



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

A61B 6/06 (2018.08); A61B 6/4035 (2018.08); G01N 23/083 (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2017103455, 07.07.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
07.07.2015

Дата регистрации:
22.07.2019

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
17.07.2014 EP 14177486.9

(43) Дата публикации заявки: 17.08.2018 Бюл. № 23

(45) Опубликовано: 22.07.2019 Бюл. № 21

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 17.02.2017

(86) Заявка РСТ:
EP 2015/065405 (07.07.2015)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2016/008762 (21.01.2016)

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

(72) Автор(ы):

КЕЛЕР Томас (NL),
РЕССЛЬ Эвальд (NL)

(73) Патентообладатель(и):

КОНИНКЛЕЙКЕ ФИЛИПС Н.В. (NL)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 2013202081 A1, 08.08.2013. WO
2013111050 A1, 01.08.2013. JP 2014100063 A,
29.05.2014. RU 2510048 C1, 20.03.2014.

(54) УСТРОЙСТВО РЕНТГЕНОВСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

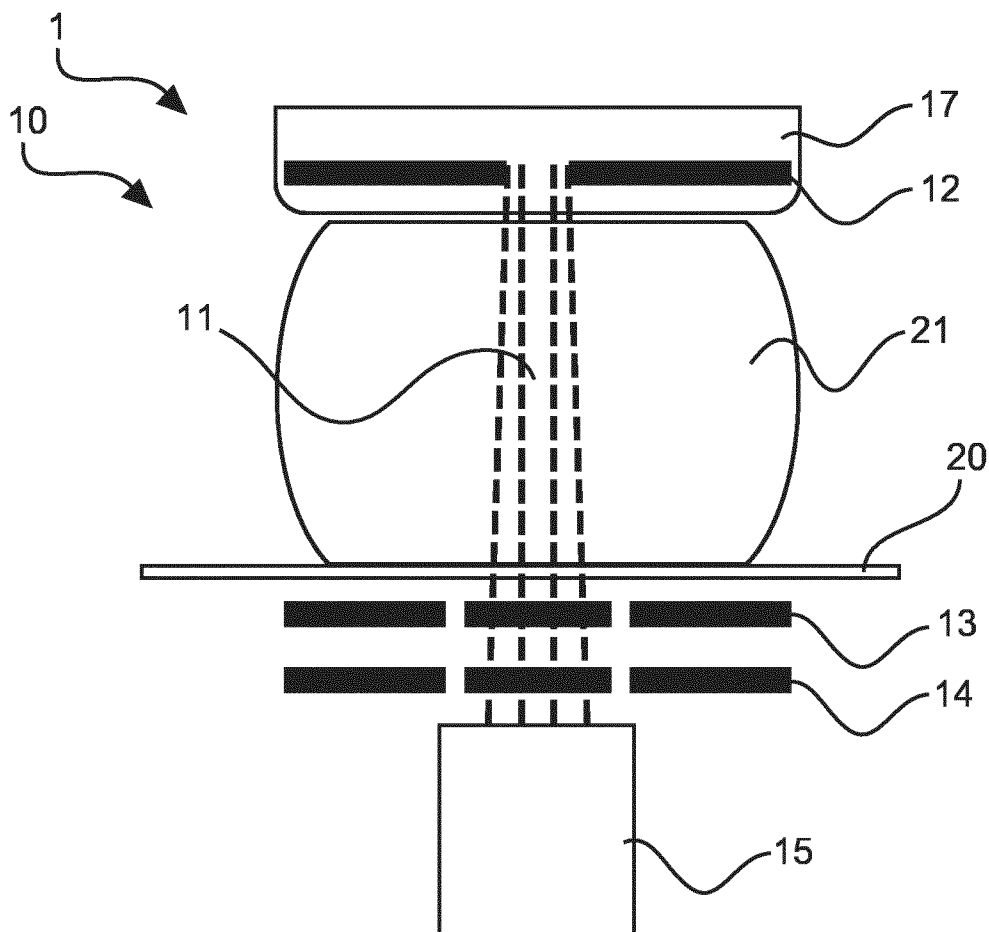
(57) Реферат:

Группа изобретений относится к средствам рентгеновской визуализации. Устройство рентгеновской визуализации содержит систему рентгеновского источника для обеспечения рентгеновского пучка, по меньшей мере одну решетку, и линейный детектор с сенсорными линиями, причем каждая из сенсорных линий снабжена сенсорными элементами, устройство рентгеновской визуализации выполнено с возможностью перемещения линейного детектора и подлежащего визуализации объекта относительно друг друга, так что в соответствии

с участками рентгеновского пучка интерференционные картины являются обнаруживаемыми в соответствующих различных относительных положениях линейного детектора и объекта для реконструкции изображения объекта, причем по меньшей мере одна решетка содержит по меньшей мере один первый сегмент и по меньшей мере один второй сегмент, расположенные рядом с друг другом поочередно в направлении, перпендикулярном направлению линейного детектора, причем количество первых сегментов равно количеству сенсорных линий

линейного детектора, количество вторых сегментов равно количеству сенсорных линий линейного детектора, устройство рентгеновской визуализации выполнено с возможностью перемещения линейного детектора и по меньшей мере одной решетки относительно друг друга между по меньшей мере первым относительным положением и вторым относительным положением, так что в первом относительном положении участок рентгеновского пучка во время работы проходит через по меньшей мере один первый сегмент и затем поступает на одномерную сенсорную линию для обнаружения, тогда как по меньшей мере один второй сегмент размещен вне участка рентгеновского пучка, так что он проецируется вдоль рентгеновского пучка на область между соседними сенсорными линиями, и что во втором относительном положении участок рентгеновского пучка во время работы проходит через по меньшей мере один второй сегмент и затем поступает на одномерную сенсорную линию для обнаружения, тогда как по меньшей мере один первый сегмент

размещен вне участка рентгеновского пучка, так что он проецируется вдоль рентгеновского пучка на область между соседними сенсорными линиями. Установка рентгеновской визуализации содержит устройство рентгеновской визуализации, процессор, и устройство приема подлежащего визуализации объекта, причем процессор выполнен с возможностью управления относительным перемещением устройства рентгеновской визуализации и устройства приема объекта относительно друг друга и/или относительного перемещения по меньшей мере одной решетки и линейного детектора устройства рентгеновской визуализации относительно друг друга. Способ рентгеновской визуализации осуществляется посредством установки, которая включает также машиночитаемый носитель для управления устройством рентгеновской визуализации или установкой рентгеновской визуализации. Использование изобретений позволяет улучшить эксплуатационную гибкость в отношении фазо-контрастной визуализации. 4 н. и 10 з.п. ф-лы, 5 ил.



