Cl. *A61B 6/00* (2006.01)
G01N 23/04 (2018.01)

(22) Дата подачи заявки
2018.04.17

(54) СИСТЕМЫ И СПОСОБЫ РЕНТГЕНОВСКОГО ТОМОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

(31) 62/486,130

(32) 2017.04.17

(33) US

(86) PCT/US2018/027872

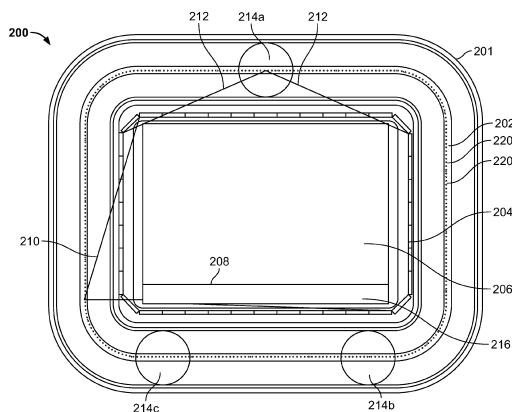
(87) WO 2018/195016 2018.10.25

(71) Заявитель:
РАПИСКАН СИСТЕМЗ, ИНК. (US)

(72) Изобретатель:
Мортон Эдвард Джеймс (GB)

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(57) Предусмотрена система рентгеновского контроля для сканирования предметов. Система включает в себя стационарный источник рентгеновского излучения, простирающийся вокруг прямоугольного объема сканирования и определяющий множественные точки истока, из которых рентгеновское излучение может быть направлено через объем сканирования; матрицу детекторов рентгеновского излучения, также простирающуюся вокруг прямоугольного объема сканирования и выполненную с возможностью детектировать рентгеновское излучение из точек истока, которые прошли через объем сканирования; конвейер, выполненный с возможностью транспортировать предметы через объем сканирования; и по меньшей мере один процессор для обработки детектируемого рентгеновского излучения для создания сканированных изображений предметов.



A1

201992470

201992470

A1

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420–559329EA/025

СИСТЕМЫ И СПОСОБЫ РЕНТГЕНОВСКОГО ТОМОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

ПЕРЕКРЕСТНАЯ ССЫЛКА НА РОДСТВЕННЫЕ ЗАЯВКИ

Настоящее описание изобретения основано на предварительной заявке на патент США № 62/486,130, озаглавленной «X-Ray Tomography Inspection Systems and Methods» («Системы и способы рентгеновского томографического контроля»), поданной 17 апреля 2017 года для получения приоритета.

Дополнительно, настоящее описание изобретения относится к предварительной заявке на патент США № 62/597,155, озаглавленной «X-Ray Tomography Inspection Systems and Methods» («Системы и способы рентгеновского томографического контроля»), поданной 11 декабря 2017 года, которая полностью включена в настоящую заявку по ссылке.

Дополнительно, настоящая заявка относится к заявке на патент США № 15/132,439 («заявке '439»), озаглавленной «X-Ray Sources» («Источники рентгеновского излучения») и поданной 19 апреля 2016 года. Заявка '439 является частичным продолжением заявки на патент США № 14/635,814, озаглавленной «X-Ray Sources» («Источники рентгеновского излучения») и поданной 2 марта 2015 года, которая является продолжением заявки на патент США № 13/313,854 с тем же заглавием, поданной 7 декабря 2011 года, на которую сейчас выдан патент США № 9,001,973, которая, в свою очередь, является продолжением заявки на патент США № 12/478,757 (заявки '757), поданной 4 июня 2009 года, на которую сейчас выдан патент США № 8,094,784, которая является частичным продолжением заявки на патент США № 12/364,067, поданной 2 февраля 2009 года, которая является продолжением заявки на патент США № 12/033,035, поданной 19 февраля 2008 года, которая является продолжением заявки на патент США № 10/554,569, поданной 25 октября 2005 года, которая является заявкой РСТ/GB2004/001732 на национальной фазе, поданной 23 апреля 2004 года, и которая, в свою очередь, основана на заявке на патент Великобритании № 0309374.7, поданной 25 апреля 2003 года, которая имеет приоритет. Заявка '757 также основана на заявке на патент Великобритании № 0812864.7, поданной 15 июля 2008 года, которая имеет приоритет.

Все вышеупомянутые заявки полностью включены в настоящую заявку по ссылке.

ОБЛАСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Настоящее описание изобретения относится к системам рентгеновского сканирования. Более конкретно, настоящее описание изобретения относится к системе рентгеновского контроля со стационарным гентри, имеющим множество источников рентгеновского излучения, расположенных вокруг объема контроля таким образом, что упомянутые источники излучают пучки рентгеновского излучения, имеющие разные углы пучков.

ПРЕДПОСЫЛКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Сканеры рентгеновской компьютерной томографии (КТ) в течение нескольких лет используются в аэропортах при досмотре. Общепринятая система содержит рентгеновскую трубку, которая поворачивается вокруг некоторой оси, с арочным детектором рентгеновского излучения, который также поворачивается, с той же самой скоростью, вокруг той же самой оси. Лента конвейера, на которой транспортируется багаж, размещается внутри пригодной апертуры вокруг центральной оси поворота и перемещается вдоль упомянутой оси, когда трубка поворачивается. Веерный пучок рентгеновского излучения проходит от источника через объект, подлежащий контролю, и затем в матрицу детекторов рентгеновского излучения.

Матрица детекторов рентгеновского излучения записывает интенсивность рентгеновского излучения, проходящего через объект, подлежащий контролю, в нескольких местоположениях вдоль его длины. Один набор проекционных данных записывают для каждого угла из некоторого числа углов источника. На основании этих записанных интенсивностей рентгеновского излучения можно сформировать томографическое (относящееся к поперечному сечению) изображение, обычно посредством алгоритма отфильтрованных обратных проекций. Для создания точного томографического изображения объекта, такого как сумка или пакет, существует требование, состоящее в том, чтобы излучение от источника рентгеновского излучения проходило через каждую плоскость от начала до конца объекта. В конструкции, описанной выше, это достигается поворотным сканированием источника рентгеновского излучения и продольным перемещением конвейера, на котором транспортируется объект.

В этом типе систем частота, с которой могут быть собраны рентгеновские томографические сканограммы, зависит от скорости поворота гентри, который удерживает источник рентгеновского излучения и матрицу детекторов. В современной СТ–гентри весь модуль трубка–детектор и рама будут совершать от двух до четырех оборотов в секунду. Это позволяет собирать вплоть до четырех или восьми томографических сканограмм в секунду, соответственно.

С развитием данной области техники единственное кольцо детекторов рентгеновского излучения было заменено множественными кольцами детекторов. Это позволяет одновременно сканировать и реконструировать многие срезы (обычно 8) с использованием способов отфильтрованных обратных проекций, адаптированных на основе отдельных сканирующих машин. В случае непрерывного перемещения конвейера через систему визуализации, источник совершает спиральное сканирующее перемещение вокруг объекта. Это позволяет применять более сложный конусно–лучевой способ реконструкции изображений, который, в принципе, может обеспечить более точную реконструкцию изображения объема.

Однако установка систем рентгеновского контроля с поворотным гентри является дорогостоящей, они имеют большую площадь опорной поверхности и потребляют много энергии.

Некоторые общепринятые СТ–сканеры содержат системы с неповоротными,

стационарными рамами, которые проецируют пучки рентгеновского излучения из неподвижных, стационарных источников на объекты, подлежащие сканированию. Эти системы включают в себя один или более распределенных в пространстве источников рентгеновского излучения для испускания рентгеновского излучения и один или более детекторов рентгеновского излучения для детектирования рентгеновского излучения. Множественные источники рентгеновского излучения требуется активировать одновременно для создания веерного пучка рентгеновского излучения для создания трехмерного сканированного изображения объекта. Системы со стационарными гентри могут использовать где-то от дюжины до нескольких сотен источников рентгеновского излучения для создания сканированного изображения, которое варьируется по качеству в зависимости от числа используемых источников рентгеновского излучения. Однако увеличение числа источников увеличивает сложность конструкции систем сканирования, а также увеличивает стоимость их изготовления и эксплуатации. Дополнительно, традиционные системы со стационарными гентри потребляют большое количество энергии и являются сложными для технического обслуживания.

Таким образом, существует потребность в улучшенной системе рентгеновского контроля, которая является эффективной в детектировании опасных материалов, является менее дорогой, имеет меньшую площадь опорной поверхности и может работать с использованием стандартного сетевого электропитания.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Нижеследующие варианты осуществления и их аспекты описаны и показаны вместе с системами, инструментами и способами, которые, как подразумевается, являются примерными и иллюстративными, а не ограничивающими по объему.

Настоящее описание изобретения раскрывает систему рентгеновского контроля для сканирования объекта, содержащую: корпус, окружающий объем сканирования; конвейер для транспортирования объекта через объем сканирования для контроля; многофокусный источник рентгеновского излучения, имеющий множество точек истока рентгеновского излучения, расположенных в некруговой геометрии вокруг объема сканирования, причем угол пучка рентгеновского излучения, генерируемого каждой из упомянутого множества точек истока рентгеновского излучения, является неодинаковым по упомянутому множеству точек истока рентгеновского излучения; матрицу детекторов, расположенную между источником рентгеновского излучения и объемом сканирования, причем упомянутая матрица детекторов имеет множество многоэнергетических детекторных модулей, расположенных в некруговой геометрии вокруг объема сканирования, для детектирования рентгеновского излучения, проходящего через объект во время сканирования; и процессор для анализа данных синограмм и реконструируемых данных изображений объекта, контролируемого для идентификации опасности.

Необязательно, корпус является практически прямоугольным, причем корпус имеет ширину в диапазоне от 800 мм до 1400 мм и высоту в диапазоне от 600 мм до 1500 мм.

Необязательно, некруговая геометрия множества точек истока рентгеновского излучения является прямоугольной.

Необязательно, некруговая геометрия множества многоэнергетических детекторных модулей является прямоугольной.

Необязательно, объем сканирования имеет ширину в диапазоне от 500 мм до 1050 мм и высоту в диапазоне от 300 мм до 1050 мм.

Необязательно, каждый из упомянутого множества многоэнергетических детекторных модулей выполнен с возможностью распределять детектированные фотоны в один из 2–64 элементов разрешения по энергии.

Необязательно, многофокусный источник рентгеновского излучения имеет множество точек истока рентгеновского излучения в диапазоне от 64 до 2048 точек истока рентгеновского излучения, причем упомянутое множество точек истока рентгеновского излучения выполнено во множестве групп, и причем каждая из упомянутого множества групп имеет от 4 до 32 точек истока рентгеновского излучения. Группа может содержать восемь точек истока рентгеновского излучения. Необязательно, общая изолирующая подложка поддерживает каждую группу из упомянутого множества групп.

Необязательно, конвейер имеет скорость в диапазоне от 0,1 м/с до 1,0 м/с.

Настоящее описание изобретения также раскрывает способ сканирования объекта с использованием рентгеновского сканера, имеющего объем сканирования, содержащий транспортировку объекта через объем сканирования с использованием конвейера; облучение объекта рентгеновским излучением, генерируемым многофокусным источником рентгеновского излучения, причем источник рентгеновского излучения имеет множество точек истока рентгеновского излучения, расположенных в первой некруговой геометрии вокруг объема сканирования, и причем углы пучков рентгеновского излучения из упомянутого множества точек истока рентгеновского излучения являются неодинаковыми; детектирование рентгеновского излучения, проходящего через объект, с использованием матрицы детекторов, расположенной между источником рентгеновского излучения и объемом сканирования, причем упомянутая матрица детекторов имеет множество многоэнергетических детекторных модулей, расположенных во второй некруговой геометрии вокруг объема сканирования; и анализ данных синограмм и реконструируемых данных изображений объекта, контролируемого для идентификации опасности.

Необязательно, первая некруговая геометрия упомянутого множества точек истока рентгеновского излучения является прямоугольной.

Необязательно, вторая некруговая геометрия упомянутого множества многоэнергетических детекторных модулей является прямоугольной.

Необязательно, первая некруговая геометрия является такой же, как вторая некруговая геометрия.

Необязательно, объем сканирования имеет ширину в диапазоне от 500 мм до 1050 мм и высоту в диапазоне от 300 мм до 1050 мм.

Необязательно, каждый из множества многоэнергетических детекторных модулей распределяет детектированные фотоны в один из 2–64 элементов разрешения по энергии.

Необязательно, упомянутый источник рентгеновского излучения имеет множество точек истока рентгеновского излучения в диапазоне от 64 до 2048 точек истока рентгеновского излучения, причем упомянутое множество точек истока рентгеновского излучения выполнено во множестве групп, и причем каждая из упомянутого множества групп имеет от 4 до 32 точек истока рентгеновского излучения.

Необязательно, упомянутый конвейер имеет скорость в диапазоне от 0,1 м/с до 1,0 м/с.

Необязательно, каждая из упомянутых точек истока рентгеновского излучения имеет время облучения в диапазоне от 50 мкс до 500 мкс для каждой проекции сканирования.

Настоящее описание изобретения также раскрывает систему рентгеновского контроля для сканирования объекта, содержащую: корпус, окружающий объем сканирования; конвейер для транспортирования объекта через объем сканирования для контроля; многофокусный источник рентгеновского излучения, имеющий множество точек истока рентгеновского излучения, расположенных в некруговой геометрии вокруг объема сканирования, причем поля зрения пучков рентгеновского излучения, генерируемых каждой из упомянутого множества точек истока рентгеновского излучения, изменяются по упомянутому множеству точек истока рентгеновского излучения; первую матрицу детекторов, расположенную между источником рентгеновского излучения и объемом сканирования, причем упомянутая первая матрица детекторов имеет множество многоэнергетических детекторных модулей, расположенных в некруговой геометрии вокруг объема сканирования, для детектирования рентгеновского излучения, проходящего через объект во время сканирования; вторую матрицу детекторов, расположенную между источником рентгеновского излучения и объемом сканирования, для детектирования рентгеновского излучения, дифрагированного от объекта во время сканирования, причем упомянутая вторая матрица детекторов имеет множество энергодисперсионных детекторных модулей, расположенных за множеством соответствующих коллиматоров, которые расположены под углом к пучкам рентгеновского излучения; и процессор для одновременного генерирования томографического изображения пропускания с использованием упомянутого рентгеновского излучения, проходящего через объект, и томографического дифракционного изображения с использованием упомянутого рентгеновского излучения, дифрагированного от объекта, для идентификации опасности.

Необязательно, упомянутое поле зрения находится в диапазоне от приблизительно 60 градусов до 120 градусов.

Необязательно, упомянутые коллиматоры расположены под углом в диапазоне от 3 градусов до 10 градусов к направлению пучков рентгеновского излучения.

Необязательно, часть по меньшей мере одного из упомянутых первой и второй матрицы детекторов детектирует обратно рассеянное от объекта рентгеновское излучение,

причем упомянутый процессор также генерирует изображение обратного рассеяния объекта, которое также используется для идентификации опасных объектов. Томографическое дифракционное изображение и упомянутое изображение обратного рассеяния могут быть использованы для обнаружения или подтверждения опасности, выявленной анализом упомянутого томографического изображения пропускания.

Настоящее описание изобретения также раскрывает систему рентгеновского контроля для сканирования предметов, содержащую: стационарный источник рентгеновского излучения, простирающийся вокруг прямоугольного объема сканирования и задающий множество точек истока, из которых рентгеновское излучение может быть направлено через объем сканирования; матрицу детекторов рентгеновского излучения, также простирающуюся вокруг прямоугольного объема сканирования и выполненную с возможностью детектировать рентгеновское излучение из точек истока, которые прошли через объем сканирования; конвейер, выполненный с возможностью транспортировать предметы через объем сканирования; и по меньшей мере один процессор для обработки детектируемого рентгеновского излучения для создания сканированных изображений предметов.

Необязательно, каждая точка истока испускает рентгеновское излучение, имеющее отличающийся угол пучка.

Необязательно, каждая точка истока заключена в одну из стеклянной, металлической, и керамической оболочек.

Необязательно, каждая точка истока содержит: анодный модуль, содержащий мишень, соединенную с высоковольтным источником питания; один или более блоков скользящего соединения для учета теплового расширения мишени; и защитный электрод для защиты мишени и источника питания от рентгеновского излучения; и катодный модуль, содержащий по меньшей мере сетку, диспенсерный катод, катод прямого накала и первичный фокусный электрод, вставленный в печатную плату, и вторичный фокусный электрод для защиты катодного модуля от любого всплеска энергии.

Необязательно, мишень образована из медной трубки холодоносителя, подающей холодоноситель в анодный модуль.

Необязательно, трубка холодоносителя отформована в мишени с использованием гидроформинга.

Необязательно, вторичный электрод поддерживается при потенциале заземления.

Необязательно, мишень покрыта карбидом кремния и затем структурирована полосами богатого вольфрамом карбида вольфрама.

Необязательно, мишень содержит множество выступов для образования веерообразных апертур.

Вышеупомянутые и другие варианты осуществления настоящего описания изобретения будут подробно описаны в чертежах и подробном описании, обеспеченном ниже.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Эти и другие признаки и преимущества настоящего изобретения будут оценены более высоко, когда они станут лучше понятны при обращении к подробному описанию, рассматриваемому в связи с сопутствующими чертежами:

Фиг. 1 является продольным схематичным видом томографической сканирующей системы безопасности, работающей в режиме реального времени, имеющей круговое геометрическое место точек истока, создаваемых общепринятыми системами;

Фиг. 2А является изображением в перспективе блока сканирования согласно одному варианту осуществления настоящего описания изобретения;

Фиг. 2В является схематическим изображением, показывающим множество видов блока сканирования фиг. 2А в сравнении с множеством соответствующих видов общепринятого блока сканирования;

Фиг. 2С является разрезом корпуса/оболочки блока сканирования фиг. 2А, содержащего множество точек истока рентгеновского излучения и детекторов, расположенных в практически прямоугольной форме вокруг объема сканирования, согласно одному варианту осуществления настоящего описания изобретения;

Фиг. 3А показывает источник рентгеновского излучения, запечатанный в стеклянной оболочке, согласно одному варианту осуществления настоящего описания изобретения;

Фиг. 3В показывает источник рентгеновского излучения, запечатанный в стеклянной оболочке, согласно одному варианту осуществления настоящего описания изобретения;

Фиг. 4А показывает катодный модуль согласно одному варианту осуществления настоящего описания изобретения;

Фиг. 4В является покомпонентным изображением катодного модуля, показанного на фиг. 4А;

Фиг. 4С является видом сверху катодного модуля, показанного на фиг. 4В;

Фиг. 5А является видом сверху матрицы катодов, согласно одному варианту осуществления настоящего описания изобретения;

Фиг. 5В является видом снизу матрицы катодов, показанной на фиг. 5А, согласно одному варианту осуществления настоящего описания изобретения;

Фиг. 5С является другим видом матрицы катодов, показанной на фиг. 5В;

Фиг. 6 показывает сеточную управляющую последовательность элементов источника рентгеновского излучения согласно одному варианту осуществления настоящего описания изобретения;

Фиг. 7А является видом сверху анода модуля источника рентгеновского излучения согласно одному варианту осуществления настоящего описания изобретения;

Фиг. 7В является видом сверху структурированной поверхности анода согласно одному варианту осуществления настоящего описания изобретения;

Фиг. 7С является видом сверху структурированной поверхности анода согласно другому варианту осуществления настоящего описания изобретения;

Фиг. 8А является разрезом корпуса блока сканирования фиг. 2А, содержащего множество точек истока рентгеновского излучения и детекторов, расположенных в практически прямоугольной форме вокруг объема сканирования, согласно другому варианту осуществления настоящего описания изобретения;

Фиг. 8В показывает множество точек истока с электронными пушками, расположенных в угловой секционной компоновке, имеющей смежные прямые секционные компоновки с обеих сторон, представляющее собой часть блока сканирования, показанного на фиг. 8А, согласно одному варианту осуществления настоящего описания изобретения;

Фиг. 8С показывает многоэнергетический датчик в виде матрицы 16*4 пикселей согласно одному варианту осуществления настоящего описания изобретения;

Фиг. 8D показывает множество теплопроводящих и подающих напряжение структур согласно вариантам осуществления настоящего описания изобретения;

Фиг. 8Е является увеличенным схематичным изображением множества точек истока рентгеновского излучения или электронных пушек многофокусного источника рентгеновского излучения согласно некоторым вариантам осуществления;

Фиг. 9 является разрезом, через объем визуализации, блока сканирования согласно вариантам осуществления настоящего описания изобретения;

Фиг. 10 является разрезом электронной пушки и модуля матрицы детекторов, расположенной на одном конце объема визуализации блока сканирования фиг. 9;

Фиг. 11 показывает разрез, через объем визуализации, блока сканирования, объединенного с рентгеновской дифракционной системой визуализации, согласно одному варианту осуществления настоящего описания изобретения;

Фиг. 12 является блок-схемой последовательности операций, описывающей способ автоматического детектирования и обнаружения опасности с использованием объединенных рентгеновской системы пропускания и рентгеновской дифракционной системы, показанных на фиг. 11;

Фиг. 13 является блок-схемой последовательности из множества иллюстративных этапов способа изготовления катодного модуля фиг. 4А; и

Фиг. 14 является блок-схемой последовательности из множества иллюстративных этапов способа изготовления источника рентгеновского излучения или электронной пушки фиг. 10.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

В вариантах осуществления, настоящее описание изобретения обеспечивает систему контроля, имеющую практически прямоугольное или некруговой геометрическое место точек истока, используемых для сканирования объема сканирования. В одном варианте осуществления система контроля является томографической системой реального времени (RTT). В одном варианте осуществления точки истока расположены в некруговой или практически прямоугольной геометрии вокруг объема сканирования. Вследствие некруговой геометрии точек истока рентгеновского излучения, система контроля является

эффективной по стоимости, имеет меньшую площадь опорной поверхности и может работать с использованием стандартного сетевого напряжения для подачи электропитания на высоковольтный источник питания, который затем используется для обеспечения электропитания для источника рентгеновского излучения.