ФИГ. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

A61B 6/06 (2018.08); **A61B 6/4035** (2018.08); **G01N 23/083** (2018.08)(21)(22) Application: **2017103455, 07.07.2015**(24) Effective date for property rights:
07.07.2015Registration date:
22.07.2019

Priority:

(30) Convention priority:
17.07.2014 EP 14177486.9(43) Application published: **17.08.2018 Bull. № 23**(45) Date of publication: **22.07.2019 Bull. № 21**(85) Commencement of national phase: **17.02.2017**(86) PCT application:
EP 2015/065405 (07.07.2015)(87) PCT publication:
WO 2016/008762 (21.01.2016)Mail address:
**129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, str. 3, OOO
"Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**KOEHLER, Thomas (NL),
ROESSL, Ewald (NL)**

(73) Proprietor(s):

Koninklijke Philips N.V. (NL)(54) **X-RAY IMAGING DEVICE**

(57) Abstract:

FIELD: medicine.

SUBSTANCE: group of inventions relates to X-ray imaging means. X-ray imaging device comprises an X-ray source system for providing an X-ray beam, at least one grating, and a linear detector with sensor lines, wherein each of the sensor lines is provided with sensor elements, the X-ray imaging device is configured to move the linear detector and the object to be rendered relative to each other, so that in accordance with sections of the X-ray beam, the interference patterns are detectable in the corresponding different relative positions of the linear detector and the object for reconstructing the image of the object, wherein at least one grid comprises at least one first segment and at least

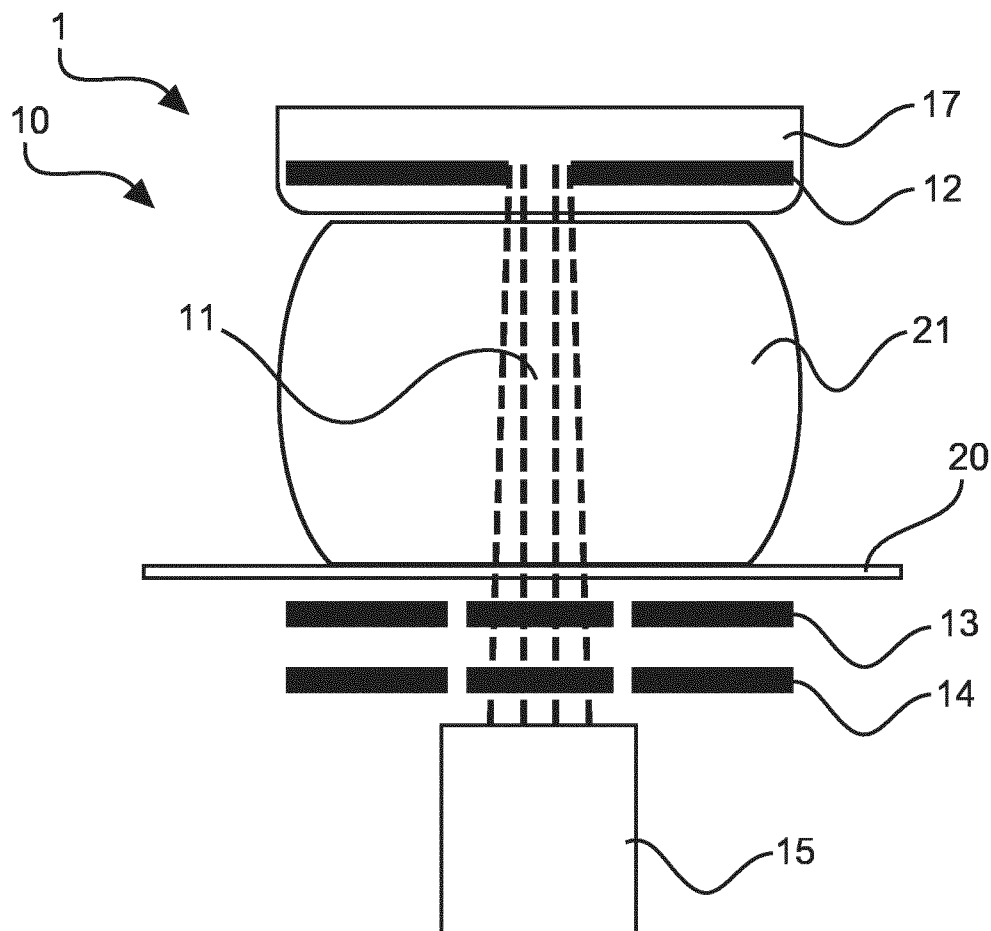
one second segment located next to each other in a direction perpendicular to the direction of the linear detector, wherein number of first segments is equal to number of sensor lines of linear detector, number of second segments is equal to number of sensor lines of linear detector, X-ray imaging device is configured to move a linear detector and at least one array relative to each other between at least a first relative position and a second relative position, so that in the first relative position the X-ray beam portion during operation passes through at least one first segment and then enters the one-dimensional sensor line for detection, while at least one second segment is located outside the X-ray beam portion, such that it is projected along the X-ray beam

on the portion between adjacent sensor lines, and that in the second relative position, the X-ray beam portion during operation passes through at least one second segment and then enters the one-dimensional sensor line for detection, while at least one first segment is arranged outside the X-ray beam portion so that it is projected along the X-ray beam to the portion between adjacent sensor lines. X-ray imaging installation comprises an X-ray imaging device, a processor, and a device for receiving an object to be visualized, wherein the processor is configured to control the relative

movement of the X-ray imaging device and the object receiving device relative to each other and/or relative movement of at least one array and a linear detector of the X-ray imaging device relative to each other. X-ray imaging method is carried out using an apparatus which also includes a machine-readable medium for controlling an X-ray imaging device or an X-ray imaging apparatus.

EFFECT: use of inventions improves operational flexibility with respect to phase contrast imaging.

14 cl, 5 dwg



ФИГ. 1

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Изобретение относится к устройству рентгеновской визуализации, к установке рентгеновской визуализации, к способу рентгеновской визуализации, к элементу компьютерной программы для управления таким устройством и к машиночитаемому носителю, хранящему такой элемент компьютерной программы.

ПРЕДПОСЫЛКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

При получении рентгеновского изображения подлежащий исследованию объект, например пациент, размещается между генерирующим рентгеновское излучение устройством и рентгеновским детектором. Рентгеновское излучение, исходящее из генерирующего рентгеновское излучение устройства, проходит через подлежащий исследованию объект и затем поступает на рентгеновский детектор. Подлежащий исследованию объект, расположенный на траектории рентгеновского излучения, пространственно ослабляет рентгеновский пучок в зависимости от конкретной структуры ткани в пределах объекта. Рентгеновский детектор затем обнаруживает пространственно ослабленное рентгеновское излучение, обнаруживая распределение интенсивности рентгеновского излучения, визуальная информация которого используется для создания, дополнительной обработки и последующей демонстрации рентгеновского изображения подлежащего исследованию объекта.

Однако, подлежащий исследованию объект может обеспечить только незначительные различия при ослаблении рентгеновского излучения, обеспечивая относительно однородное изображение, основанное на ослаблении рентгеновского излучения, имеющее низкий контраст, таким образом, теряя детали визуализируемой внутренней структуры объекта.

Хотя некоторые объекты или области в пределах объекта, могут обладать подобными свойствами ослабления, большая протяженность или структура объекта может влиять на фазу проходящего через объект рентгеновского излучения.

При фазово-контрастной визуализации по меньшей мере частично используется когерентное рентгеновское излучение, например, генерируемое решеткой источника, размещаемой рядом с, вблизи рентгеновского источника, например, вблизи рентгеновской трубки. Когерентные рентгеновские лучи, проходящие через объект, могут позволить затем извлечь информацию о фазе.

Однако фаза волны не может быть измерена непосредственно, скорее может потребоваться преобразовать фазовый сдвиг в модуляцию интенсивности, например, посредством интерференции двух или более волн. Для создания соответствующей интерференционной картины используется так называемая фазовая дифракционная решетка, размещаемая между подлежащим исследованию объектом и рентгеновским детектором. Однако, интерференционная картина, создаваемая только с использованием фазовой решетки, может оказаться слишком малой для ее обнаружения с помощью имеющегося рентгеновского детектора из-за недостаточного пространственного разрешения рентгеновского детектора.

Таким образом, дополнительно может быть использована решетка анализатора, размещаемая между фазовой решеткой и рентгеновским детектором, обеспечивая при этом интерференционную картину, достаточно крупную для ее обнаружения имеющимися рентгеновскими детекторами.

Для получения соответствующей информации от изображения выполняется так называемое пошаговое изменение фазы. При пошаговом изменении фазы одна из решетки источника или фазовой решетки и решетки анализатора перемещается в сторону относительно другой решетки и элемента рентгеновского детектора на долю периода

этой решетки, например, на одну четверть, одну шестую, одну восьмую периода решетки, например, фазовой решетки. Если пошаговое изменение фазы выполняется с использованием конкретной решетки, то пошаговое изменение фазы должно охватить полный период этой конкретной решетки.

5 Альтернативой пошаговому изменению фазы является так называемый вариант целевого сканирования. Объект, например грудь женщины, сканируется перемещением сканирующего штатива, или гентри. Избыточность сбора данных посредством размещения множества параллельных линий детектора может быть использована для исключения необходимости в пошаговом изменении фазы и необходимости в
10 перемещении решеток относительно друг друга. Следовательно, получение информации о фазе может быть осуществлено при обычном сканирующем движении.

Используя такую фазовую решетку, дополнительно оказывается возможным сгенерировать данные изображения, происходящие от некогерентного рентгеновского рассеяния под малыми углами, и этот последний тип визуализации также обозначается
15 как «визуализация методом темного поля».

WO2012/029005 A1 раскрывает аппарат для фазово-контрастной визуализации, содержащий рентгеновский источник, первый элемент-решетку, второй элемент-решетку и элемент - рентгеновский детектор, содержащий множество пиксельных элементов детектора. Подлежащий визуализации объект размещается между рентгеновским
20 источником и элементом - рентгеновским детектором. Первый элемент-решетка, так же как и второй элемент-решетка размещен между рентгеновским источником и элементом - рентгеновским детектором. Рентгеновский источник, первый элемент-решетка, второй элемент-решетка и рентгеновский детектор функционально связаны для получения фазово-контрастного изображения объекта.

25 WO 2013/111050 A1 раскрывает устройство рентгеновской фазово-контрастной визуализации, содержащее элементы-решетки, снабженные взаимно различающимися направлениями.

US 2013/202081 A1 раскрывает устройство получения рентгеновского изображения, содержащее дифракционную решетку, которая является перемещаемой относительно
30 детектора устройства.

Однако такие устройства визуализации все же могут быть усовершенствованы, в частности, в отношении эксплуатационной гибкости и адаптируемости к различным пациентам и условиям работы.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

35 Следовательно, может быть необходимость в обеспечении устройства рентгеновской визуализации, которое усовершенствовано в отношении его эксплуатационной гибкости.

Проблема настоящего изобретения решена посредством объектов изобретения по независимым пунктам формулы, причем дополнительные варианты осуществления включены в зависимые пункты формулы изобретения. Следует отметить, что описанные
40 ниже аспекты изобретения одинаково применимы к устройству рентгеновской визуализации, установке рентгеновской визуализации, способу рентгеновской визуализации, элементу компьютерной программы и машиночитаемому носителю.

В соответствии с настоящим изобретением представлено устройство рентгеновской визуализации. Устройство рентгеновской визуализации содержит систему рентгеновского
45 источника для обеспечения рентгеновского пучка, по меньшей мере одну решетку, и линейный детектор с множеством сенсорных линий, причем каждая из сенсорных линий обеспечена посредством множества сенсорных элементов, и причем сенсорные линии обеспечены для обнаружения соответствующих участков рентгеновского пучка,

проходящего упомянутую по меньшей мере одну решетку во время работы. Линейный детектор может содержать несколько одномерных сенсоров, формирующих несколько сенсорных линий.