В различных вариантах осуществления источники рентгеновского излучения излучают веерные пучки, которые имеют разные углы пучков на основе местоположения точек истока рентгеновского излучения относительно объема визуализации.

В одном варианте осуществления, как анод, так и катод рентгеновской трубки, генерирующей рентгеновское излучение, изготавливают посредством механической обработки и устанавливают на стеклянное основание. Это основание затем уплотняют со стеклянной верхней частью с использованием технологий плавления стекла, в результате чего анод и катод окружаются стеклянной вакуумной оболочкой. Поскольку стекло обеспечивает низкое поглощение рентгеновского излучения (поскольку оно является материалом с малым Z) в качестве пропускающего материала, система контроля настоящего описания изобретения обеспечивает улучшенное различие материала. В одном варианте осуществления катод содержит вторичный электрод, на котором поддерживается потенциал заземления, который поглощает всплески энергии или короткие замыкания внутри катода.

Настоящее описание изобретения направлено на множественные варианты осуществления. Нижеследующее раскрытие обеспечено, чтобы позволить специалисту в данной области техники применить на практике настоящее изобретение. Язык, используемый в этом описании изобретения, не следует интерпретировать как общий отказ от какого-либо одного конкретного варианта осуществления или использовать для ограничения формулы изобретения за пределами значения терминов, используемых здесь. Общие принципы, определенные здесь, могут быть применены к другим вариантам осуществления и применениям, не выходя за рамки сущности и объема настоящего изобретения. Также, используемая терминология и фразеология предназначены для описания иллюстративных вариантов осуществления и не должны считаться ограничением. Таким образом, настоящее изобретение должно соответствовать самому широкому объему, охватывающему многочисленные альтернативы, модификации и эквиваленты, согласующиеся с раскрытыми принципами и признаками. Для ясности, подробности, относящиеся к техническому материалу, который известен в области техники, связанной с настоящим изобретением, подробно не описаны, чтобы излишне не затруднять понимание настоящего изобретения.

В описании и формуле изобретения этой заявки, каждое из слов «содержать», «включать в себя» и «иметь» и их форм не обязательно ограничены элементами в списке, с которым эти слова могут быть связаны. Следует отметить, что любой признак или компонент, описанный в связи с конкретным вариантом осуществления, может быть использован и реализован любым другим вариантом осуществления, если ясно не указано иное.

Фиг. 1 показывает общепринятую систему контроля, имеющую круговое геометрическое место точек истока. Со ссылкой на фиг. 1 система 6 сканирования багажа центрального зала вокзала содержит блок 8 сканирования, который включает в себя многофокусный источник 10 рентгеновского излучения и матрицу 12 детекторов рентгеновского излучения. Источник 10 содержит большое число точек 14 истока, расположенных в соответствующих разнесенных местоположениях на источнике и расположенных в полной 360-градусной круглой матрице вокруг оси X-X системы (которая параллельна ленте 20 конвейера). Следует понимать, что также могут быть использованы криволинейные матрицы, покрывающие угол, меньший чем полный 360-градусный угол. Источник 10 может быть выполнен с возможностью создавать рентгеновское излучение из каждой из точек 14 истока в каждом из блоков источника отдельно, в результате чего рентгеновское излучение из каждой точки 14 истока направляется внутрь через область 16 сканирования в пределах кругового источника 10. Источник 10 управляется блоком 18 управления, который управляет прикладываемыми электрическими потенциалами (на сеточных проводах) и, следовательно, управляет испусканием рентгеновского излучения из каждой из точек 14 истока.

Многофокусный источник 10 рентгеновского излучения позволяет использовать электронную схему 18 управления для выбора того, какие из многих отдельных точек 14 истока рентгеновского излучения в пределах многофокусного источника рентгеновского излучения будут активными в любой момент времени. Следовательно, посредством электронного сканирования многофокусной рентгеновской трубки, создается виртуальное «перемещение» источника рентгеновского излучения в отсутствие фактического физического перемещения механических частей. В этом случае, угловая скорость поворота источника может быть увеличена до уровней, которые просто не могут быть достигнуты при использовании общепринятых поворачивающихся модулей рентгеновских трубок. Это быстрое поворотное сканирование преобразуется в эквивалентно ускоренный процесс приобретения данных и, в результате, в быструю реконструкцию изображения.

Матрица 12 детекторов также является круглой и расположена вокруг оси X-X в положении, которое немного смещено в аксиальном направлении от источника 10. Источник 10 выполнен с возможностью направлять рентгеновское излучение, которое он создает, через область 16 сканирования по направлению к матрице 12 детекторов на противоположной стороне области сканирования. Пути 17 пучков рентгеновского излучения, таким образом, проходят через область 16 сканирования в направлении, которое практически или почти перпендикулярно оси X-X сканера, и пересекают друг друга вблизи этой оси. Объем области сканирования, который сканируется и визуализируется, таким образом, имеет форму тонкого среза, перпендикулярного оси X-X сканера. Источник сканируется таким образом, что каждая точка истока излучает рентгеновское излучение в течение соответствующего периода времени, причем периоды времени излучения расположены в заданном порядке. Когда каждая точка 14 истока

излучает рентгеновское излучение, создаются сигналы от детекторов 12, которые зависят от интенсивности рентгеновского излучения, падающего на детектор, и данные об интенсивности, которые эти сигналы обеспечивают, записываются в память. Когда источник завершает свое сканирование, сигналы детекторов могут быть обработаны для формирования изображения сканируемого объема.

Лента 20 конвейера перемещается через объем визуализации слева направо, как видно на фиг. 1, параллельно оси X–X сканера. Экраны 22 от рассеянного рентгеновского излучения расположены вокруг ленты 20 конвейера выше и ниже по ходу от основной рентгеновской системы для предотвращения получения оператором дозы облучения вследствие рассеянного рентгеновского излучения. Экраны 22 от рассеянного рентгеновского излучения включают в себя такие свинцово–резиновые полосовые шторы 24 на открытых концах системы, что контролируемый предмет 26 транспортируется через одну штору на входе в область контроля и через другую штору после выхода из области контроля. В показанной объединенной системе показано, что основная электронная система 18 управления, система 30 обработки, источник 32 питания и стенды 34 охлаждения установлены ниже конвейера 20. Конвейер 20 выполнен с возможностью нормально работать с непрерывным сканирующим перемещением при постоянной скорости конвейера, и обычно имеет модуль рамы на основе углеродного волокна внутри объема визуализации.

Следует отметить, что системы, описанные в этом описании изобретения, содержат по меньшей мере один процессор (такой как система 30 обработки) для управления работой системы и ее компонентов. Следует дополнительно понимать, что упомянутый по меньшей мере один процессор способен обрабатывать программные команды, имеет память, способную запоминать программные команды, и использует программные средства, состоящие из множества программных команд, для выполнения процессов, описанных здесь. В одном варианте осуществления, упомянутый по меньшей мере один процессор является вычислительным устройством, способным принимать, выполнять, и передавать множество программных команд, хранимых на энергозависимом или энергонезависимом машиночитаемом носителе данных.

Настоящее изобретение направлено на множественные варианты осуществления. Нижеследующее раскрытие обеспечено, чтобы позволить специалисту в данной области техники применить на практике настоящее изобретение. Язык, используемый в этом описании изобретения, не следует интерпретировать как общий отказ от какого–либо одного конкретного варианта осуществления или использовать для ограничения формулы изобретения за пределами значения терминов, используемых здесь. Общие принципы, определенные здесь, могут быть применены к другим вариантам осуществления и применениям, не выходя за рамки сущности и объема настоящего изобретения. Также исполняемая терминология и фразеология предназначены для описания иллюстративных вариантов осуществления и не должны считаться ограничением. Таким образом, настоящее изобретение должно соответствовать самому широкому объему,

охватывающему многочисленные альтернативы, модификации и эквиваленты, согласующиеся с раскрытыми принципами и признаками. Для ясности, подробности, относящиеся к техническому материалу, который известен в области техники, связанной с настоящим изобретением, подробно не описаны, чтобы излишне не затруднять понимание настоящего изобретения.

В описании и формуле изобретения этой заявки, каждое из слов «содержать», «включать в себя» и «иметь» и их форм не обязательно ограничены элементами в списке, с которым эти слова могут быть связаны. Следует отметить, что любой признак или компонент, описанный в связи с конкретным вариантом осуществления, может быть использован и реализован любым другим вариантом осуществления, если ясно не указано иное.

Для целей этого описания изобретения определяется, что способ отфильтрованных обратных проекций описывает любую пропускающую или дифракционную томографическую технологию для частичной или полной реконструкции объекта, в которой отфильтрованная проекция проецируется обратно в пространство объекта; т.е. распространяется обратно в пространство объекта согласно способу, обратному или приблизительно обратному способу, по которому пучок исходно пропусклся или дифрагировался. Способ отфильтрованных обратных проекций обычно реализуется в форме свертки фильтров и прямо вычисляет изображение на единственном этапе реконструкции.

Для целей этого описания изобретения итерационный способ реконструкции относится к итерационным алгоритмам (в отличие от алгоритма единственной реконструкции), используемым для реконструкции двумерных (2D) и трехмерных (3D) изображений, таким как компьютерная томография, где изображение должно быть реконструировано на основании проекций объекта.

В различных вариантах осуществления настоящего описания изобретения, некруговое геометрическое место точек истока используется для сканирования объема сканирования, описанного выше. Это обеспечивает систему контроля, имеющую меньшую площадь опорной поверхности при том же самом объеме контроля, что и у системы сканирования, показанной на фиг. 1. Дополнительно, вследствие меньшей площади опорной поверхности, требования к энергопотреблению являются меньшими, и сканер, описанный в настоящем описании изобретения, может работать с использованием стандартного сетевого электропитания, которое используется для подачи электропитания на высоковольтный источник питания, который, в свою очередь, используется для обеспечения электропитания для источника рентгеновского излучения, вместо трехфазного электропитания, требуемого для общепринятых систем сканирования, таких как система, показанная на фиг. 1.

Согласно одному варианту осуществления настоящего описания изобретения, фиг. 2А является изображением в перспективе блока 200 сканирования, показанного с первой стороны 245, содержащего практически прямоугольный корпус/оболочку 201 для

размещения множества точек истока рентгеновского излучения и детекторов. Следует понимать, что в альтернативных вариантах осуществления корпус 201 может иметь четырехугольную форму, такую как, но не только, форма квадрата. Контролируемый объект транспортируется через первый открытый конец или апертуру 203 сканирования, входит в область 206 контроля, и выходит через второй открытый конец (противоположный первому открытому концу 203). Согласно одному варианту осуществления, как подающая, так и возвратная петли конвейера проходят через пространство 216 непосредственно под областью 206 контроля, в то время как пространство или отсек 240 резервируется в основании системы сканирования (приблизительно глубиной 200 мм) для размещения автоматизированного устройства возврата лотков, объединенного с автоматической системой управления возвратом лотков. Блок 200 сканирования имеет внешнее тело, содержащее компоненты, упомянутые выше, в упомянутом теле. В вариантах осуществления тело блока 200 отформовано подобно большой удлиненной правильной прямоугольной призме или прямоугольному кубоиду с криволинейными углами. В некоторых вариантах осуществления блок 200 является продолжением формы корпуса/оболочки 201. В вариантах осуществления область 206 контроля, расположенная внутри корпуса 201, имеет форму, подобную форме корпуса 201. В некоторых вариантах осуществления узкий выступ 290 окружает три внешние поверхности блока 200.

Фиг. 2В показывает множество видов блока 200 сканирования настоящего описания изобретения, показывающих систему, имеющую меньшую площадь опорной поверхности и, тем не менее, тот же самый объем контроля, что и у общепринятой системы 205 сканирования. Меньшая площадь опорной поверхности сопровождается преимуществами, состоящими в уменьшенном энергопотреблении и уменьшенном шуме. Со ссылкой теперь на фиг. 2В, вид 241 показывает первый открытый конец или апертуру 203 сканирования системы 200 сканирования, предназначенную для входа контролируемых объектов в область 206 контроля. В вариантах осуществления апертура 203 сканирования и область 206 контроля имеют ширину в диапазоне от 500 мм до 1050 мм и высоту в диапазоне от 300 мм до 1050 мм. В некоторых вариантах осуществления апертура 203 сканирования и, таким образом, объем 206 контроля имеют ширину 620 мм и высоту 420 мм. Вид 244 является эквивалентным видом открытого конца общепринятой системы 205 сканирования. В различных вариантах осуществления блок сканирования, видимый на виде 241, имеет ширину в диапазоне от 800 мм до 1400 мм. Система 205 сканирования, видимая на виде 244, имеет относительно большую ширину, чем ширина блока 200 сканирования. Вид 242 является видом сбоку (видимым с первой стороны 245 фиг. 2А) вдоль продольного направления блока 200 сканирования. Вид 246 является эквивалентным видом сбоку общепринятой системы 205 сканирования. Вид 243 является видом сверху вдоль продольного направления блока 200 сканирования, и вид 247 является эквивалентным видом сверху общепринятой системы 205 сканирования. Следует отметить, что продольная длина системы 200 сканирования, показанной на виде 243,

является большей, чем продольная длина системы 205 сканирования, показанной на виде 247, для приспособления к более высоким уровням рассеяния рентгеновского излучения от контролируемого объекта, которые вызваны более высоким током пучка, который обязательно используется для создания ясного изображения. Виды 241, 242 также показывают пространство 240, через которое может проходить лоток при объединении с автоматической системой управления возвратом лотков.

Фиг. 2С и 8А показывают разрезы корпуса 201 блоков 200, 200' сканирования, соответственно, содержащих множество точек истока рентгеновского излучения и детекторов, расположенных в практически прямоугольной форме вокруг объема сканирования, согласно первому и второму вариантам осуществления настоящего описания изобретения. В различных вариантах осуществления, прямоугольный корпус 201 имеет ширину в диапазоне от 800 мм до 1400 мм и высоту в диапазоне от 600 мм до 1500 мм. В различных вариантах осуществления, корпус 201 выполнен с возможностью определять объем визуализации или туннель 206 контроля, который также является прямоугольным и имеет ширину в диапазоне от 500 мм до 1050 мм и высоту в диапазоне от 300 мм до 1050 мм. Следует понимать, что в альтернативных вариантах осуществления множество точек истока рентгеновского излучения и детекторов может быть расположено в других четырехугольных формах, таких как, но не только, квадратная форма. Следует понимать, что прямоугольная, четырехугольная, или квадратная форма могут также иметь скругленные края и включают в себя формы, известные как скругленные прямоугольники, квадрато-окружности (squircles), или прямоугольник-эллипсы (rectellipses).

Со ссылкой теперь на фиг. 3С и 8А одновременно, блоки 200, 200' сканирования, соответственно, содержат многофокусный источник 202 рентгеновского излучения и матрицу 204 детекторов рентгеновского излучения, заключенные в корпус 201. Источник 202 содержит большое число точек истока или электронных пушек 220 в местоположениях, разнесенных вокруг источника 202 и расположенных в практически некруговой, например, прямоугольной геометрии вокруг объема 206 визуализации или контроля, согласно одному варианту осуществления. В вариантах осуществления матрица 204 детекторов рентгеновского излучения расположена между точками 220 истока рентгеновского излучения и объемом 206 визуализации таким образом, что точки истока 220 и матрица 204 детекторов окружают объем 206 визуализации.

Лента 208 конвейера транспортирует объекты/багаж, подлежащие контролю, через объем 206 визуализации вдоль продольной оси блоков 200, 200' сканирования. В одном варианте осуществления лента 208 конвейера имеет скорость 0,5 м/с, которая является приблизительно вдвое большей скорости общепринятых рентгеновских систем, которые обычно работают со скоростью около 0,25 м/с, и является приблизительно в три раза большей скорости общепринятых систем с поворотный гентри, которые обычно работают со скоростью около 0,15 м/с. В различных вариантах осуществления лента 208 конвейера имеет скорость в диапазоне от 0,1 м/с до 1,0 м/с. Как подающая, так и возвратная петли конвейера проходят через основание 216 объема 206 визуализации, имеющее глубину,

приблизительно составляющую 50 мм, в то время как пространство 240 (глубиной приблизительно 200 мм и имеющее ширину, равную ширине основания 216 объема 206 визуализации) резервируется в основании блоков 200, 200' сканирования для размещения автоматизированного устройства возврата лотков при объединении с автоматической системой управления возвратом лотков, согласно некоторым вариантам осуществления. Конвейер и обе петли подачи–возврата проходят через основание 216 объема 206 визуализации. Напротив, лотки, которые транспортировались через объем 206 визуализации или контроля конвейером 208, возвращаются назад через область 240, которая имеет глубину в диапазоне от 100 мм до 300 мм и предпочтительно имеет глубину 200 мм.

В различных вариантах осуществления прямоугольный корпус 201 имеет ширину в диапазоне от 800 мм до 1400 мм и высоту в диапазоне от 600 мм до 1500 мм. В вариантах осуществления корпус 201 имеет максимальную ширину 920 мм и максимальную высоту 720 мм. В различных вариантах осуществления корпус 201 выполнен с возможностью определять объем визуализации или туннель 206 контроля, который также является прямоугольным и имеет ширину в диапазоне от 500 мм до 1050 мм и высоту в диапазоне от 300 мм до 1050 мм. В некоторых вариантах осуществления корпус 201 выполнен с возможностью определять объем визуализации или туннель 206 контроля, который имеет ширину, приблизительно составляющую 620 мм, и высоту, приблизительно составляющую 420 мм.

В одном варианте осуществления, показанном на фиг. 2С, источник 202 рентгеновского излучения содержит 256 электронных пушек 220, сгруппированных в блоки по 16 электронных пушек, практически равноудаленно расположенных вокруг объема 206 визуализации с шагом 12 мм (а именно, интервал между центрами смежных электронных пушек составляет 12 мм). В различных вариантах осуществления источник 202 рентгеновского излучения содержит от 64 до 2048 электронных пушек, сгруппированных в 4–32 блока электронных пушек. В различных вариантах осуществления электронные пушки 220 разнесены с шагом в диапазоне от 10 мм до 14 мм. В этой конфигурации, каждая точка истока излучения имеет отличающееся поле зрения (FOV). В различных вариантах осуществления источники рентгеновского излучения излучают веерные пучки, которые имеют отличающиеся углы пучков, на основе местоположения точек истока рентгеновского излучения относительно объема визуализации.