5 Устройство рентгеновской визуализации выполнено с возможностью перемещения линейного детектора и подлежащего визуализации объекта относительно друг друга, так что в соответствии с упомянутыми участками рентгеновского пучка множество
10 интерференционных картин являются обнаруживаемыми в соответствующих различных относительных положениях линейного детектора и объекта для реконструкции изображения объекта. Это означает, что устройство рентгеновской визуализации, линейный детектор и/или объект могут быть перемещены.

Упомянутая по меньшей мере одна решетка содержит по меньшей мере один первый сегмент и по меньшей мере один второй сегмент, расположенные рядом с друг другом в направлении, перпендикулярном направлению линейного детектора и направлению
15 рентгеновского пучка. Упомянутая по меньшей мере одна решетка может быть помещена перед каждой сенсорной линией, если смотреть в направлении рентгеновского пучка. В случае если устройство рентгеновской визуализации представляет собой устройство рентгеновской дифференциальной фазово-контрастной визуализации, упомянутая по меньшей мере одна решетка может быть фазовой решеткой и/или поглощающей решеткой.

20 Устройство рентгеновской визуализации выполнено с возможностью перемещения линейного детектора и упомянутой по меньшей мере одной решетки относительно друг друга между по меньшей мере первым относительным положением и вторым относительным положением, так что в первом относительном положении участок
25 рентгеновского пучка во время работы проходит через упомянутый по меньшей мере один первый сегмент, тогда как упомянутый по меньшей мере один второй сегмент размещен вне упомянутого участка рентгеновского пучка, и что во втором относительном положении упомянутый участок рентгеновского пучка во время работы проходит через упомянутый по меньшей мере один второй сегмент, тогда как упомянутый по меньшей мере один первый сегмент размещен вне упомянутого участка
30 рентгеновского пучка.

Более определенно, в первом относительном положении упомянутый по меньшей мере один первый сегмент проецируется вдоль рентгеновского пучка на сенсорную линию, так что участок рентгеновского пучка, который во время работы проходит
35 через упомянутый по меньшей мере один первый сегмент, затем достигает одномерной сенсорной линии для обнаружения, тогда как упомянутый по меньшей мере один второй сегмент размещен вне участка рентгеновского пучка, так что он проецируется вдоль рентгеновского пучка на область между соседними сенсорными линиями. Во втором относительном положении упомянутый по меньшей мере один второй сегмент проецируется вдоль рентгеновского пучка на сенсорную линию, так что участок
40 рентгеновского пучка, который во время работы проходит через упомянутый по меньшей мере один второй сегмент, затем достигает одномерной сенсорной линии для обнаружения, тогда как упомянутый по меньшей мере один первый сегмент размещен вне участка рентгеновского пучка, так что он проецируется вдоль рентгеновского пучка на область между соседними сенсорными линиями. Устройство рентгеновской
45 визуализации в соответствии с настоящим примером эффективно использует расстояние (в направлении, перпендикулярном направлению линейного детектора) между соседними сенсорными линиями, чтобы «скрыть» упомянутый, по меньшей мере один второй сегмент в первом относительном положении, и «скрыть» упомянутый по меньшей мере

один первый сегмент во втором относительном положении. Как правило, расстояние между соседними сенсорными линиями составляет кратное число от высоты сенсорной линии. Движение от первого относительного положения до второго относительного

5 поступательного перемещения, перпендикулярного направлению линейного детектора упомянутой по меньшей мере одной решетки относительно линейного детектора.

Устройство рентгеновской визуализации в соответствии с настоящим изобретением, следовательно, делает возможным активацию упомянутого по меньшей мере первого сегмента, в то же время деактивируя упомянутый по меньшей мере второй сегмент, и

10 наоборот, тем самым, увеличивая клиническую эксплуатационную гибкость.

Устройство рентгеновской визуализации может реализовать перемещение от первого относительного положения до второго относительного положения с помощью перемещения, например, поступательного перемещения, перпендикулярно направлению

15 линейного детектора.

Каждый сегмент упомянутой по меньшей мере одной решетки, то есть каждый из первого и второго сегментов могут содержать структуру решетки с соответствующей характеристикой пропускания. Например, структура решетки содержит линии, выполненные как своего рода прямолинейные полосы с соответствующей

20 характеристикой пропускания, также обозначаемой как функция пропускания структуры решетки. Первый и второй сегменты различаются в отношении соответствующей структуры решетки, так что первый и второй сегменты различаются в отношении соответствующей характеристики пропускания. Под термином «отличающаяся характеристика пропускания» или «отличающаяся функция пропускания»

25 подразумеваются различные свойства поглощения и/или различные свойства в отношении сдвига фазы. Структуры решетки могут формировать множество полос и пробелов, располагаемых периодически. Полосы могут быть размещены для изменения фазы и/или амплитуды рентгеновского излучения. Пробелы могут изменять фазу и/или амплитуду рентгеновского излучения на другую, в частности, в меньшей степени, чем

30 полосы. Пробелы могут быть прозрачными для рентгеновского излучения. Термин «прозрачный для рентгеновского излучения» означает, что проходящее рентгеновское излучение не изменяется по своей фазе, то есть оно не сдвинуто по фазе и не изменено по своей амплитуде, причем и то и другое в измеряемой или разумной степени.

В одном примере устройство рентгеновской визуализации содержит блок

35 перемещения, выполненный с возможностью перемещения упомянутой по меньшей мере одной решетки относительно линейного детектора.

В одном примере рентгеновская визуализация содержит пред-коллиматор для разделения рентгеновского пучка на соответствующие участки и, более конкретно, для получения расщепленного рентгеновского пучка. Здесь, пред-коллиматор размещается

40 для расщепления рентгеновского пучка так, чтобы части рентгеновского пучка во время работы облучали или проецировались на соответственные сенсорные линии.

В одном примере упомянутая по меньшей мере одна решетка содержит рамку, а

рамка содержит по меньшей мере первый и второй сегменты.

Относительное положение первого и второго сегментов поддерживается рамкой и

45 предпочтительно устанавливается точно и стабильно в пределах субмикронной точности. Поэтому рамка может быть реализована механически очень жестким образом, например, используя сталь или Инвар.

В результате обеспечено устройство рентгеновской визуализации, которое

усовершенствовано в отношении его эксплуатационной гибкости, поскольку оно допускает простое и быстрое переключение между различными сегментами решетки. Тем самым устройство рентгеновской визуализации может быть легко и быстро приспособлено к различным условиям работы, пациентам и, например, объемам груди, простым переключением на сегмент, который в данном конкретном случае подходит для текущей ситуации.

Следует отметить, что обеспечена по меньшей мере одна решетка. Например, обеспечены две или три решетки. Тем не менее, ниже, а также в формуле изобретения выражение «по меньшей мере одна решетка» также обозначается как «решетка», то есть без выражения «по меньшей мере одна», для большего удобства при чтении. Однако, выражение «решетка» также относится к по меньшей мере одной решетке, где это применимо.

Линейный детектор, используемый в настоящем изобретении, имеет достаточно малый период, следовательно - достаточно большую разрешающую способность для обнаружения, то есть для адекватного разрешения интерференционной картины, создаваемой фазовой решеткой. Для этой цели, таким линейным детектором может быть хорошо известный рентгеновский детектор с высоким разрешением, имеющий разрешающую способность 50 микрон или более, или рентгеновский детектор, эквивалентный описанному в US2014/0177795 A1, который включен в настоящий документ по ссылке. Альтернативно, линейный детектор может иметь высокое разрешение при использовании вместе с решеткой анализатора, то есть поглощающей решеткой, размещенной на оптическом пути между фазовой решеткой и упомянутым линейным детектором.

Следует также отметить, что упомянутая по меньшей мере одна решетка снабжена по меньшей мере одним первым сегментом и по меньшей мере одним вторым сегментом. Например, обеспечено два, три, четыре, пять или более первых и/или вторых сегментов. Вместе с тем, ниже, а также в формуле изобретения «по меньшей мере один первый (или второй) сегмент» также обозначается как «первый (или второй) сегмент», то есть без выражения «по меньшей мере один», для облегчения чтения. Однако, «первый (или второй) сегмент» также относится к по меньшей мере одному первому (или второму) сегменту, где это применимо.

В одном примере устройство рентгеновской визуализации представляет собой устройство рентгеновской дифференциальной фазово-контрастной визуализации. Дифференциальная фазово-контрастная визуализация может использовать ряд решеток, установленных между рентгеновским источником и рентгеновским детектором для извлечения информации о фазе. Система рентгеновского источника может быть рентгеновским источником с решеткой источника или без решетки источника. Решетка может быть фазовой решеткой или поглощающей решеткой. Решетка может быть помещена перед каждой сенсорной линией линейного детектора, если смотреть в направлении рентгеновского пучка. Первый и второй сегменты могут отличаться друг от друга в отношении линий решетки. Опции для различающихся линий решетки - это, например, отличающийся период и/или отличающаяся ориентация, как показано ниже.

Следует отметить, что термины «поглощающая решетка» и «фазовая решетка» относятся к функции решетки в отношении их действия на проходящее рентгеновское излучение. Однако, в определенном смысле, эти термины могут также относиться к их местоположению или положению в пределах интерферометра, используемого для фазово-контрастной визуализации. Например, решетка, такая как фазовая решетка, может быть обеспечена как первая решетка, также известная как G1 с периодом p_1 , где

G0 с периодом p_0 относится к решетке источника, и другая, необязательно (в зависимости от осуществления линейного детектора), решетка может быть обеспечена как решетка анализатора, или G2 с периодом p_2 , перед линейным детектором. Вводя s , как расстояние между G0 и G2, l как расстояние между G0 и G1, и d , как расстояние между G1 и G2 (если они имеются), различные геометрии могут быть заданы на основе упомянутых величин. Как первая опция, интерферометр может быть осуществлен в так называемой «обычной геометрии», в которой $l > d$ и $p_0 > p_1 > p_2$. В обычной геометрии подлежащий визуализации объект обычно размещается между G0 и G1. Как вторая опция, интерферометр может быть осуществлен в так называемой «обратной геометрии», в которой $l < d$ и $p_0 < p_1 < p_2$. В обратной геометрии подлежащий визуализации объект обычно размещают между G1 и блоком обнаружения рентгеновского излучения (то есть между G1 и G2, в случае, если G2 имеется). Как третья опция, интерферометр может быть осуществлен в так называемой «симметричной геометрии», в которой $d = l$ и $p_0 = p_1 = p_2$ (предполагая π -сдвиг решетки G1). Для получения дополнительной информации (включенной в настоящий документ по ссылке) можно обратиться к Tilman Donath et al, "Inverse geometry for grating based x-ray phase contrast imaging", Journal of Applied Physics 106, 054703, 2009.

В одном примере решетка представляет собой решетку источника. Решетка источника может быть обеспечена как поглощающая решетка в отношении характеристической функции решетки. Решетка источника также может быть обеспечена как фазовая решетка в отношении характеристической функции решетки.

Проектная энергия интерферометра с решеткой представляет собой энергии, при которой устройство (по меньшей мере теоретически) лучше всего работает.

Рассматривая, например, интерферометр Талбота с фазовой решеткой на π и проектной энергией E_d , высота проходов фазовой решетки должна быть выбрана так, чтобы достигалось требуемое изменение фазы фазовой решеткой на π . Для данного и постоянного расстояния d между фазовой решеткой и поглощающей решеткой, период фазовой решетки должен удовлетворять соотношению $p^2 = 8nd\lambda_d$, с n нечетным целым числом и λ_d - длиной волны фотонов для проектной энергии. Период решетки источника должен быть тогда скорректирован до периода фазовой решетки. В результате, оказывается не просто изменить проектную энергию интерферометра Талбота-Лауэ. Для получения хороших рабочих параметров напряжение на рентгеновской трубке должно быть подобрано так, чтобы пик спектра излучения, проходящего через объект, был бы близок к проектной энергии. Поэтому, в одном примере, структура решетки первого сегмента имеет первый период решетки, а структура решетки второго сегмента имеет второй период решетки, который отличается от первого периода решетки. В качестве «периода» следует понимать расстояние между двумя смежными линиями решетки. Первый сегмент может иметь относительно большой период решетки, следовательно, он подходит для относительно низкой проектной энергии. Второй сегмент может иметь относительно малый период решетки, следовательно, он подходит для относительно высокой проектной энергии.