В другом варианте осуществления, показанном на фиг. 8А, источник 202 рентгеновского излучения содержит 256 электронных пушек 220, разнесенных с шагом 12 мм (а именно, интервал между центрами смежных электронных пушек составляет 12 мм), сгруппированных в блоки по 8 электронных пушек, равноудаленно расположенные вокруг объема 206 визуализации. В различных вариантах осуществления источник 202 рентгеновского излучения содержит от 64 до 2048 электронных пушек, сгруппированных в 4–32 блока электронных пушек. В различных вариантах осуществления электронные

пушки 220 разнесены с шагом в диапазоне от 10 мм до 14 мм. Фиг. 8В показывает частичный местный вид угловой секционной компоновки 230, содержащей множество точек истока 220 рентгеновского излучения, к которой с обеих сторон примыкают смежные прямые секционные компоновки 235 электронных пушек 220, сгруппированные в блоки по 8 электронных пушек, согласно варианту осуществления, показанному на фиг. 8А. Каждая электронная пушка 220 источника 202 рентгеновского излучения излучает веерный пучок рентгеновского излучения, имеющий отличающееся поле зрения (FOV). В различных вариантах осуществления, источники рентгеновского излучения излучают веерные пучки, которые имеют отличающиеся углы пучков, на основе местоположения точек истока рентгеновского излучения относительно объема визуализации.

Общепринятые РТТ–системы с точками истока, расположенными в круговой геометрии, имеют одинаковый угол пучка рентгеновского излучения или угол покрытия рентгеновского излучения, излучаемого из каждой точки истока. В конфигурациях, показанных на фиг. 2С, 8А, и 8В, углы пучков являются отличающимися для отличающихся точек истока, вследствие отличающихся расстояний от каждой точки истока до детекторного элемента на пути пучка. В вариантах осуществления практически прямоугольное поле зрения реконструируется для прямоугольной области туннеля контроля. Конкретно, ближе к краям, угол пучка, образуемый излучаемыми рентгеновскими лучами 210, является более узким, в то время как ближе к середине объема 206 сканирования угол пучка, образуемый излучаемыми рентгеновскими лучами 212, является более широким. В некоторых вариантах осуществления углы пучков находятся в диапазоне от, приблизительно, 60 градусов до 120 градусов.

В одном варианте осуществления, показанном на фиг. 8А, матрица 204 детекторов рентгеновского излучения содержит 64 многоэнергетических детекторных модуля (элементов разрешения по энергии) или сегмента, каждый из которых имеет 16*4–пиксельную конфигурацию датчика, при шаге пикселей, составляющем 2,5 мм (а именно, интервале между центрами смежных детекторных элементов или датчиков). Фиг. 8С показывает 16*4–пиксельный многоэнергетический датчик 225 согласно одному варианту осуществления настоящего описания изобретения. Датчик 225 способен детектировать отдельные взаимодействующие фотоны с собственным разрешением, составляющим по меньшей мере 5 кэВ, и скоростью счета падающих фотонов, составляющей по меньшей мере 5 МГц/мм². В вариантах осуществления детектированные фотоны распределяются в один из 2–64 программируемых элементов разрешения по энергии, для обеспечения точного Z–эффективного измерения в последующих алгоритмах реконструкции изображения. В некоторых вариантах осуществления детектированные фотоны распределяются в один из шести программируемых элементов разрешения по энергии. В одном варианте осуществления энергетическими интервалами или окнами каждого из шести программируемых элементов разрешения по энергии являются, соответственно, 25 кэВ, 40 кэВ, 55 кэВ, 65 кэВ, 100 кэВ, 160 кэВ. Энергетические интервалы или окна каждого из шести программируемых элементов разрешения по энергии являются

настраиваемыми, в различных вариантах осуществления, для оптимизации Z-эффективной точности. В различных вариантах осуществления энергетические интервалы или окна каждого из шести программируемых элементов разрешения по энергии находятся в диапазоне от 15 кэВ до 200 кэВ.

В одном варианте осуществления каждый из 64 многоэнергетических детекторных модулей или сегментов матрицы 204 детекторов рентгеновского излучения имеет длину 60 мм. 64 многоэнергетических детекторных модуля или сегмента образуют прямоугольное кольцо или матрицу 204 детекторов вокруг объема 206 визуализации, как показано на фиг. 8А. В вариантах осуществления практически квадратная матрица 204 детекторов позволяет уменьшить общую высоту блока 200' сканирования таким образом, чтобы оператор и пассажир могли иметь контакт на уровне глаз друг с другом при контроле багажа пассажира.

Как показано на фиг. 2С, множество опорных средств 214а, 214b, и 214с, расположенных в точках вдоль периферии объема 206 визуализации, обеспечено для поддержки источника 202 рентгеновского излучения. В одном варианте осуществления опорные средства 214b и 214с также используются для обеспечения холодоносителя и электропитания для источника 202 рентгеновского излучения и системы 200 сканирования, соответственно.

Со ссылкой опять на фиг. 8А, показано множество первых структур 250 для обеспечения рассеяния тепла и по меньшей мере одна вторая структура 255 для обеспечения рассеяния тепла и для обеспечения подачи напряжения. Фиг. 8D является разрезом одной из множества первых структур 250 и упомянутой по меньшей мере одной второй структуры 255 вместе с соответствующими видами 250' и 255' сверху, согласно вариантам осуществления настоящего описания изобретения. Со ссылкой теперь на фиг. 8А, 8С и 8D, одновременно, множество первых структур 250 включает в себя теплопроводящий элемент 251 для рассеяния тепла из области 252 анода (фиг. 8D). В вариантах осуществления теплопроводящий элемент 251 изготовлен из керамики. В вариантах осуществления первая структура 250 выполнена с возможностью максимизировать механическую целостность и теплопроводность. Упомянутая по меньшей мере одна вторая структура 255 содержит теплопроводящий элемент 253, также изготовленный из керамики, для рассеяния тепла из области 254 анода, а также металлический стержень 256, который проходит через ее центр для подачи напряжения. Оба теплопроводящих элемента 251 и 253 включают в себя множество ребер 258 вдоль высоты на обеих сторонах для обеспечения теплу возможности рассеиваться в воздух. Следует понимать, что в некоторых вариантах осуществления использование первых и вторых структур 250, 255 устраняет потребность в циркуляции холодоносителя для охлаждения электронных пушек. Это, в свою очередь, уменьшает общую сложность и стоимость изготовления электронных пушек.

В различных вариантах осуществления теплопроводящие элементы 251, 253 изготовлены с использованием керамических электрических изоляционных материалов на

основе AlN (нитрида алюминия) для обеспечения прямой теплопередачи от анода в атмосферный воздух. Как показано на фиг. 8А, в некоторых вариантах осуществления множество первых структур 250 стратегически расположено вдоль периметра источника 202 таким образом, что каждая первая структура 250 вытягивает тепло из секции из множества электронных пушек 220. В некоторых вариантах осуществления каждая первая структура 250 вытягивает тепло из 32 электронных пушек 220. В других вариантах осуществления используются другие комбинации и числа первых структур 250 и вторых структур 255. В одном варианте осуществления всего используется десять структур, содержащих девять первых структур 250 и одну вторую структуру 255. В одном варианте осуществления упомянутые десять структур равноудаленно расположены вокруг периферии источника. В вариантах осуществления равные количества структур расположены вдоль каждой стороны некругового периметра источника. В некоторых вариантах осуществления некруговой периметр является прямоугольным, причем две его равные и противоположные стороны имеют первую длину, и другие две равные и противоположные стороны имеют вторую длину, причем первая длина является большей, чем вторая длина. В одном варианте осуществления большее число структур 250, 255 разворачивается вдоль сторон, имеющих первую длину, чем вдоль сторон, имеющих вторую длину. В одном варианте осуществления первые и вторые структуры ввариваются в корпус 201. Согласно одному варианту осуществления каждая из первых и вторых структур выполнена с возможностью рассеивать, в среднем, 64 Вт тепловой энергии в воздух.

Фиг. 8Е показывает различные виды по меньшей мере части множества точек истока рентгеновского излучения или электронных пушек 220 многофокусного источника 202 рентгеновского излучения (фиг. 2С и 8А), согласно некоторым вариантам осуществления. Как показано, вид 270 показывает первый и второй примыкающие модули 271, 272 источника рентгеновского излучения, каждый из которых содержит группу или сегмент из 8 электронных пушек 220. В одном варианте осуществления от 2 до 20 электронных пушек образованы как единое целое и расположены на или в единственной общей подложке 280. Вид 274 сверху (со стороны вакуума) модуля излучателя или модуля 271 источника рентгеновского излучения показывает подложку, содержащую 8 отдельно управляемых электронных пушек 220. Боковой разрез 273 показывает те же 8 электронных пушек 220 с нижележащей полосой 290 шины электропитания для параллельной подачи электропитания на отдельные катоды прямого накала. Вид 275 снизу (со стороны воздуха) для того же модуля 271 показывает 8 электронных пушек 220, установленных в общую изолирующую подложку 280. Виды 282 и 283 являются покомпонентными изображениями одной электронной пушки 220.

Со ссылкой теперь на виды 275, 282 и 283, чашка 278 управления сеткой и фокусировкой изготовлена из никеля посредством штамповки листа никеля с использованием механического пресса. Ножка 279 продолжается вниз от штампованной никелевой чашки 278. Ножку 279 изгибают на 90 градусов для фиксации на месте чашки

278 после расположения ножки 278 в керамической подложке 280. В некоторых вариантах осуществления керамическую подложку 280 припаивают на никелевое или медное кольцо. Катод 281 прямого накала, содержащий вольфрамовый проводник, соединяют через керамическую подложку 280. В вариантах осуществления стеклоприпой 292 (который является мелко измельченным стеклом, который, при повторном нагревании, спекается, размягчается, и растекается для образования уплотнения или покрытия) используется для образования уплотнений между металлом и керамикой. Использование никеля для чашки 278 и вольфрама для катода 281 прямого накала позволяет обеспечить общую оптимизацию стоимости изготовления источника 202 рентгеновского излучения (фиг. 8А). Модули, такие как модули 271 и 272, припаяны к корпусу 201 многофокусного источника 202 рентгеновского излучения (фиг. 8А).

Фиг. 3А показывает разрез источника рентгеновского излучения, запечатанного внутри стеклянной оболочки, согласно некоторым вариантам осуществления настоящего описания изобретения. В одном варианте осуществления анод и катод источника рентгеновского излучения, генерирующего рентгеновское излучение, подвергают механической обработке и устанавливают на стеклянное основание. Затем основание уплотняют со стеклянной верхней частью с использованием технологий плавления стекла, в результате чего анод 302 и катод 304 заключаются в стеклянную вакуумную оболочку 306. В одном варианте осуществления катод 304 является модульным. В различных вариантах осуществления толщина стеклянной оболочки 306 является однородной на всех участках тела стеклянной оболочки 306. В одном варианте осуществления толщина стеклянной оболочки 306 находится в диапазоне между 0,5 мм и 5 мм. В одном варианте осуществления толщина стеклянной оболочки 306 составляет 1 мм $\pm$ 0,3 мм. Поскольку стекло, как пропускающий материал, обеспечивает низкое поглощение рентгеновского излучения (материал с малым Z), конструкция источника, показанная на фиг. 3А, обеспечивает улучшенное различие материала. В вариантах осуществления анод 302 поддерживается с учетом различий в тепловом расширении между стеклянной оболочкой 306 и металлом анода. Блоки 308, обеспеченные поверх анода 302 и защитного электрода 318, являются, в одном варианте осуществления, скользящим соединением, которое учитывает тепловое расширение. Блоки 308 скользящего соединения прикреплены прямо к стеклянной оболочке 306 непосредственно под «пониженной» областью 312, как показано на фиг. 3А. Поскольку стеклянная оболочка 306 изменяет форму/объем вследствие тепла, генерируемого процессом генерирования рентгеновского излучения, расширение учитывается перемещением механизма скользящего соединения. Анод 302 соединен с высоковольтным (HV) источником питания через медную трубку 314. В одном варианте осуществления, каждый из блоков 308 скользящего соединения, соответственно, прикреплен к пониженной области 312 у дистального конца и прикреплен к аноду 302 у проксимального конца. В одном варианте осуществления блоки 308 скользящего соединения также прикреплены к медной трубке 314 вдоль по меньшей мере одной стороны, как показано на фиг. 3А. Блоки 308 скользящего соединения имеют

трехточечное соединение, посредством чего допускается расширение и при этом не допускается качание или поперечное перемещение. Керамические или стеклянные трубки 316 действуют в качестве изолирующих и обеспечивающих зазор элементов для защитных электродов 318, которые защищают HV-соединения и трубки от генерируемого рентгеновского излучения.

Фиг. 3В показывает другой вид источника рентгеновского излучения, запечатанного внутри стеклянной оболочки, согласно одному варианту осуществления настоящего описания изобретения. В этом варианте осуществления керамический изолятор 316' используется для уплотнения источника рентгеновского излучения после его расположения на стеклянном модуле. Керамический изолятор 316' является объемным изолятором, который прикреплен к стеклу, что позволяет не полагаться на саму стеклянную оболочку. Это обеспечивает большую стойкость источника рентгеновского излучения к HV-пробою, а также делает стеклянную оболочку более робастной. В результате варианты осуществления, показанные здесь, не требуют отдельных каналов охлаждения.

Фиг. 4А показывает катодный модуль согласно одному варианту осуществления настоящего описания изобретения. Катодный модуль 400 заключен в стеклянную оболочку 306, показанную на фиг. 3А, и содержит печатную плату 402, в которую вставлены элементы катода. Катодный модуль 400 дополнительно содержит сетку 404, диспенсерный катод 406 и катод 408 прямого накала, соединенный с и частично охваченный первичным фокусным электродом 410 через стеклянный проходной элемент 412. Катодный модуль 400 также содержит вторичный фокусный электрод 414.

В различных вариантах осуществления катодный модуль 400 системы контроля снабжен вторичным электродом 414, который поглощает любой всплеск энергии внутри катода 400. Вторичный электрод 414 поддерживается при потенциале заземления и действует в качестве ловушки или буфера, который захватывает электроны, которые иначе могут рассеиваться в случае короткого замыкания в катодном модуле 400. Расстояние от диспенсерного катода 406 до сетки 404 откалибровано таким образом, чтобы поддерживался заданный зазор, строго однородный по всем катодам. Диспенсер 406 генерирует электроны, которые образуют облако вокруг него. Посредством поддержания малого зазора, создается эффективная ограниченная область пространственного заряда, которая действует в качестве средства управления пропусканием, позволяющего одномоментно выходить только заданному числу электронов.

В одном варианте осуществления катодный модуль 400 прецизионно изготавливают в больших объемах. Основной катод создают с жесткими допусками с использованием роботов. В одном варианте осуществления вторичный фокусный электрод 414 не является частью прецизионного производства и добавляется к модулю отдельно. В одном варианте осуществления стеклянная опора для катода припаивается к стеклянной оболочке 306 (показано на фиг. 3А).

Фиг. 4В является покомпонентным изображением элементов катодного модуля, показанного на фиг. 4А. Фиг. 4С является видом сверху элементов катодного модуля, показанного на фиг. 4В. Со ссылкой на фиг. 4А, 4В и 4С, электрические соединения от каждого из первичного фокусного электрода 410, сетки 404, катода 408 прямого накала, вместе с соединением 416 заземления, размещенным внутри стеклянного проходного элемента 412, вставлены в печатную плату 402.

Фиг. 13 является блок-схемой последовательности из множества иллюстративных этапов способа изготовления катодного модуля 400 фиг. 4А. На этапе 1305, отдельные предварительно изготовленные катодные модули вставляют в оправку, которая располагает каждый катод относительно всех других катодов с требуемым допуском. Каждый катод вставляется в печатную плату. На этапе 1310, предварительно отлитую полусекцию стеклянной оболочки с отверстиями для каждого катодного элемента располагают поверх выровненной матрицы катодных элементов или модулей. После этого, на этапе 1315, каждый катодный модуль впаивают в секцию стеклянной оболочки, и стеклянную опору для катода припаивают к стеклянной оболочке. Наконец, на этапе 1320, катодная секция готова к спайке с соответствующей стеклянной анодной полусекцией.

Фиг. 5А показывает вид сверху матрицы катодов согласно одному варианту осуществления настоящего описания изобретения. Матрица 500 содержит множество катодных модулей 502, каждый из которых содержит сетку, диспенсерный катод и катод прямого накала, соединенный с и частично охваченный первичным фокусным электродом через стеклянный проходной элемент, как показано на фиг. 4А. Фиг. 5В показывает вид снизу матрицы катодов, показанного на фиг. 5А, согласно одному варианту осуществления настоящего описания изобретения. Фиг. 5С показывает другой вид матрицы катодов, показанной на фиг. 5В. Две линии 504 представляют вторичный электрод, который в одном варианте осуществления штампуются и вырезаются лазером с отверстиями в середине для размещения катодного модуля 500.

Фиг. 6 показывает сеточную управляющую последовательность элементов источника рентгеновского излучения согласно одному варианту осуществления настоящего описания изобретения. Кривые 602, 604, 606, и 608 представляют напряжения, поддерживаемые на вторичном электроде, первичном электроде, сеточной апертуре, и катоде, соответственно. В различных вариантах осуществления первичный и вторичный электроды управляют фокусировкой электронного пучка на мишень. Как показано, вторичный электрод поддерживается при потенциале заземления, и на первичном электроде устанавливают $-5В$, чтобы уменьшить последствия любого короткого замыкания между сеточной апертурой и катодом. Сеточная апертура определяет ограниченную оперативную область пространственного заряда вокруг катода и устанавливает базовый потенциал электронной пушки равным потенциалу заземления. Катод является основным компонентом с переключаемым потенциалом и действует для управления общей эмиссией электронной пушки. Как показано, потенциал,

поддерживаемый на катоде в положении выключения, составляет +5В и находится в диапазоне от -50В до -120В в положении включения. Кривая 610 представляет испускание рентгеновского излучения, которое следует за потенциалом катода. В вариантах осуществления, испускание рентгеновского излучения обратно пропорционально потенциалу катода. Чем более отрицательным будет потенциал катода, тем больше будет ток пучка и тем ярче будет испускание рентгеновского излучения.

Фиг. 7А показывает анод модуля источника рентгеновского излучения согласно одному варианту осуществления настоящего описания изобретения. В одном варианте осуществления анод 702 образован из медной трубки, содержащей холодоноситель, находящейся внутри коллимирующей структуры из нержавеющей стали. В одном варианте осуществления трубка холодоносителя (такая как медная трубка 314, показанная на фиг. 3А), отформована для образования анода/мишени в модуле источника системы контроля настоящего описания изобретения. В одном варианте осуществления трубка холодоносителя отформована с использованием гидроформинга, при котором большое количество воды вкачивается в трубку для обеспечения ее расширения до формы формовочной формы. Заданный материал затем вводят в пучок пламени, и вентилятор используют для обдувания этим материалом трубки, чтобы обеспечить нанесение этого материала на внутренние стенки трубки методом распыления. В одном варианте осуществления для получения покрытия из материала с малым Z, используемым материалом является карбид кремния. Дополнительно, в одном варианте осуществления вольфрам используют для создания заданных структур на покрытии из карбида кремния.

В одном варианте осуществления боковые стенки 704 пути входа электронов покрыты графитовыми трубками или толстым покрытием из карбида кремния. В различных вариантах осуществления поверхность анода 702, которая обращена к катоду, покрыта множеством материалов для получения структурированных поверхностей анода. Фиг. 7В показывает структурированную поверхность анода согласно одному варианту осуществления настоящего описания изобретения. Как показано на фиг. 7В, поверхность 710 анода покрыта карбидом кремния и затем структурирована полосами 712 богатого вольфрамом карбида вольфрама. Фиг. 7С показывает структурированную поверхность анода согласно другому варианту осуществления настоящего описания изобретения. Выступ 714 добавлен на поверхность 710 анода для образования веерообразных апертур для испускания из них пучка 716 рентгеновского излучения. Поверхность 710 анода объединяет область формирования рентгеновского излучения с областью формирования пучка для ограничения дозы облучения от рентгеновской трубки, а также для ослабления нефокусного излучения. В одном варианте осуществления весь анодный модуль, а не только поверхность, обращенная к катоду, покрыт карбидом кремния для минимизации нефокусного испускания рентгеновского излучения. В другом варианте осуществления конкретные заданные области анода покрыты карбидом вольфрама для определения областей испускания рентгеновского излучения.

Со ссылкой опять на фиг. 2А, 2С, 8А, следует понимать, что в отличие от

общепринятых систем с поворотным гентри, структура возбуждения для многофокусного источника 202 рентгеновского излучения не ограничена перемещением со стандартным спиральным поворотом вокруг контролируемого багажа. Таким образом, в различных вариантах осуществления структура возбуждения источника может быть фиксированной или случайной с однородным или неодинаковым временем облучения в каждой точке 220 истока. В различных вариантах осуществления время облучения находится в диапазоне от 50 мкс до 500 мкс для каждой проекции сканирования. В некоторых вариантах осуществления время облучения составляет 200 мкс для каждой проекции сканирования.

В различных вариантах осуществления для определения практически точных мер для Z-эффективности и плотности в реконструируемых РТТ-изображениях, как данные синограмм (многоэнергетические «необработанные» данные, создаваемые детекторами рентгеновского излучения для каждой проекции источника), так и реконструируемые данные изображений от одного или нескольких многоэнергетических элементов разрешения используют в определении типа опасности для каждого объекта, сегментированного на основании трехмерных данных изображений. В вариантах осуществления реконструируемое изображение становится доступным, как только задний край лотка конвейера выходит из области РТТ-визуализации блоков 200, 200' сканирования.

Согласно некоторым вариантам осуществления блоки 200, 200' сканирования, соответственно, выполнены с возможностью обеспечивать воксели реконструируемого изображения размером 0,8мм*0,8мм*0,8мм при размере туннеля контроля, составляющем 620мм(ширина)*420мм. Это эквивалентно размеру изображения среза, составляющему 775 пикселей (ширина)*525 пикселей (высота). Для длины лотка конвейера, составляющей 0,8 м, в каждом трехмерном изображении будет 1000 срезов. В некоторых вариантах осуществления пространственное разрешение РТТ-системы составляет 1,0 мм в центре туннеля контроля. В вариантах осуществления РТТ-система выполнена с возможностью обеспечивать Z-эффективное разрешение, составляющее +/- 0,2 атомного номера, в случае разрешения плотности в центре туннеля контроля, составляющего +/- 0.5%.

Фиг. 9 является разрезом, через объем визуализации, блока 900 сканирования (или блока 200' сканирования фиг. 8А). Изолированные электронные пушки или точки 920 истока показаны на противоположных сторонах объема 906 сканирования или контроля. Пучки 915 рентгеновского излучения входят в объем 906 визуализации и имеют угол пересечения, который соответствует длине детектора 904 на противоположной стороне.

Фиг. 10 является разрезом электронной пушки 1020 и модуля 1004 матрицы детекторов, расположенного на одном конце объема 906 визуализации блока 900 сканирования фиг. 9. В одном варианте осуществления анод 1085 и катод 1086 источника 1020 рентгеновского излучения изготовлены посредством механической обработки, и катодные секции 1086 установлены в одно из стеклянного, металлического, или керамического оснований 1087. Анодные секции 1085 установлены верхнюю часть 1088,

изготовленную с материалом (стеклом, металлом, или керамикой), который подобен материалу основания 1087. Затем, основание 1087 уплотняют с верхней частью 1088 с использованием пригодных технологий сварки, в результате чего анод 1085 и катод 1086 заключаются в вакуумную оболочку. В одном варианте осуществления металлический корпус используется для создания вакуумной оболочки электронной пушки 1020, причем металлический корпус включает в себя окно, изготовленное из материала с малым Z. Блок 1089, обеспеченный поверх анода 1085 и защитного электрода 1090, является скользящим соединением, которое учитывает тепловое расширение. Согласно одному аспекту настоящего описания изобретения, блок 1089 скользящего соединения прикреплен к проходному теплопроводящему элементу 1051 (также показанному на фиг. 8D), для обеспечения возможности рассеяния тепла из анода 1085. В вариантах осуществления элемент 1051 содержит множество ребер или продолжений 1058 для обеспечения возможности рассеяния тепла в атмосферный воздух. Использование теплопроводящего элемента 1051 устраняет потребность в циркуляции холодоносителя для уменьшения температуры анода.

Фиг. 14 является блок-схемой последовательности из множества иллюстративных этапов способа изготовления источника рентгеновского излучения или электронной пушки 1020 фиг. 10. На этапе 1405 анод и катод источника рентгеновского излучения изготавливают посредством механической обработки. На этапе 1410 анодную секцию устанавливают в стеклянную верхнюю часть. На этапе 1415 блок скользящего соединения обеспечивают поверх анода и защитного электрода для учета теплового расширения. На этапе 1420 блок скользящего соединения прикрепляют к проходному теплопроводящему элементу для обеспечения возможности рассеяния тепла из анода. Затем, на этапе 1425 катодную секцию устанавливают в стеклянное основание. Наконец, на этапе 1430 основание уплотняют со стеклянной верхней частью с использованием технологий плавления стекла, в результате чего анод и катод заключаются в стеклянную вакуумную оболочку.

Со ссылкой опять на фиг. 10, рентгеновское излучение, излучаемое из анода 1085, коллимируется с использованием коллиматора 1091 для формирования пучка 1015 рентгеновского излучения. В различных вариантах осуществления пучок 1015 рентгеновского излучения является веерным пучком. В вариантах осуществления самоколлимирующийся анод 1085 минимизирует нефокусное излучение. Пучок 1015 рентгеновского излучения выходит из электронной пушки 1020 через отверстие 1092 в защите 1093 по направлению к объему 1006 контроля. Отверстие 1092 является радиологически тонким окном для сохранения низкоэнергетического содержимого в пучке 1015. В альтернативных вариантах осуществления, когда металлический корпус используется для создания вакуумной оболочки электронной пушки 1020, отверстие 1092 (в металлическом корпусе) изготавливают из материала с малым Z. Матрицы 1004 детекторов расположены непосредственно под плоскостью отверстия 1092 (на той же стороне, что и пучок 1015 рентгеновского излучения), чтобы они лежали между

электронной пушкой 1020 и объемом 1006 контроля. Матрицы 1004 детекторов расположены внутри корпуса 1094 из свинца и композиционного материала с легким доступом для технического обслуживания снаружи объема 1006 контроля (с использованием множества винтов 1095). Корпус 1094 из свинца и композиционного материала минимизирует повреждение излучением различной электроники.

Со ссылкой опять на фиг. 2С и 8А, согласно аспектам настоящего описания изобретения, интервал времени, в течение которого каждая отдельная точка 220 истока рентгеновского излучения является «включенной», может быть настроен электронным образом и в реальном времени, в то время как во время каждой экспозиции источника точка истока является неподвижной (а не перемещается, что имеет место в случае общепринятой СТ-системы с поворотным гентри). Как описано выше, в отличие от общепринятых СТ-систем с поворотным гентри, структура возбуждения источника рентгеновского излучения для многофокусного источника 202 рентгеновского излучения не ограничена перемещением в стандартном спиральном повороте вокруг контролируемого объекта. Возможность случайного возбуждения источника, а также возможность использования неодинакового времени облучения для каждой точки 220 истока рентгеновского излучения, позволяют объединять рентгеновскую дифракционную (X-ray diffraction – XRD) систему с пропускающей РТТ-системой 900 (фиг. 9) с использованием одного и того же пучка 215 рентгеновского излучения для обеих XRD- и РТТ-систем. Таким образом, использование неодинакового времени облучения для каждой точки 220 истока рентгеновского излучения позволяет увеличить выборку для соответствующей XRD-системы – с использованием одного и того же пучка 215 рентгеновского излучения, используемого для пропускающей РТТ-системы – в предполагаемых опасных областях для автоматизированного встроенного обнаружения сигнала тревоги в реальном времени.

Фиг. 11 показывает разрез, через объем 1115 визуализации, блока сканирования (такого как блок 900 сканирования фиг. 9 и блок 1000 сканирования фиг. 10), объединенного с рентгеновской дифракционной системой визуализации, согласно одному варианту осуществления настоящего описания изобретения. В объединенной РТТ- и XRD-системе 1100 с фиг. 11 система 1100 выполнена с возможностью функционировать в виде первичной системы сканирования, использующей пропускающую РТТ с многоэнергетическими детекторами 1102, вместе с необязательной вторичной системой прояснения сигнала тревоги, использующей встроенную рентгеновскую дифракцию (XRD) реального времени. В вариантах осуществления рентгеновская дифракционная система визуализации содержит множество «жалюзийных» или «щелевых» коллиматоров 1105, расположенных под малым углом, например, 5 градусов, к пучку 1107 пропускающей РТТ-визуализации (в направлении к пучку 1107), вместе с пространственной матрицей энергодисперсионных детекторов 1110 рентгеновского излучения, которые расположены за коллиматорами 1105. Коллиматоры 1105 обеспечивают барьер, который предотвращает достижение рентгеновскими лучами

каждого детектора матрицы 1110, если они не поступают с конкретного направления приема. В различных вариантах осуществления коллиматоры 1105 расположены под углом, находящемся в диапазоне от 3 до 10 градусов.

Для каждой электронной пушки 1101 энергодисперсионные детекторы 1110 рентгеновского излучения для XRD-визуализации расположены непосредственно над плоскостью отверстия 1150, из которого излучается пучок 1107 пропускающей RTT-визуализации из электронной пушки 1101. В различных вариантах осуществления пучок 1107 является веерным пучком. Детекторы 1110 расположены внутри корпуса 1152 из свинца и композиционного материала. Многоэнергетические детекторы 1102 для пропускающей RTT-визуализации расположены непосредственно под плоскостью отверстия 1150 (что также описано со ссылкой на фиг. 8 и 9) внутри другого корпуса 1154 из свинца и композиционного материала. Корпуса 1152, 1154 являются легкодоступными (с использованием винтов) для сервисных работ и технического обслуживания детекторов 1110, 1102. Детекторы 1102 и 1110 расположены между отверстием 1150 и объемом 1115 контроля для каждой электронной пушки 1101, показанной на одной или другой стороне объема 1115 контроля.

В некоторых вариантах осуществления каждый из детекторов 1110 имеет чувствительную область 2,5мм(ширина)*2,5мм(высота), и вместе они образуют «стену» высотой 60 мм из датчиков, которая продолжается вокруг всей периферии объема визуализации или туннеля 1115 контроля. Большая чувствительная к энергии площадь дифракционных датчиков (составляющая около 41000 мм²) обеспечивает увеличение эффективности, которого общепринятые системы пытаются достичь либо посредством подхода с высокой интенсивностью пучков, либо посредством подхода с открытой коллимацией.

Как показано на фиг. 11, линии 1120 показывают величину дифракционного поля зрения, в то время как линии 1125 и 1130 указывают на пути рассеяния (содержащие рентгеновские дифракционные фотоны) под углом 5 градусов (относительно пучка 1107 пропускающей RTT) из двух иллюстративных областей 1135, 1140 шириной 20 мм, каждая из которых находится на расстоянии 120 мм от центра объема контроля/визуализации или туннеля 1115 контроля. Следует понимать, что матрица 1110 коллимированных детекторов может быть использован для определения разных областей контроля в контролируемом объекте.

Каждый чувствительный к энергии пиксел для счета фотонов в матрице 1110 дифракционных детекторов проецируется обратно в малый дугообразный объем внутри объема 1115 визуализации. Эта дуга определяется пересечением рентгеновского излучения из каждого отдельного пикселя датчика обратно через 5-градусный коллиматор 1105 с веерным пучком 1107, проецирующимся из электронной пушки или точки 1101 истока рентгеновского излучения через объем 1115 визуализации. Использование этой дуги с одномерной коллимацией обеспечивает значительно большую эффективность дифракции (а именно, число детектированных дифрагированных фотонов на каждый

падающий фотон рентгеновского излучения), чем эффективность дифракции в случае использования двумерной коллимации. Таким образом, каждый пиксел для счета фотонов в матрице 1110 дифракционных детекторов может измерять пространственное местоположение и энергию. Зная положение и энергию взаимодействующего фотона, можно определить местоположение, из которого прибыл рассеянный фотон, и элементный состав этого местоположения.

Для формирования приемлемого когерентного дифракционного сигнала, собирают данные для всех точек 801 истока в томографической сканограмме, и затем результаты собирают для каждого подобъема объема 1115 визуализации. Для сканера с 256 точками истока и средним количеством результатов когерентного дифракционного рассеяния на каждый подобъем на каждую сканограмму, составляющим четыре или пять, после сбора набора данных, каждый подобъем будет иметь более чем 1000 результатов, связанных с ним, соответствующих 256 событиям рассеяния в этом подобъеме. Типичный подобъем занимает площадь на плоскости визуализации, составляющую несколько квадратных сантиметров, при толщине объема, составляющей несколько миллиметров.

Согласно одному аспекту дифракционный сигнал (энергетический спектр) записывается для каждого датчика в матрице 1110 дифракционной визуализации для каждой точки 1101 истока рентгеновского излучения. Этот набор данных (содержащий как энергодисперсионные, так и угловые дисперсионные данные) преобразуют затем в двумерный набор изображений срезов с использованием способа обратных проекций для создания трехмерного дифракционного томографического изображения, где каждый воксел в изображении описывает дифракционный энергетический спектр (и, следовательно, состав материала) объекта, расположенного внутри объема 1115 визуализации в этой области пространства. Процесс происходит в реальном времени одновременно со сбором данных изображения пропускающей RTT. Таким образом, первичное детектирующее изображение (использующее пропускающую RTT-визуализацию) и вторичное проясняющее изображение (использующее XRD-визуализацию) создаются одновременно, и оба могут быть использованы для обеспечения общей способности детектировать опасность для каждого предмета в контролируемом объекте.

Следует понимать, что не требуется замедлять или останавливать конвейер во время процесса досмотра, а также не нужно повторно регистрировать контролируемый объект между процессами RTT-визуализации и дифракционной визуализации, поскольку оба процесса визуализации проводятся одновременно. Трехмерный объем каждого потенциально опасного объекта известен из RTT-данных объема и, таким образом, на втором этапе верификации, все дифракционные данные, относящиеся к этому одному объему (будь то объем или лист), могут быть объединены для максимизации статистических данных фотонов и, таким образом, создания дополнительной точной опорной точки в способности детектировать опасность.

Следует отметить, что те детекторы, которые не используются для передней

рентгеновской дифракционной или пропускающей РТТ–визуализации, будут записывать сигнал комптоновского обратного рассеяния, который является чувствительным индикатором материалов с малым Z , находящихся вблизи поверхности контролируемого объекта. В некоторых вариантах осуществления эта информация может быть реконструирована в изображение комптоновского рассеяния и дополнительно скоррелирована с данными РТТ–сканогамм для создания отдельного элемента в общей способности детектировать опасность для контролируемого объекта.

Фиг. 12 является блок–схемой последовательности из множества иллюстративных этапов способа автоматического детектирования и обнаружения опасности с использованием объединенных рентгеновской пропускающей РТТ– и XRD–систем фиг. 11. Со ссылкой теперь на фиг. 11 и 12, на этапе 1205 лента конвейера перемещает контролируемый объект через объем 1115 визуализации параллельно продольной оси сканера 1100. На этапе 1210, поскольку каждая точка 1101 истока излучает веерный пучок 1107 рентгеновского излучения, создаются томографические сигналы сканогамм пропускания от детекторов 1102, которые зависят от интенсивности рентгеновского излучения, падающего на детектор 1102, и данные об интенсивности, которые обеспечивают эти сигналы, записываются в память. Одновременно, поскольку каждая точка 1101 истока излучает веерный пучок 1107 рентгеновского излучения, дифракционные сигналы (энергетический спектр) записываются для каждого датчика в матрице 1110 дифракционной визуализации для каждой точки 1101 истока рентгеновского излучения.

На этапе 1215 после завершения сканирования томографические сигналы пропускания от детекторов 1102 обрабатывают с использованием способа отфильтрованных обратных проекций для формирования томографического изображения пропускания сканируемого объема. На этапе 1220 процессор детектирования опасности определяет, представляет ли томографическое изображение пропускания опасность. Если никакая опасность не детектирована, то тогда объект проясняют на этапе 1225. Однако если объект помечен как представляющий опасность, то тогда на этапе 1230 дифракционные сигналы, записанные с использованием детекторов 1110, преобразуют в двумерный набор изображений срезов с использованием итерационного способа обратных проекций для создания трехмерного дифракционного томографического изображения, где каждый воксел в изображении описывает дифракционный энергетический спектр (и, следовательно, состав материала) объекта, расположенного внутри объема 1115 визуализации в этой области пространства.

Для каждого сканирования данные томографического изображения пропускания от детекторов 1102 создают данные, относящиеся к ослаблению рентгеновского излучения для каждого пикселя изображения, которые, в свою очередь, соответствуют соответствующему подобъему объема томографической визуализации. Данные от детекторов 1110 рассеяния обеспечивают данные томографических дифракционных изображений, относящиеся к величине когерентного рассеяния внутри каждого

подобъема, и данные, относящиеся к величине некогерентного рассеяния внутри каждого подобъема. На этапе 1235 данные томографических дифракционных изображений, вместе с данными томографических изображений пропускания, анализируют с использованием процессора детектирования опасности для определения того, является ли опасность умеренной, или нет. Примерами параметров, которые получают на основании данных пропускания и/или дифракции, являются соотношение когерентной и некогерентной дифракции, типы материалов, определяемые на основании данных когерентной дифракции, плотность материалов, определяемая на основании данных некогерентной дифракции, корреляция значений пикселей томографических изображений пропускания с дифракционными данными. Таким образом, на основании данных брэгговского рассеяния для каждого детектированного события дифракции комбинация энергии рентгеновского излучения и угла рассеяния может быть использована для определения межатомного расстояния d материала, в котором имело место событие дифракции. На практике можно предположить, что угол рассеяния является постоянным, и упомянутая энергия может быть использована для различения разных материалов. Для комптоновского рассеяния, уровень рассеяния от каждого объема сканирования обеспечивает указание на плотность материала в этом объеме. Соотношение между комптоновским и когерентным рассеянием может быть также определено и использовано в качестве дополнительного параметра для охарактеризования материала визуализируемого объекта.

Специалистам в данной области техники следует понимать, что цель визуализации на основе дифракции и комптоновского обратного рассеяния состоит в генерировании альтернативного признака, который может быть использован для обнаружения конкретной опасности, выявленной анализом данных изображений многоэнергетической компьютерной томографии пропускания. В этом аспекте, нет необходимости, чтобы эффективность визуализации на основе дифракции и обратного рассеяния соответствовала лабораторному уровню, поскольку необходимо только прояснить опасность, выявленную анализом более качественных данных рентгеновской визуализации пропускания. Это облегчает дифракционную визуализацию при высокой скорости конвейера (находящей в диапазоне от 0,1 м/с до 0,5 м/с), при которой системам обычно может не хватать фотонов для создания сигнала лабораторного уровня.