В результате, проектная энергия может быть легко изменена. Кроме того, обеспечена конструкция интерферометра для дифференциальной фазово-контрастной визуализации, которая позволяет выбирать для каждого сканирования конкретного пациента надлежащую проектную энергию. Для данного пациента, например, известна толщина грудной клетки перед сканированием, и подходящая решетка с соответствующей проектной энергией может быть помещена напротив каждого сенсора линейного

детектора перед сканированием.

Поскольку решетка может содержать структуру решетки, такую как линии решетки, которые также обозначаются как линейные структуры, интерферометр может иметь анизотропную чувствительность. Это означает, например, если линии решетки параллельны линиям детектора, то только структуры объекта, параллельные линиям, являются обнаруживаемыми. Структуры объекта, ориентированные перпендикулярно линиям, могут быть почти не обнаруживаемыми. Поэтому, желательно обнаружение градиентов фазы во взаимно перпендикулярных направлениях, что может быть достигнуто, как показано ниже. В одном примере, структура решетки, например линии решетки, первого сегмента имеет первую ориентацию, а структура решетки, например, также линии решетки, второго сегмента имеет вторую ориентацию, которая отличается от первой ориентации. Иначе говоря, решетка, устанавливаемая на детекторе, содержит первый сегмент со структурой решетки в некотором направлении «х» и второй сегмент со структурой решетки в некотором направлении «у», который вращается относительно х. В одном примере, первая и вторая ориентации практически перпендикулярны друг другу.

В результате достигается очень точное обнаружение градиентов фазы во взаимно перпендикулярных направлениях. Кроме того, обеспечена конструкция интерферометра для дифференциальной фазово-контрастной визуализации, которая облегчает получение информации об обоих направлениях градиента с двумя последовательными сканированиями. С этими задействованными структурами оказывается просто получить, например, два градиента посредством (i) сканирования в одном направлении, используя первое относительное положение, (ii) относительного перемещения линейного детектора и решетки от первого ко второму относительному положению после сканирования в упомянутом одном направлении, и (iii) последовательного сканирования в обратном направлении, используя второе относительное положение. Устройство рентгеновской визуализации предпочтительно выполнено с возможностью поворота решетки источника на 90° вокруг оптической оси между этими двумя сканированиями в случае, если решетка источника снабжена единственным сегментом, а не первым и вторым сегментами, которые являются соответственно совместимыми с первым и вторым сегментами упомянутой по меньшей мере одной решетки.

В одном примере структура решетки первого сегмента и структура решетки второго сегмента и, возможно, также структура решетки третьего или более сегментов отличается от соответствующих других структур решетки других сегментов в отношении периода и/или геометрии и/или ориентации.

В одном примере решетка с первым сегментом и вторым сегментом может содержать подобные или различные структуры решетки в первом сегменте и втором сегменте. Например, возможно иметь комбинацию структуры фазовой решетки, например, линии фазовой решетки, в первом сегменте, и структуры поглощающей решетки, например, линии поглощающей решетки, во втором сегменте решетки, например, как та же самая рамка той же самой решетки.

Конечно, может быть даже больше сегментов с более дискретными проектными энергиями и/или более дискретными ориентациями. В одном примере решетка содержит по меньшей мере один третий сегмент, рядом со вторым сегментом в направлении, перпендикулярном направлению линейного детектора, причем упомянутый по меньшей мере один третий сегмент отличается от первого и второго сегментов в отношении соответствующей структуры решетки и соответствующей характеристики пропускания. Устройство рентгеновской визуализации выполнено с возможностью перемещения

линейного детектора и упомянутой по меньшей мере одной решетки также относительно любого третьего относительного положения, так что в третьем относительном положении участок рентгеновского пучка во время работы проходит через упомянутый по меньшей мере один третий сегмент, тогда как первый и второй сегменты размещены
 5 вне упомянутого участка рентгеновского пучка, и что в первом и втором относительном положении упомянутый по меньшей мере один третий сегмент размещен вне упомянутого участка рентгеновского пучка.

В одном примере три сегмента отличаются в отношении их периодов решетки. В другом примере один сегмент А обеспечен для получения обычных данных, один
 10 сегмент В обеспечен для получения градиентов в направлении «х» и один сегмент С обеспечен для получения градиентов в направлении «у», причем у вращается относительно х. Эта структура облегчает три различных режима работы: если сегмент А установлен так, что он проецируется на сенсорную линию, то выполняется обычное сканирование, если сегмент В установлен так, что он проецируется на сенсорную линию,
 15 измеряется градиент в х-направлении, а если сегмент С установлен так, что он проецируется на сенсорную линию, измеряется градиент в у-направлении, причем х отличается от у.

Анизотропия фазовой чувствительности может быть дополнительно снижена с использованием по меньшей мере дополнительного сегмента с ориентацией решетки, например, 45° между первым и вторым сегментами, перпендикулярными друг другу.

В одном примере структура решетки первого сегмента имеет первую геометрию, и структура решетки второго сегмента имеет вторую геометрию, которая отличается от первой геометрии.

В одном примере, решетка обеспечена с различными геометриями решетки для
 25 первого и второго или также для третьего сегментов. Например, геометрии решетки обеспечены как линейная структура или как треугольная структура, или как прямоугольная структура, или как параболическая структура и т.п. Вследствие подвижности решетки относительно рентгеновского пучка, оказывается возможным переключаться между различными геометриями решетки.

В одном примере решетка - это решетка источника, размещаемая рядом с
 30 рентгеновским источником и создающая по меньшей мере частично когерентное рентгеновское излучение. Решетка источника может тогда содержать рамку, первый сегмент и второй сегмент, расположенные рядом с друг другом в направлении, перпендикулярном направлению линейного детектора. Рамка может быть подвижной
 35 между первым относительным положением и вторым относительным положением, так что в первом положении рентгеновский пучок проходит через первый сегмент, тогда как второй сегмент размещен вне рентгеновского пучка, а во втором положении рентгеновский пучок проходит через второй сегмент, тогда как первый сегмент размещен вне рентгеновского пучка. Первый и второй сегменты решетки источника не должны
 40 быть идентичными сегментам упомянутой по меньшей мере одной решетки, однако, они должны быть соответственно совместимыми с первым и вторым сегментами упомянутой по меньшей мере одной решетки, так чтобы образовать функциональный интерференционный блок.

В одном примере устройство рентгеновской визуализации - это устройство
 45 рентгеновской дифференциальной фазово-контрастной визуализации, а упомянутая по меньшей мере одна решетка обеспечена в виде фазовой решетки или в виде поглощающей решетки.

В одном примере обеспечены две решетки из упомянутой по меньшей мере одной

решетки. Одна из этих двух решеток представляет собой фазовую решетку, а другая из этих двух решеток представляет собой поглощающую решетку, установленную относительно фазовой решетки ниже ходу рентгеновского пучка.

В одном примере первые сегменты фазовой решетки отличаются от первых сегментов поглощающей решетки и/или вторые сегменты фазовой решетки отличаются от вторых сегментов поглощающей решетки.

В другом примере первые сегменты фазовой решетки равны первым сегментам поглощающей решетки и/или вторые сегменты фазовой решетки равны вторым сегментам поглощающей решетки.

В другом примере решетка представляет собой фазовую решетку с последующей вдоль направления рентгеновского пучка поглощающей решеткой, в соответствии с чем и фазовая решетка, и поглощающая решетка содержат структуру решетки, как объяснено выше. Поглощающая решетка может быть приспособлена к фазовой решетке, что означает, что период и/или ориентация поглощающей решетки выбраны в соответствии с периодом и/или ориентацией интерференционной картины, создаваемой фазовой решеткой в положении поглощающей решетки. С этими задействованными структурами относительно просто получить, например, два градиента, сканируя в одном направлении с первым сегментом и немедленно после сканирования с обратным направлением сканирования со вторым сегментом. Устройство рентгеновской визуализации в случае, когда решетка источника снабжена единственным сегментом, а не первым и вторым сегментами, которые являются соответственно совместимыми с первым и вторым сегментами упомянутой по меньшей мере одной решетки, так чтобы образовать функциональный интерференционный блок, предпочтительно выполнено с возможностью поворота решетки источника на 90° вокруг оптической оси между этими двумя сканированиями.

В одном примере фазовая решетка может быть снабжена треугольной формой, которая приводит к большей видимости для более коротких расстояний распространения по сравнению с решетками с двойными структурами.

В одном примере устройство рентгеновской визуализации не представляет собой (только) устройство рентгеновской дифференциальной фазово-контрастной визуализации, оценивающее дифференциальный фазовый контраст, но дополнительно или вместо этого представляет собой устройство для оценки затемненного поля, также поддерживаемое интерферометром Талбота. В одном примере линии детектора составляют приблизительно 110 мкм по высоте. Решетка может быть парой решеток, установленных на рамке. Рамка может быть твердой стальной рамкой.

В одном примере решетка и линейный детектор установлены на подвижном гентри для возможности перемещения относительно объекта, так что в соответствии с рентгеновским пучком множество интерференционных картин являются обнаруживаемыми из различных положений гентри для реконструкции дифференциального фазового изображения объекта. В другом примере рентгеновский источник, решетка источника, фазовая решетка, поглощающая решетка и линейный детектор закреплены на обычном гентри и подвижны относительно объекта, так что в соответствии с рентгеновским пучком множество интерференционных картин являются обнаруживаемыми из различных положений гентри для реконструкции дифференциального фазового изображения объекта. Кроме того, устройство рентгеновской визуализации может содержать блок перемещения гентри, выполненный с возможностью перемещения гентри относительно подлежащего визуализации объекта.

В одном примере обеспечен блок перемещения гентри, который выполнен с

возможностью перемещения подвижного гентри относительно подлежащего визуализации объекта.

В соответствии с настоящим изобретением обеспечена также установка медицинской рентгеновской визуализации. Установка рентгеновской визуализации содержит устройство рентгеновской визуализации, как описано выше, процессор, и устройство приема объекта, выполненное с возможностью приема подлежащего визуализации объекта. Процессор выполнено с возможностью управления относительным перемещением устройства рентгеновской визуализации и устройства приема объекта относительно друг друга. Дополнительно или взамен процессор выполнен с возможностью управления относительным перемещением по меньшей мере одной решетки и линейного детектора устройства рентгеновской визуализации относительно друг друга.

Установка рентгеновской визуализации может быть использована для фазово-контрастного сканирования в системе маммографии с выбираемой проектной энергией. Установка рентгеновской визуализации также может быть использована для системы сканирования, которая получает градиенты в обоих направлениях.

В соответствии с настоящим изобретением также обеспечен способ рентгеновской визуализации. Он содержит следующие этапы, не обязательно в таком порядке:

подача рентгеновского пучка с помощью системы рентгеновского источника на подлежащий визуализации объект;

создание интерференционной картины с помощью по меньшей мере одной решетки, которая содержит по меньшей мере первый сегмент и второй сегмент, расположенные рядом с друг другом в направлении, перпендикулярном направлению линейного детектора;

относительное перемещение линейного детектора с множеством сенсорных линий, причем каждая из сенсорных линий обеспечена посредством множества сенсорных элементов, и причем эти сенсорные линии обеспечены для обнаружения соответственных участков рентгеновского пучка, проходящего решетку во время работы и подлежащий визуализации объект, так что в соответствии с участками рентгеновского пучка множество интерференционных картин обнаруживают в соответственных различных относительных положениях линейного детектора и объекта для реконструкции изображения объекта;

относительное перемещение линейного детектора и решетки между по меньшей мере первым относительным положением и вторым относительным положением, так что в первом относительном положении участок рентгеновского пучка во время работы проходит через упомянутый по меньшей мере один первый сегмент, тогда как упомянутый по меньшей мере один второй сегмент размещен вне участков рентгеновского пучка, и что во втором относительном положении упомянутый участок рентгеновского пучка во время работы проходит через упомянутый по меньшей мере один второй сегмент, тогда как упомянутый по меньшей мере один первый сегмент размещен вне упомянутого участка рентгеновского пучка; и

обнаружение участка рентгеновского пучка, проходящего решетку.