Вышеупомянутые примеры являются просто иллюстрацией многих применений системы по настоящему описанию изобретения. Хотя здесь были описаны только некоторые варианты осуществления настоящего изобретения, следует понимать, что настоящее изобретение может быть реализовано во многих других конкретных формах, не выходя за рамки сущности и объема настоящего изобретения. Таким образом, настоящие примеры и варианты осуществления следует рассматривать как иллюстративные, а не ограничивающие, и настоящее изобретение может быть модифицировано в пределах объема прилагаемой формулы изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система рентгеновского контроля для сканирования объекта, содержащая:
корпус, окружающий объем сканирования;
конвейер для транспортирования объекта через объем сканирования для контроля;
многофокусный источник рентгеновского излучения, имеющий множество точек истока рентгеновского излучения, расположенных в некруговой геометрии вокруг объема сканирования, причем угол пучка рентгеновского излучения, генерируемого каждой из упомянутого множества точек истока рентгеновского излучения, является неодинаковым по упомянутому множеству точек истока рентгеновского излучения;
матрицу детекторов, расположенную между источником рентгеновского излучения и объемом сканирования, причем упомянутая матрица детекторов имеет множество многоэнергетических детекторных модулей, расположенных в некруговой геометрии вокруг объема сканирования, для детектирования рентгеновского излучения, проходящего через объект во время сканирования; и
процессор для анализа данных синограмм и реконструируемых данных изображений объекта, контролируемого для идентификации опасности.
2. Система по п. 1, причем корпус является практически прямоугольным, и причем корпус имеет ширину в диапазоне от 800 мм до 1400 мм и высоту в диапазоне от 600 мм до 1500 мм.
3. Система по п. 1, причем некруговая геометрия упомянутого множества точек истока рентгеновского излучения является прямоугольной.
4. Система по п. 1, причем некруговая геометрия упомянутого множества многоэнергетических детекторных модулей является прямоугольной.
5. Система по п. 1, причем объем сканирования имеет ширину в диапазоне от 500 мм до 1050 мм и высоту в диапазоне от 300 мм до 1050 мм.
6. Система по п. 1, причем каждый из упомянутого множества многоэнергетических детекторных модулей выполнен с возможностью распределять детектированные фотоны в один из 2–64 элементов разрешения по энергии.
7. Система по п. 1, причем многофокусный источник рентгеновского излучения имеет множество точек истока рентгеновского излучения в диапазоне от 64 до 2048 точек истока рентгеновского излучения, причем упомянутое множество точек истока рентгеновского излучения выполнены во множестве групп, и причем каждая из упомянутого множества групп имеет от 4 до 32 точек истока рентгеновского излучения.
8. Система по п. 7, причем группа содержит восемь точек истока рентгеновского излучения.
9. Система по п. 7, причем каждую группу из упомянутого множества групп поддерживает общая изолирующая подложка.
10. Система по п. 1, причем конвейер имеет скорость в диапазоне от 0,1 м/с до 1,0 м/с.
11. Способ сканирования объекта с использованием рентгеновского сканера,

имеющего объем сканирования, содержащий:

транспортировку объекта через объем сканирования с использованием конвейера;
облучение объекта рентгеновским излучением, генерируемым многофокусным источником рентгеновского излучения, причем источник рентгеновского излучения имеет множество точек истока рентгеновского излучения, расположенных в первой некруговой геометрии вокруг объема сканирования, и причем углы пучков рентгеновского излучения из упомянутого множества точек истока рентгеновского излучения являются неодинаковыми;

детектирование рентгеновского излучения, проходящего через объект, с использованием матрицы детекторов, расположенной между источником рентгеновского излучения и объемом сканирования, причем упомянутая матрица детекторов имеет множество многоэнергетических детекторных модулей, расположенных во второй некруговой геометрии вокруг объема сканирования; и

анализ данных синопграмм и реконструируемых данных изображений объекта, контролируемого для идентификации опасности.

12. Способ по п. 11, причем первая некруговая геометрия упомянутого множества точек истока рентгеновского излучения является прямоугольной.

13. Способ по п. 1, причем вторая некруговая геометрия упомянутого множества многоэнергетических детекторных модулей является прямоугольной.

14. Способ по п. 11, причем первая некруговая геометрия является такой же, как вторая некруговая геометрия.

15. Способ по п. 11, причем объем сканирования имеет ширину в диапазоне от 500 мм до 1050 мм и высоту в диапазоне от 300 мм до 1050 мм.

16. Способ по п. 11, причем каждый из упомянутого множества многоэнергетических детекторных модулей распределяет детектированные фотоны в один из 2–64 элементов разрешения по энергии.

17. Способ по п. 11, причем упомянутый многофокусный источник рентгеновского излучения имеет множество точек истока рентгеновского излучения в диапазоне от 64 до 2048 точек истока рентгеновского излучения, причем упомянутое множество точек истока рентгеновского излучения выполнены во множестве групп, и причем каждая из упомянутого множества групп имеет от 4 до 32 точек истока рентгеновского излучения.

18. Способ по п. 11, причем упомянутый конвейер имеет скорость в диапазоне от 0,1 м/с до 1,0 м/с.

19. Способ по п. 11, причем каждая из упомянутых точек истока рентгеновского излучения имеет время облучения в диапазоне от 50 мкс до 500 мкс для каждой проекции сканирования.

20. Система рентгеновского контроля для сканирования объекта, содержащая:

корпус, окружающий объем сканирования;

конвейер для транспортирования объекта через объем сканирования для контроля;

многофокусный источник рентгеновского излучения, имеющий множество точек

источка рентгеновского излучения, расположенных в некруговой геометрии вокруг объема сканирования, причем поля зрения пучков рентгеновского излучения, генерируемых каждой из упомянутого множества точек источника рентгеновского излучения, изменяются по упомянутому множеству точек источника рентгеновского излучения;

первую матрицу детекторов, расположенную между источником рентгеновского излучения и объемом сканирования, причем упомянутая первая матрица детекторов имеет множество многоэнергетических детекторных модулей, расположенных в некруговой геометрии вокруг объема сканирования, для детектирования рентгеновского излучения, проходящего через объект во время сканирования;

вторую матрицу детекторов, расположенную между источником рентгеновского излучения и объемом сканирования, для детектирования рентгеновского излучения, дифрагированного от объекта во время сканирования, причем упомянутая вторая матрица детекторов имеет множество энергодисперсионных детекторных модулей, расположенных за множеством связанных коллиматоров, которые расположены под углом к пучкам рентгеновского излучения; и

процессор для одновременного генерирования томографического изображения пропускания с использованием упомянутого рентгеновского излучения, проходящего через объект, и томографического дифракционного изображения с использованием упомянутого рентгеновского излучения, дифрагированного от объекта, для идентификации опасности.

21. Система по п. 20, причем упомянутое поле зрения находится в диапазоне от приблизительно 60 градусов до 120 градусов.

22. Система по п. 20, причем упомянутые коллиматоры расположены под углом в диапазоне от 3 градусов до 10 градусов к направлению пучков рентгеновского излучения.

23. Система по п. 20, причем часть по меньшей мере одной из упомянутых первой и второй матриц детекторов детектирует обратно рассеянное от объекта рентгеновское излучение, причем упомянутый процессор также генерирует изображение обратного рассеяния объекта, которое также используется для идентификации опасных объектов.

24. Система по п. 23, причем упомянутое томографическое дифракционное изображение и/или упомянутое изображение обратного рассеяния используют для прояснения и/или подтверждения опасности, выявленной анализом упомянутого томографического изображения пропускания.

25. Система рентгеновского контроля для сканирования предметов, содержащая: стационарный источник рентгеновского излучения, простирающийся вокруг прямоугольного объема сканирования и задающий множество точек источника, из которых рентгеновское излучение может быть направлено через объем сканирования;

матрицу детекторов рентгеновского излучения, также простирающуюся вокруг прямоугольного объема сканирования и выполненную с возможностью детектировать рентгеновское излучение из точек источника, которые прошли через объем сканирования;

конвейер, выполненный с возможностью транспортировать предметы через объем

сканирования; и

по меньшей мере один процессор для обработки детектируемого рентгеновского излучения для создания сканированных изображений предметов.

26. Система рентгеновского контроля по п. 25, причем каждая точка истока испускает рентгеновское излучение, имеющее отличающийся угол пучка.

27. Система рентгеновского контроля по п. 25, причем каждая точка истока заключена в одну из стеклянной, металлической и керамической оболочек.

28. Система рентгеновского контроля по п. 25, причем каждая точка истока содержит:

анодный модуль, содержащий мишень, соединенную с высоковольтным источником питания; один или более блоков скользящего соединения для учета теплового расширения мишени; и защитный электрод для защиты мишени и источника питания от рентгеновского излучения; и

катодный модуль, содержащий по меньшей мере сетку, диспенсерный катод, катод прямого накала и первичный фокусный электрод, вставленный в печатную плату, и вторичный фокусный электрод для защиты катодного модуля от любого всплеска энергии.

29. Система рентгеновского контроля по п. 28, причем мишень образована из медной трубки холодоносителя, подающей холодоноситель в анодный модуль.

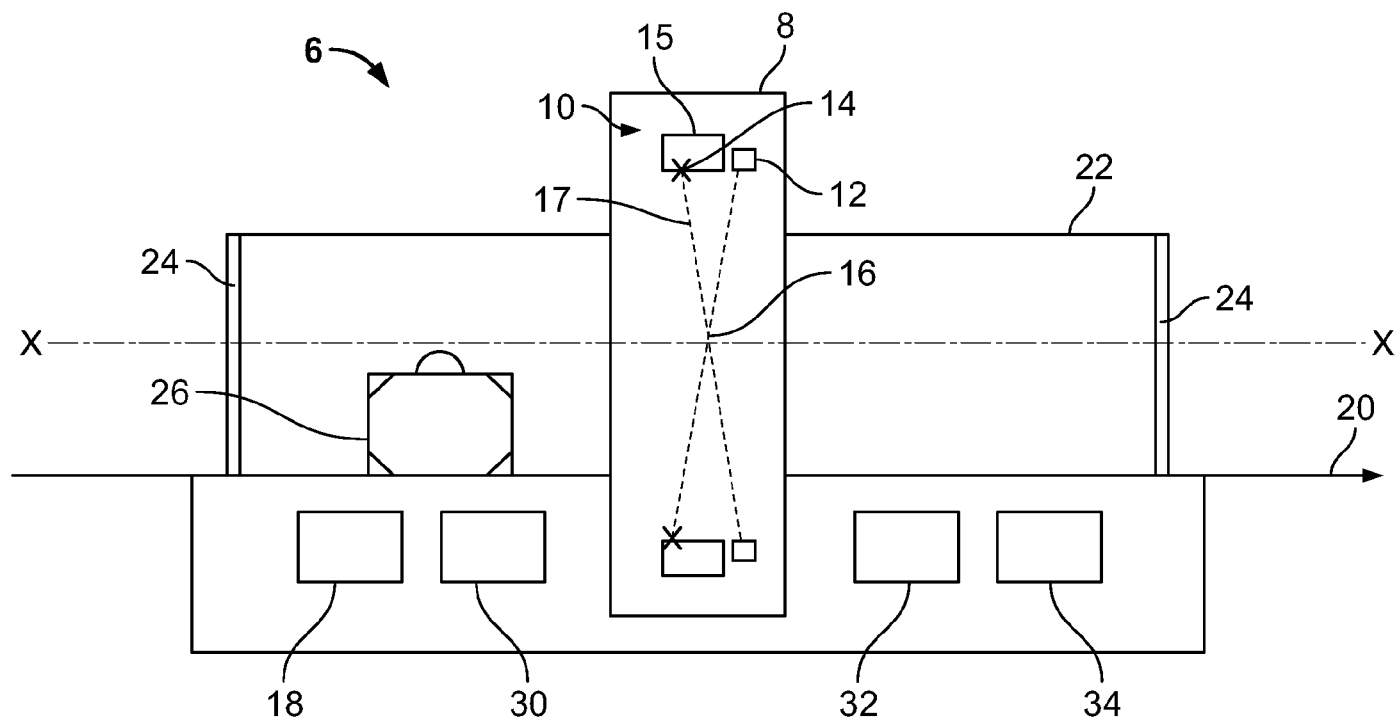
30. Система рентгеновского контроля по п. 28, причем трубка холодоносителя отформована в мишени с использованием гидроформинга.

31. Система рентгеновского контроля по п. 28, причем вторичный электрод поддерживается при потенциале заземления.

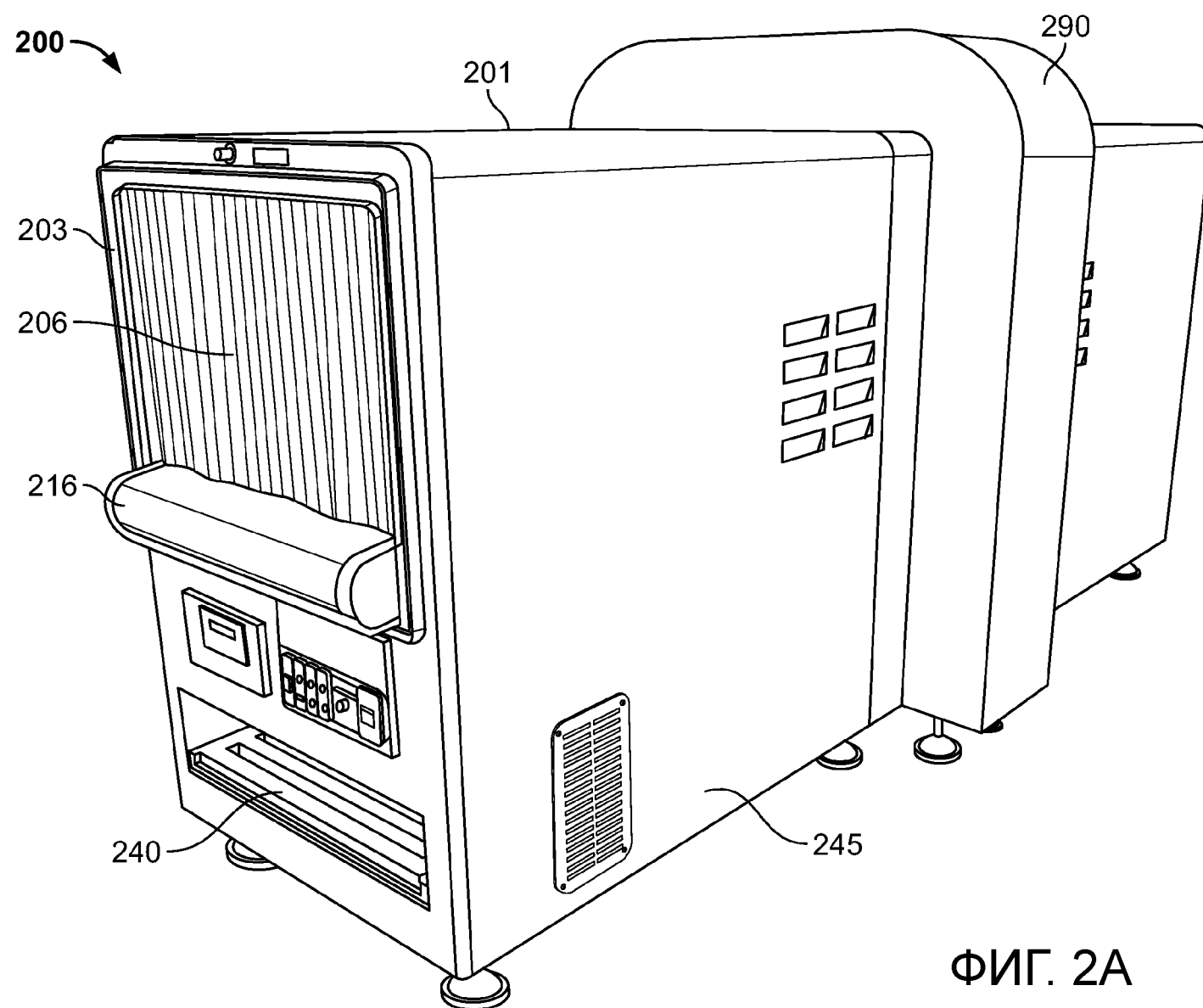
32. Система рентгеновского контроля по п. 28, причем мишень покрыта карбидом кремния и затем структурирована полосами богатого вольфрамом карбида вольфрама.

33. Система рентгеновского контроля по п. 28, причем мишень содержит множество выступов для образования веерообразных апертур.

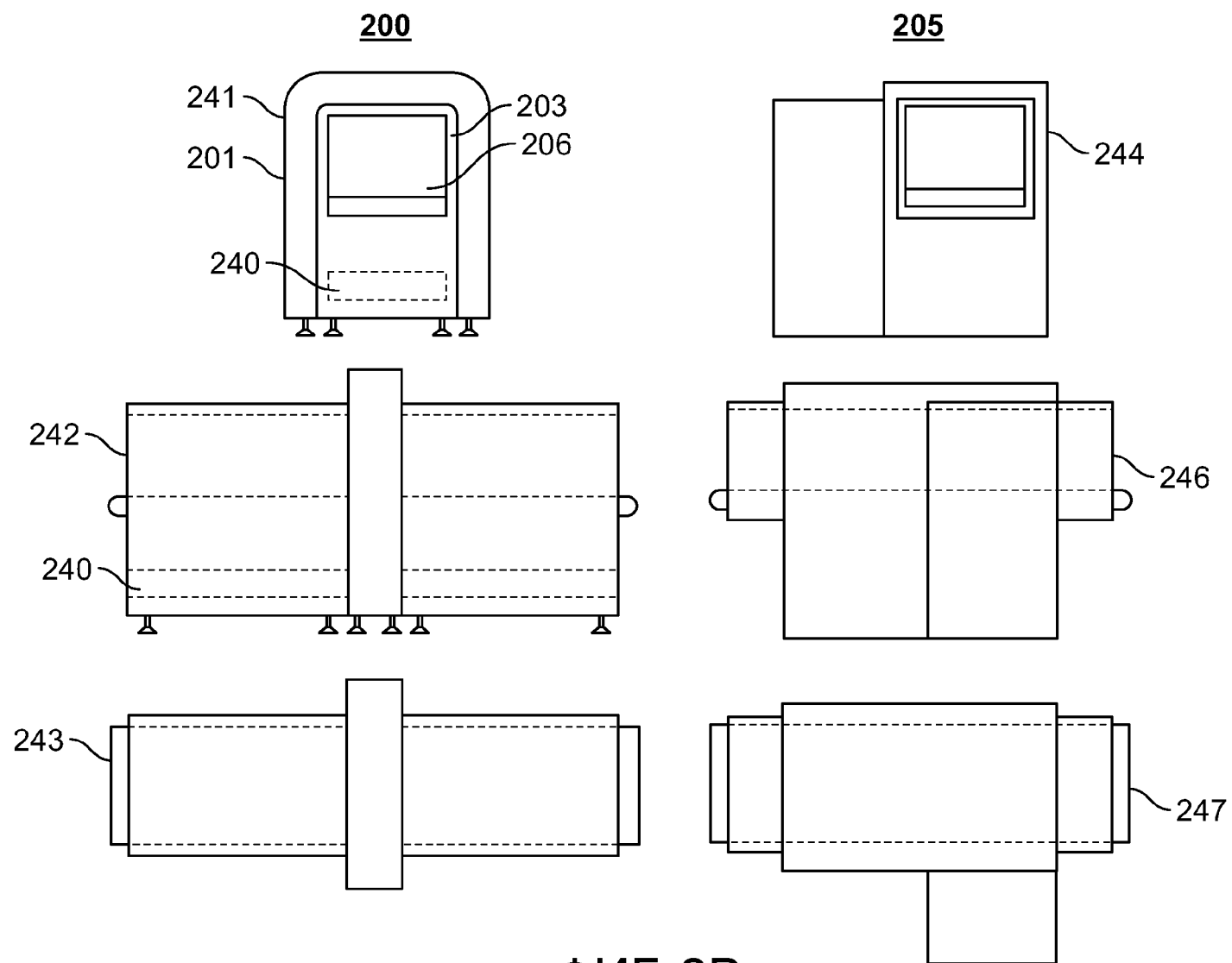
По доверенности



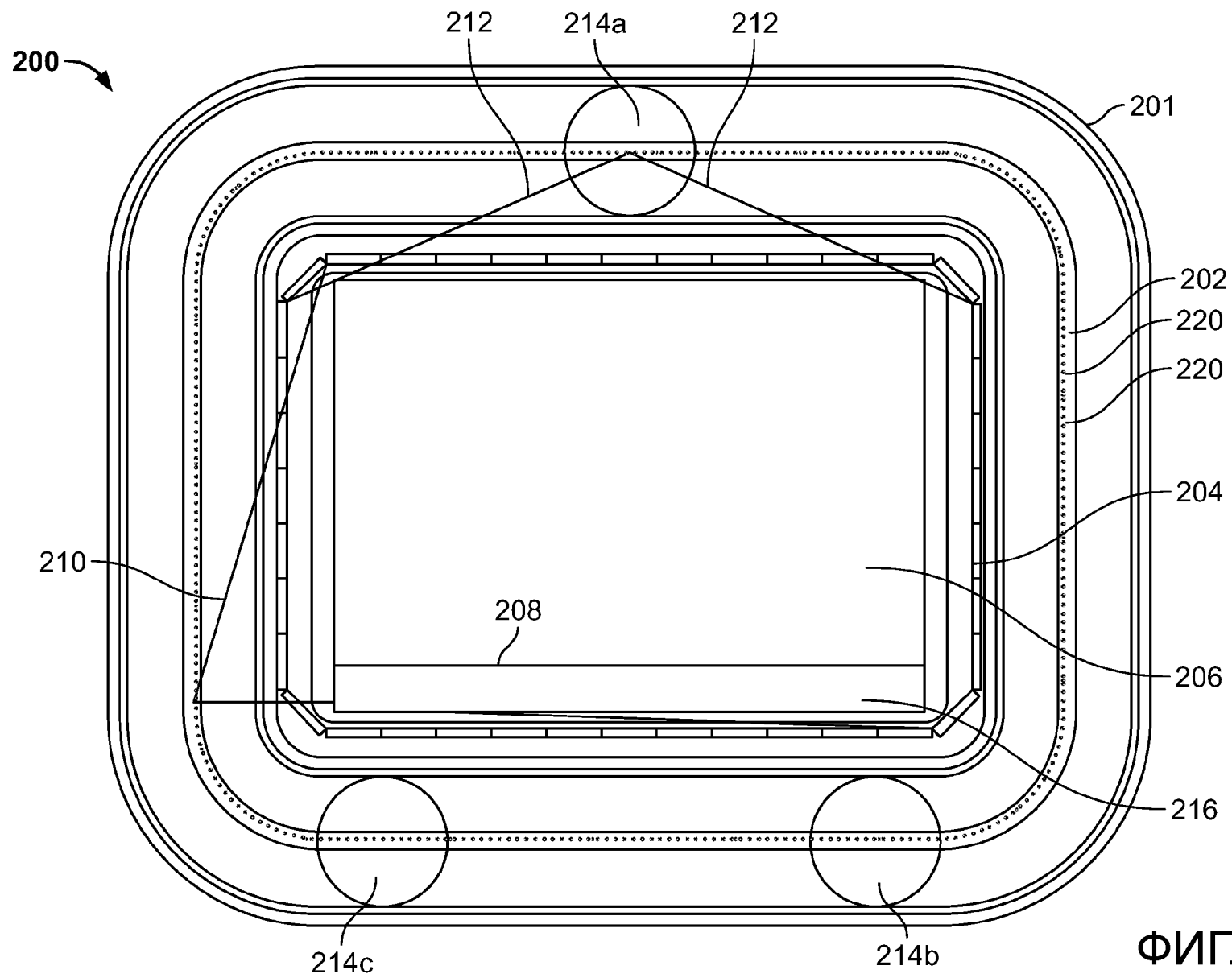
ФИГ. 1
(Уровень техники)



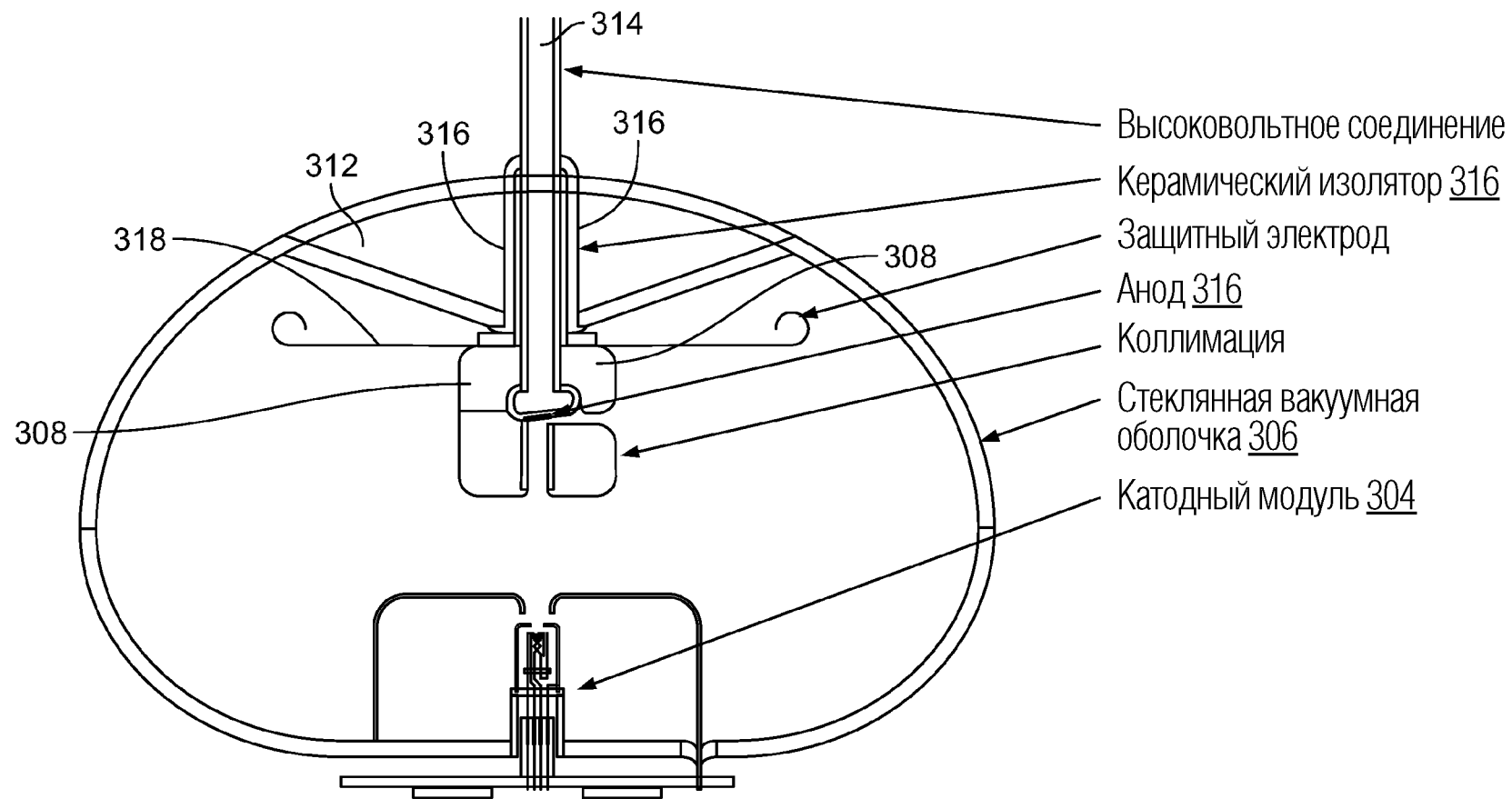
ФИГ. 2А



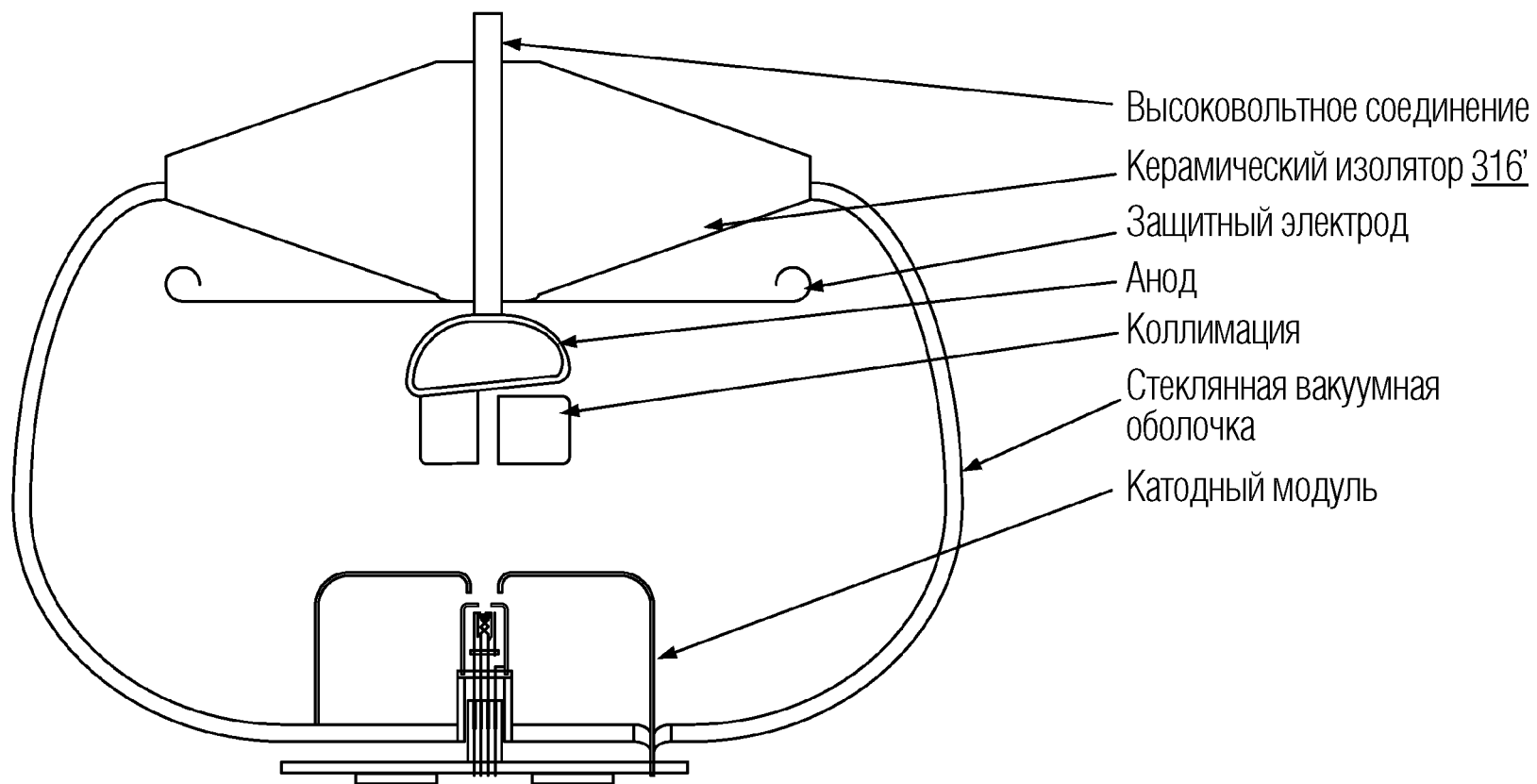
ФИГ. 2В



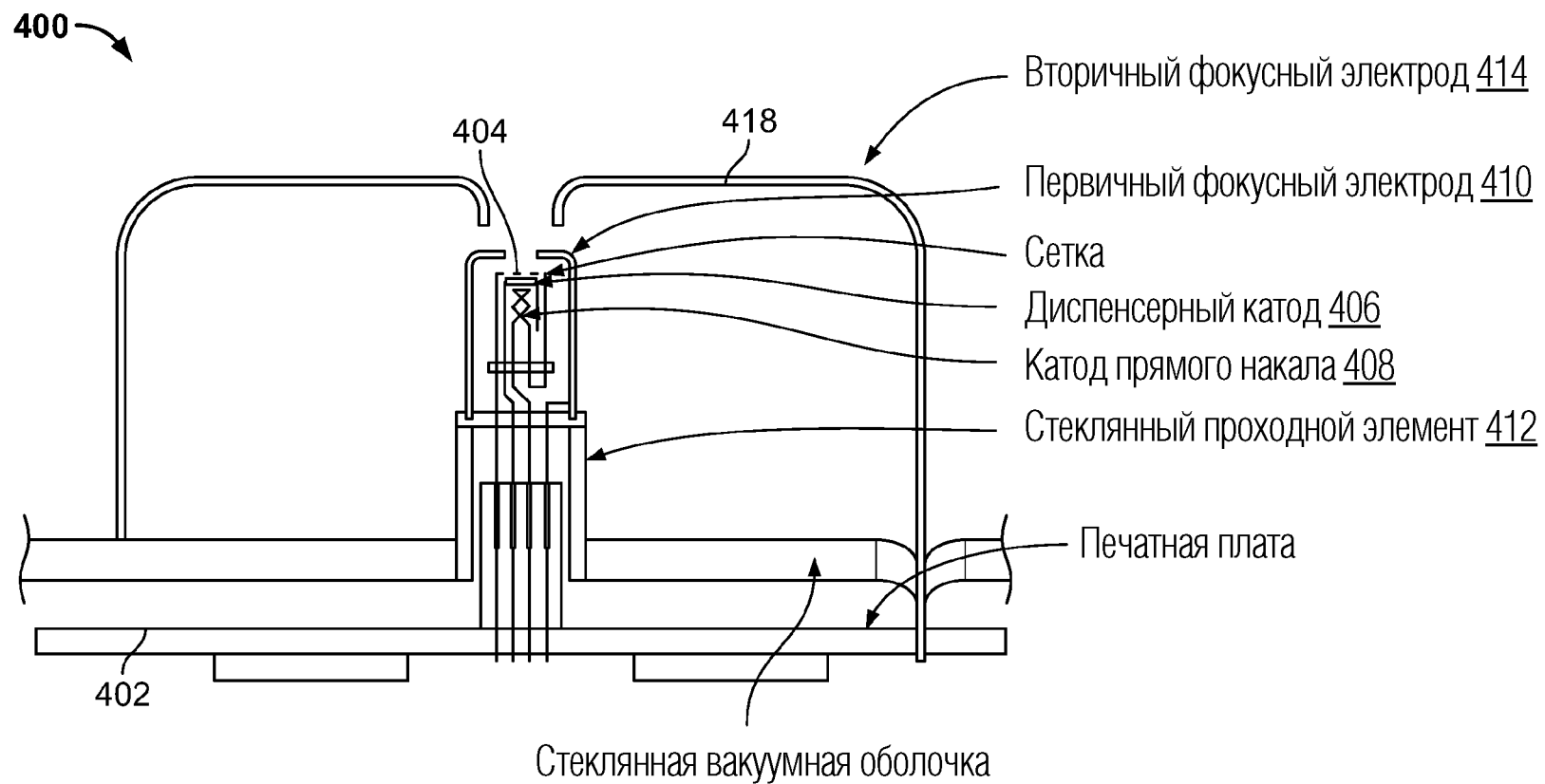
ФИГ. 2С



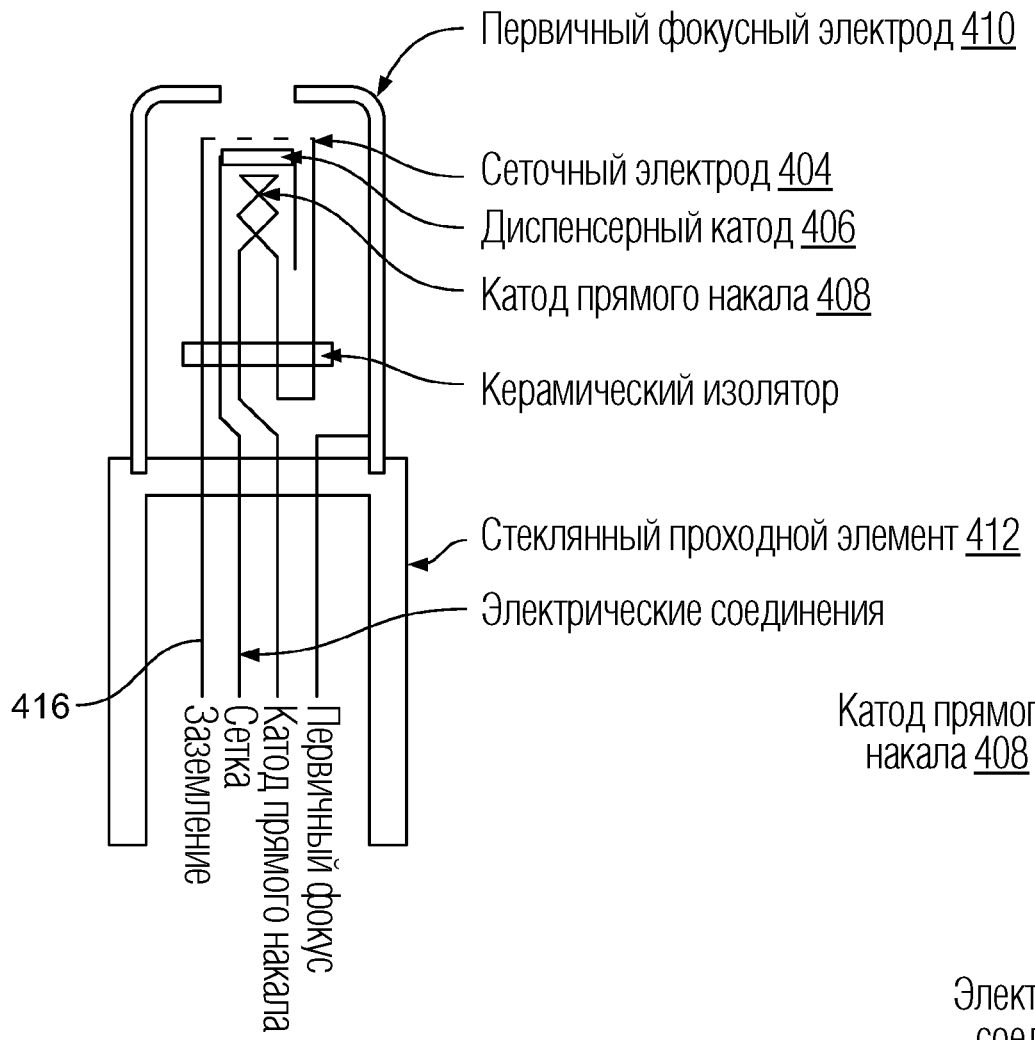
ФИГ. 3А



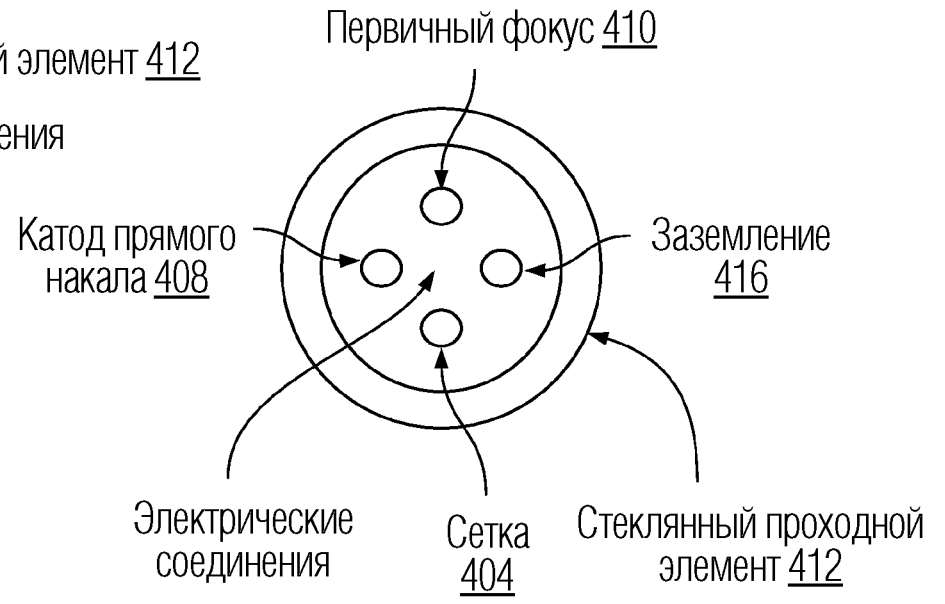
ФИГ. 3В



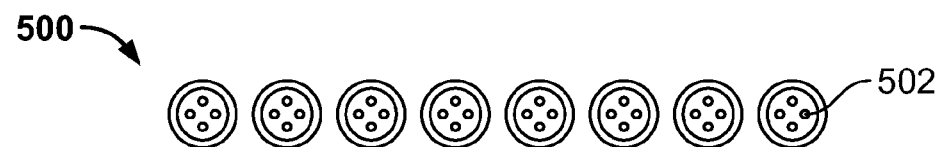
ФИГ. 4А



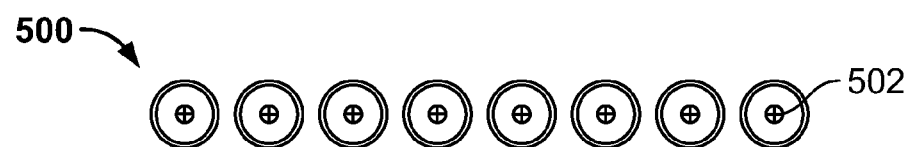
ФИГ. 4В



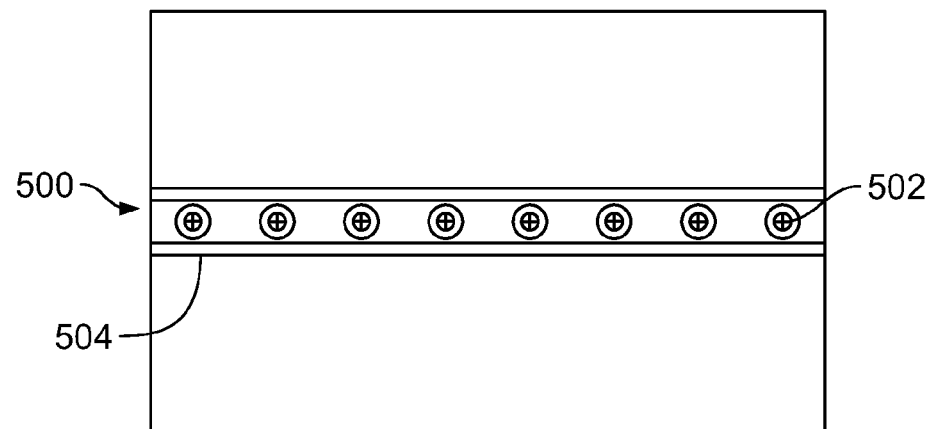
ФИГ. 4С



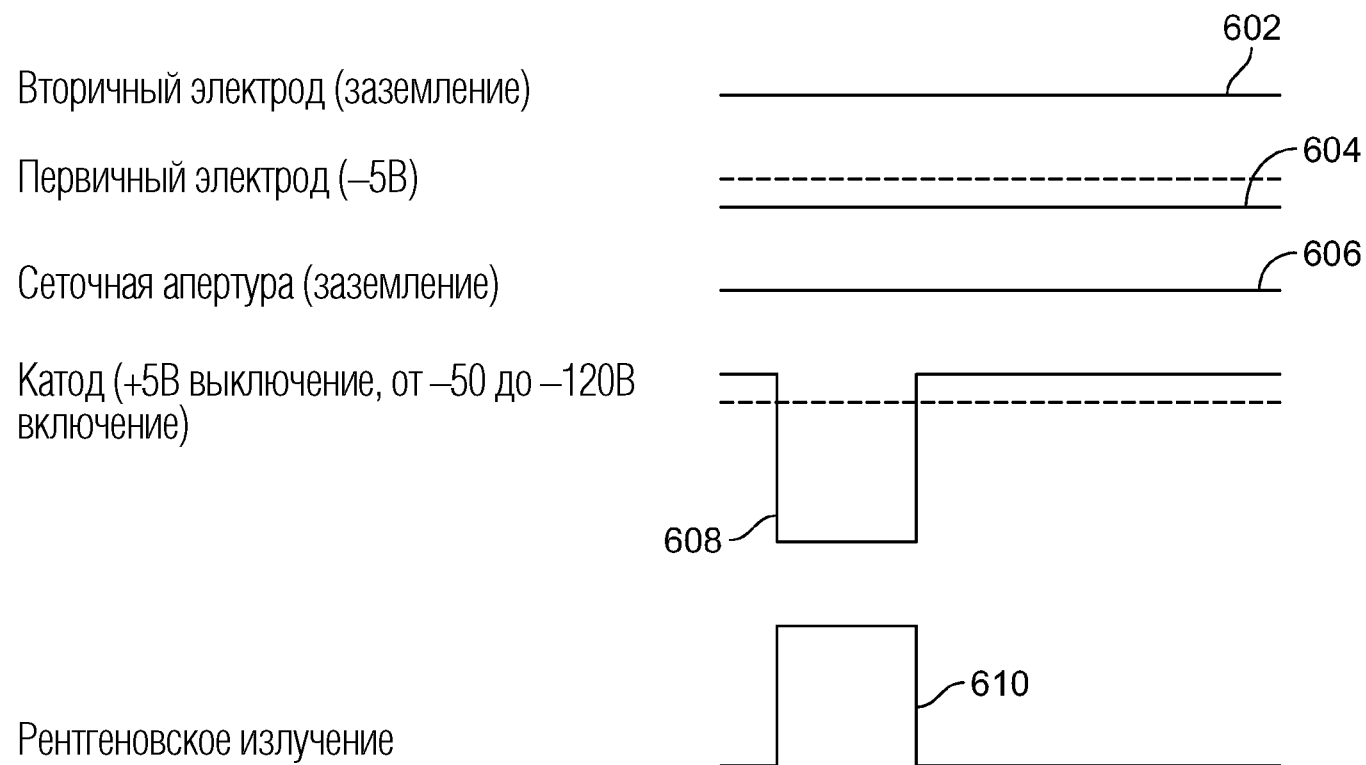
ФИГ. 5А



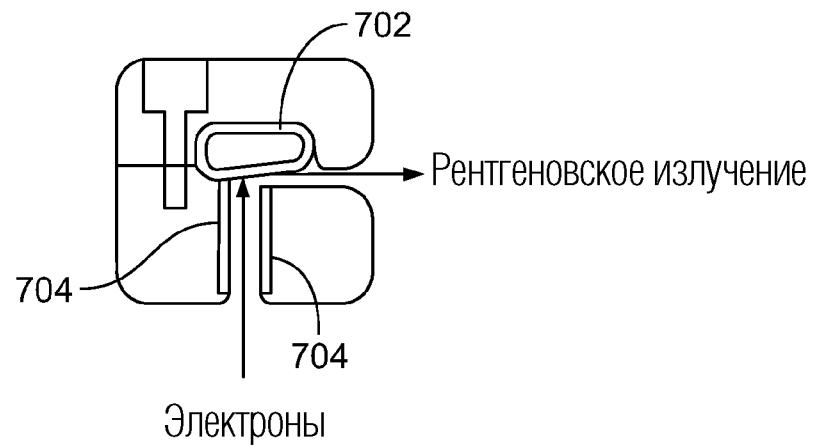
ФИГ. 5В



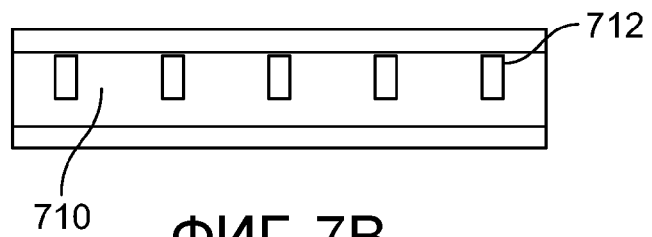
ФИГ. 5С



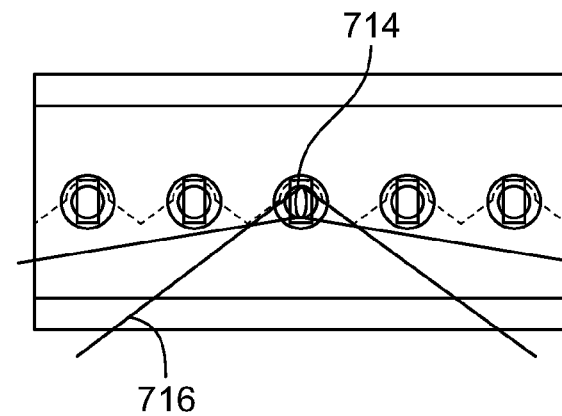
ФИГ. 6



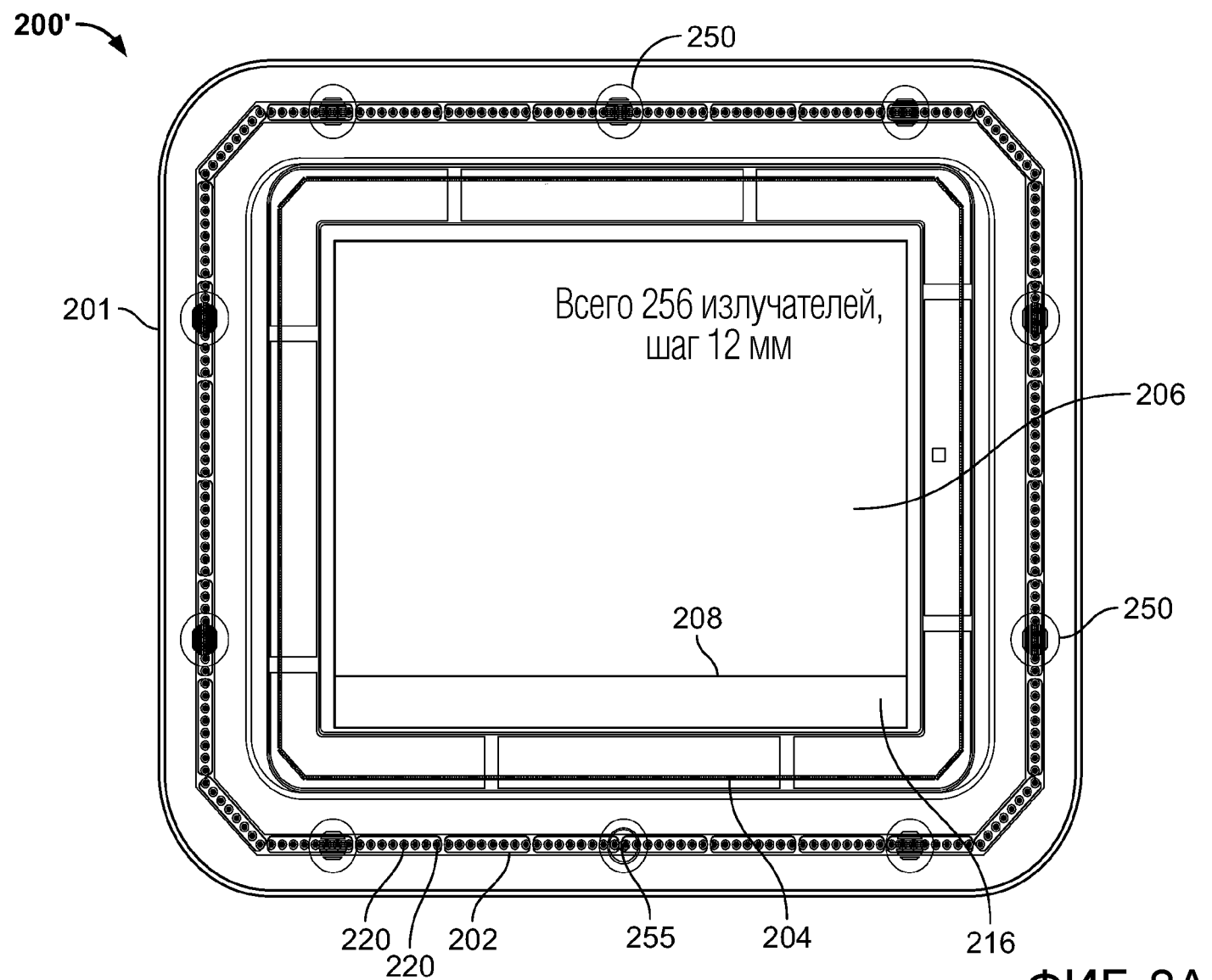
ФИГ. 7А



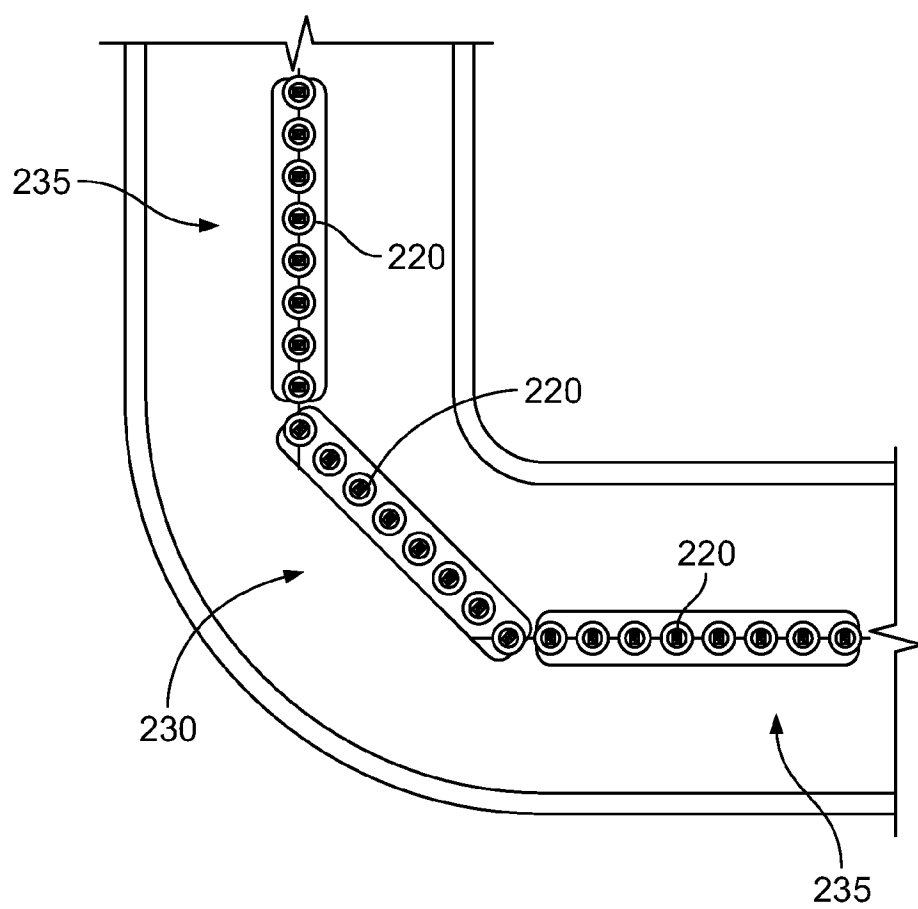
ФИГ. 7В



ФИГ. 7С



ФИГ. 8А



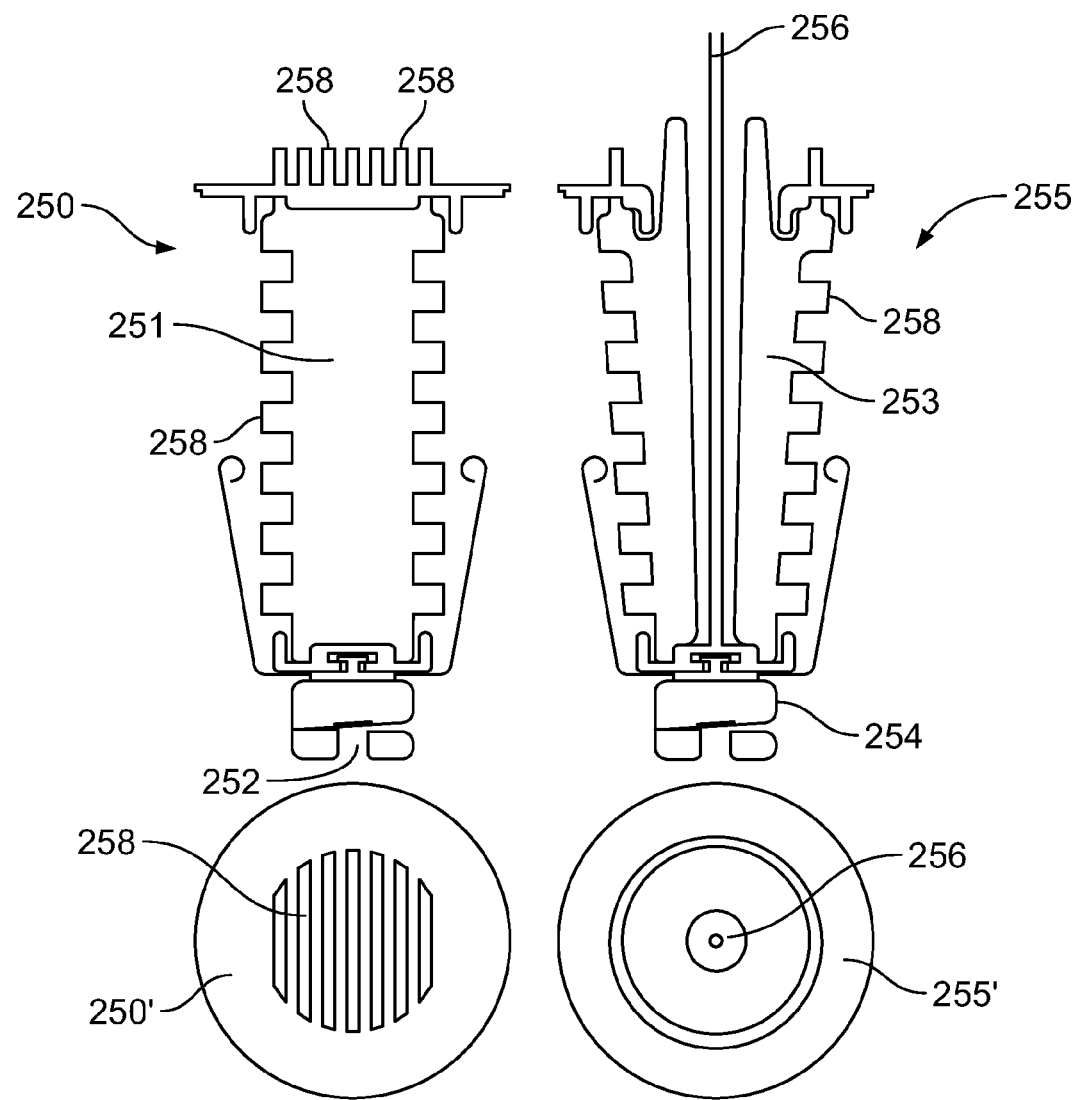
ФИГ. 8В

225

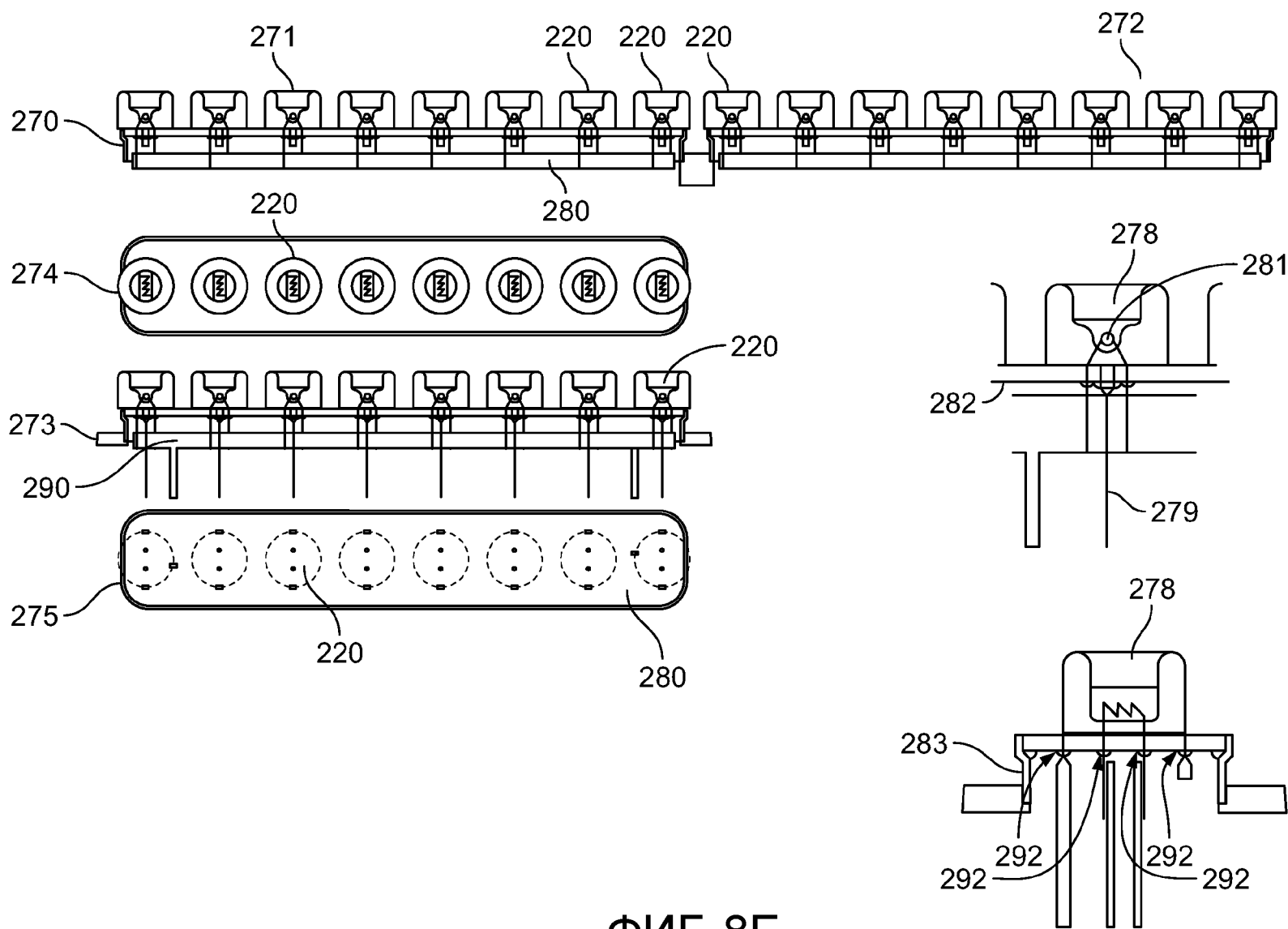
Матрица датчиков с шагом 2,5 мм,
всего $16 \times 4 = 64$ пикселей,
 $39,9 \pm 0,1$ мм



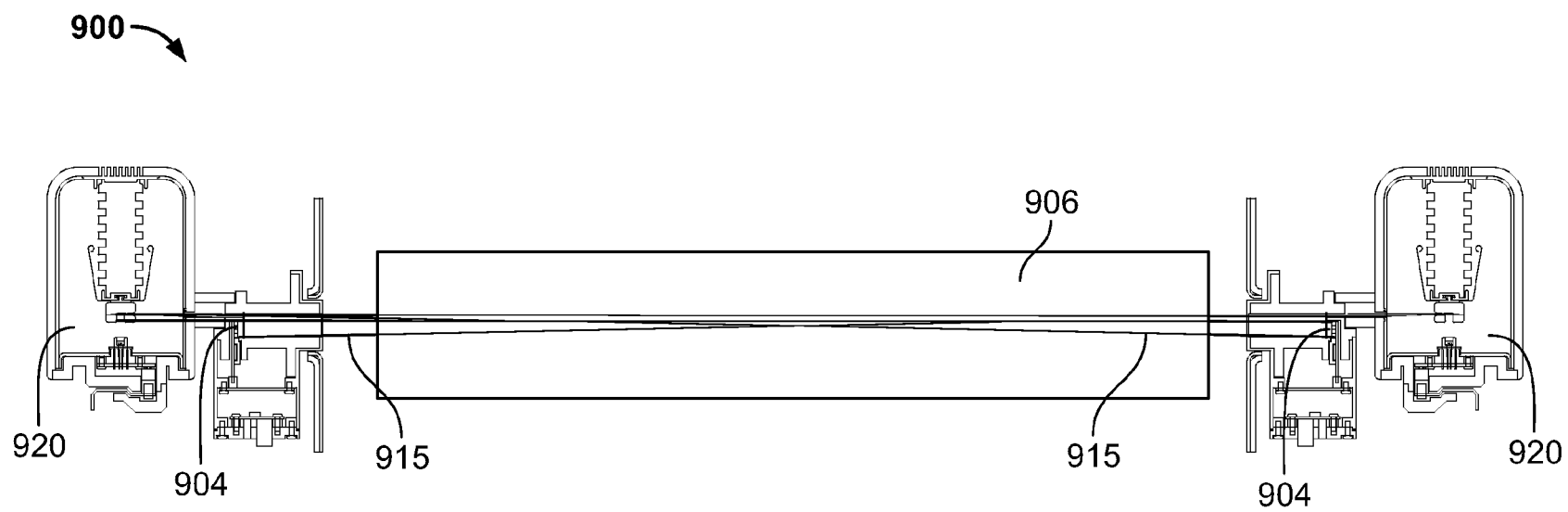
ФИГ. 8С



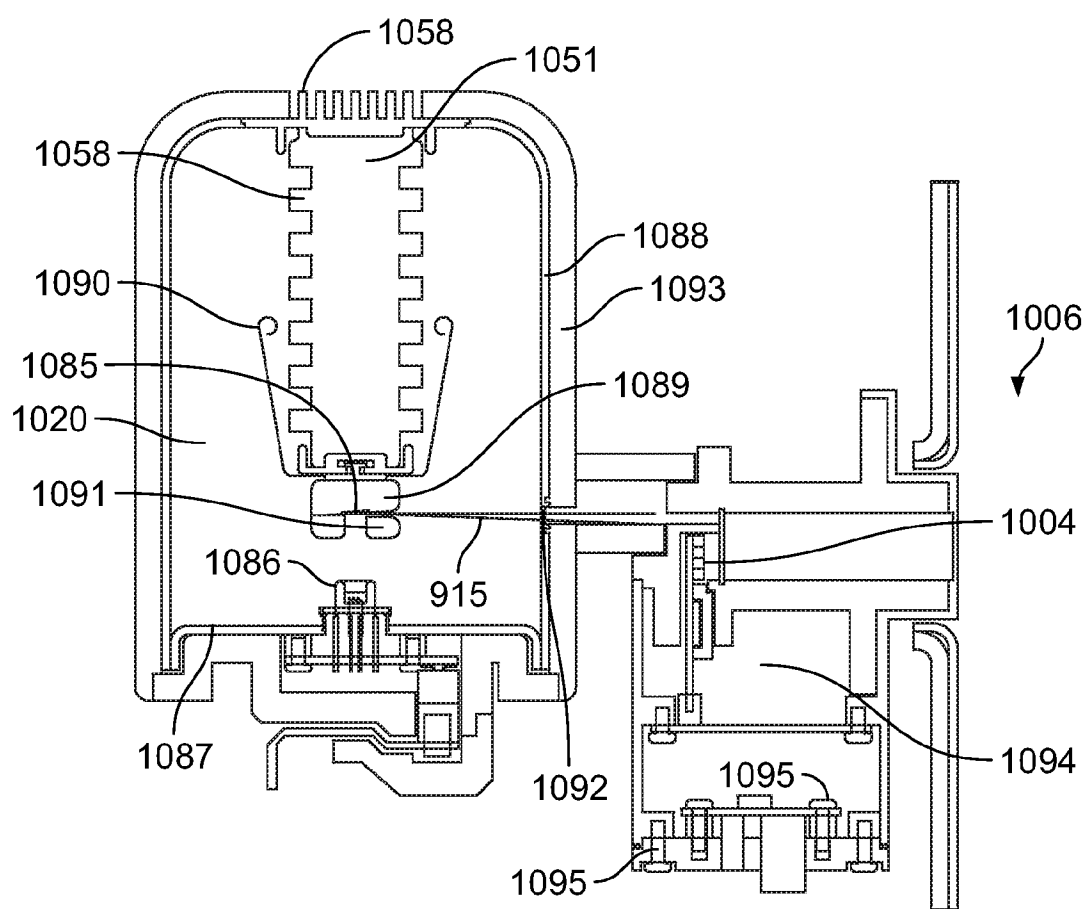
ФИГ. 8D



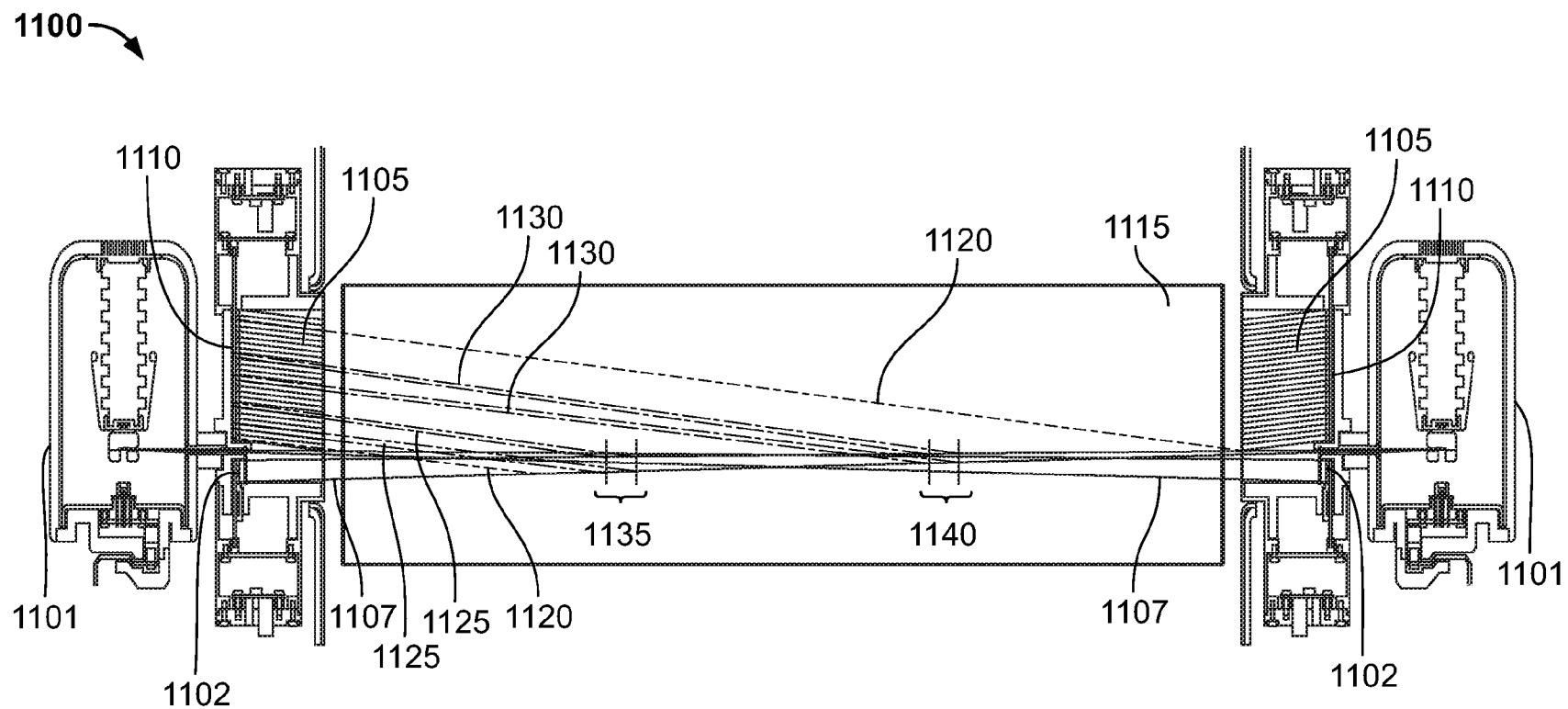
ФИГ. 8Е



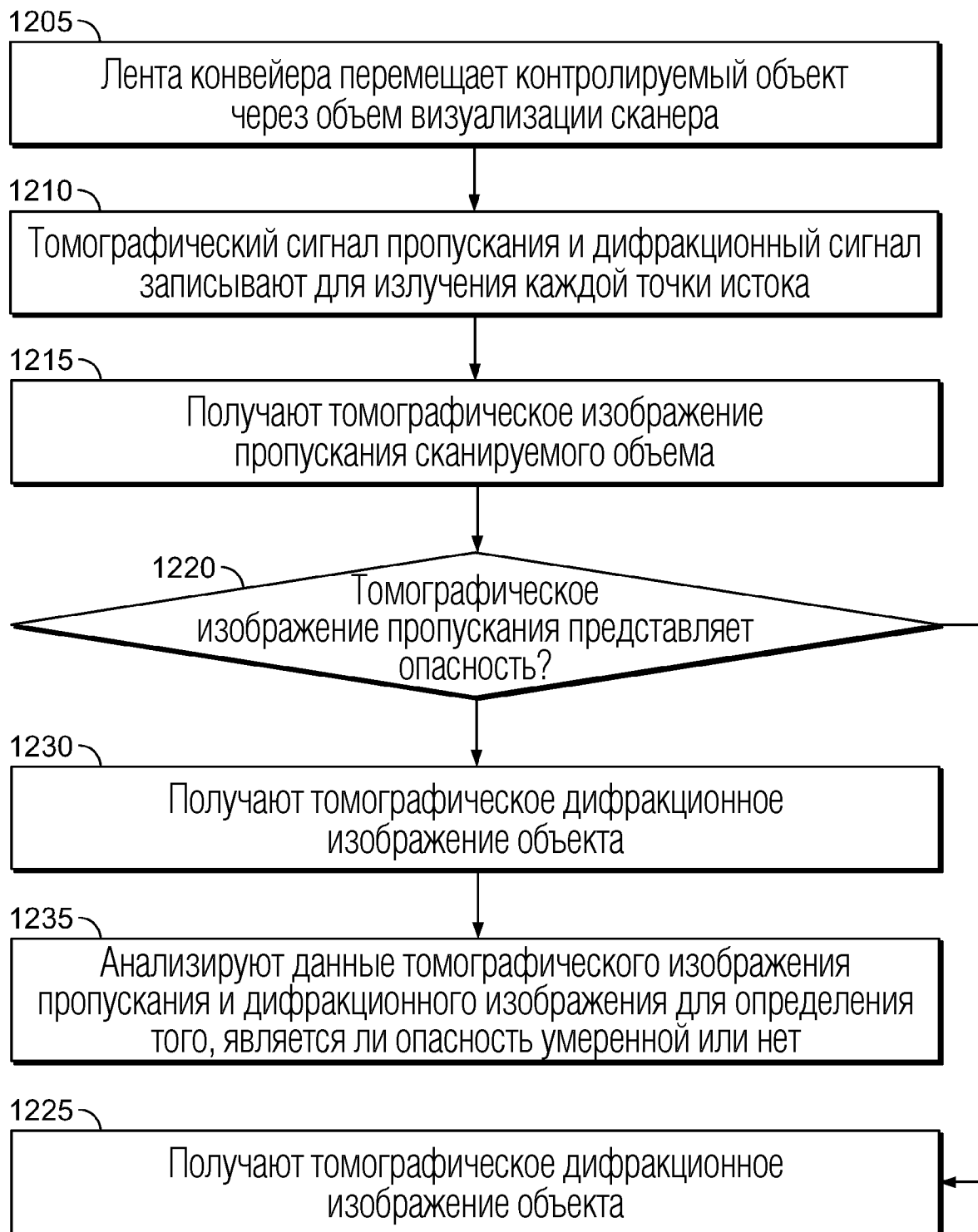
ФИГ. 9



ФИГ. 10



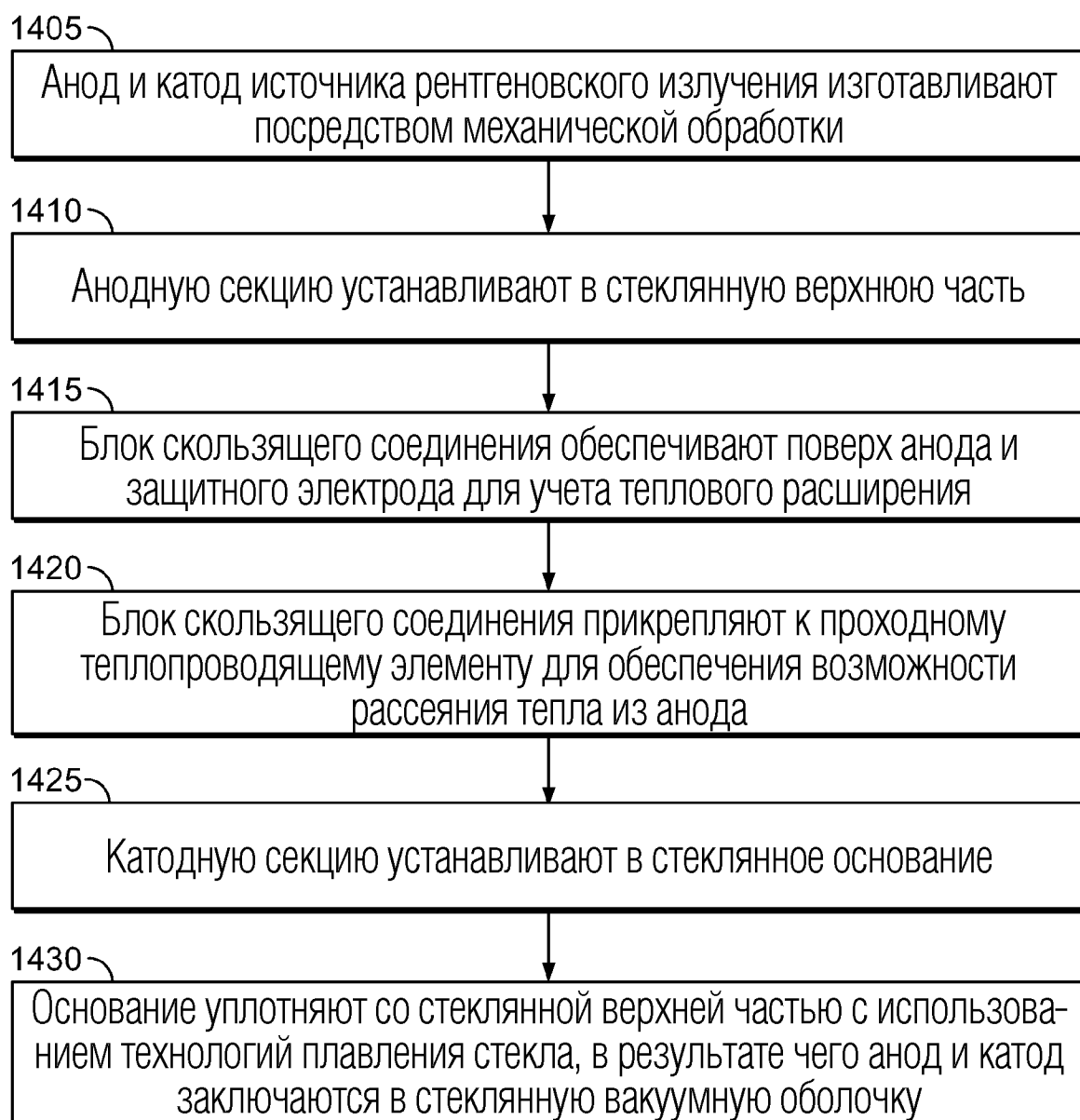
ФИГ. 11



ФИГ. 12



ФИГ. 13



ФИГ. 14