В соответствии с настоящим изобретением также представлен элемент компьютерной программы, причем элемент компьютерной программы содержит программное средство кодирования, чтобы заставлять устройство визуализации, как определено в независимом формулы на устройство, осуществлять этапы способа визуализации, как определено в независимом пункте формулы на способ, когда компьютерная программа выполняется на компьютере, управляющем устройством визуализации.

Следует понимать, что устройство рентгеновской визуализации, установка рентгеновской визуализации, способ рентгеновской визуализации, элемент компьютерной программы для управления таким устройством и машиночитаемый носитель, хранящий такой элемент компьютерной программы, в соответствии с независимыми пунктами формулы имеют подобные и/или идентичные предпочтительные варианты осуществления, в частности, как это определено в зависимых пунктах формулы. Кроме того, следует понимать, что предпочтительный вариант осуществления изобретения также может быть любой комбинацией зависимых пунктов формулы с соответствующим независимым пунктом формулы.

Устройство рентгеновской визуализации, установка рентгеновской визуализации, способ рентгеновской визуализации, элемент компьютерной программы для управления таким устройством и машиночитаемый носитель, хранящий такой элемент компьютерной программы, в соответствии с настоящим изобретением выполнены с возможностью фазово-контрастной визуализации и/или темно-полевого отображения. Настоящее изобретение позволяет иметь полезное применение в клинической среде, такой как больница. Более конкретно, настоящее изобретение очень подходит для применения в методах медицинской визуализации, включая, но не ограничиваясь этим, для медицинской экспертизы пациентов. Кроме того, представляемое изобретение позволяет иметь полезное применение в промышленной технологии. Более конкретно, настоящее изобретение очень подходит для применения в неразрушающем контроле (например, для анализа состава, структуры и/или качеств биологических, а также небιологические образцов) так же как сканирования в целях безопасности (например, сканирование багажа в аэропортах).

Эти и другие объекты настоящего изобретения станут очевидными и будут объяснены в связи с описываемыми ниже вариантами осуществления.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Примерные варианты осуществления изобретения описываются ниже в связи с сопровождающими чертежами:

Фиг.1 изображает схематический чертеж примера установки рентгеновской визуализации.

Фиг.2 показывает схематичную и примерную геометрию детектора.

Фиг.3 показывает схематичный и примерный вариант осуществления решетки.

Фиг.4 показывает схематичный и примерный другой вариант осуществления решетки.

Фиг.5 показывает основные этапы примера способа рентгеновской визуализации.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ВАРИАНТОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

На Фиг.1 показан схематично и примерно вариант осуществления установки 1 рентгеновской визуализации в соответствии с изобретением. Следует отметить, что вертикальная и горизонтальная оси масштабированы по-разному. Установка 1 рентгеновской визуализации подходит для фазово-контрастной визуализации и содержит устройство 10 рентгеновской визуализации, процессор (не показан) и устройство 20 приема объекта. Устройство 20 приема объекта выполнено с возможностью приема подлежащего визуализации объекта 21, в данном случае - грудь человека, сжатая компрессионной пластиной 17. Устройство 10 рентгеновской визуализации содержит рентгеновский источник (не показан), обеспечивающий рентгеновский пучок 11, решетку 12 источника, фазовую решетку 13, поглощающую решетку 14 и линейный детектор 15, содержащий множество сенсорных линий 151, причем каждая сенсорная линия 151 обеспечена посредством множества сенсорных элементов, и эти сенсорные линии обеспечены для обнаружения соответствующих участков рентгеновского пучка 11,

проходящего решетки 12, 13, 14 во время работы.

По меньшей мере частично пространственно когерентное рентгеновское излучение создается решеткой 12 источника, расположенной рядом с рентгеновским источником, который в данном случае является рентгеновской трубкой. Когерентные рентгеновские
 5 лучи, проходящие через объект 21, могут позволить затем извлечь информацию о фазе. Поскольку фаза волны не может быть измерена непосредственно, скорее требуется преобразовывать фазовый сдвиг в модуляцию интенсивности посредством интерференции двух или более волн. Для создания соответствующей интерференционной картины используется фазовая решетка 13, которая размещена между подлежащим
 10 визуализации объектом 21 и рентгеновским детектором 15. Поскольку интерференционная картина, создаваемая фазовой решеткой 13, может быть слишком малой для обнаружения рентгеновским детектором 15 из-за недостаточного пространственного разрешения рентгеновского детектора 15, поглощающая или анализирующая решетка 14 размещена между фазовой решеткой 13 и рентгеновским
 15 детектором 15 для последующего обеспечения интерференционной картины, которая достаточно велика для обнаружения рентгеновским линейным детектором 15.

Линейный детектор 15 содержит несколько (больше или меньше) одномерных сенсоров, обеспеченных посредством множества сенсорных элементов, формирующих несколько сенсорных линий 151. На Фиг.2 схематично и примерно показана геометрия
 20 детектора. Каждая сенсорная линия 151 на Фиг.2 представляет собой сенсор, например, имеющий до 768 пикселей детектора.

Устройство 1 рентгеновской визуализации выполнено с возможностью перемещения линейного детектора 15 и подлежащего визуализации объекта 21 относительно друг друга, так что в соответствии с участками рентгеновского пучка множество
 25 интерференционных картин являются обнаруживаемыми в соответствующих различных относительных положениях линейного детектора 15 и объекта 21 для реконструкции изображение объекта 21.

В отношении линейного удлинения (то есть направления) сенсорных линий детектора направление, параллельное линейному удлинению линейного детектора, обозначается
 30 как направление линейного детектора. На Фиг.2 направление линейного детектора идет параллельно сенсорным линиям 151, то есть горизонтально относительно страницы чертежа.

На Фиг.3 и 4 показаны схематично и примерно варианты осуществления решетки. Как можно видеть из Фиг.3 и 4, по меньшей мере одно из решетки 12 источника, фазовой
 35 решетки 13 или поглощающей решетки 14 содержит по меньшей мере один первый сегмент 161 и по меньшей мере один второй сегмент 162, расположенные рядом с друг другом в направлении, перпендикулярном направлению линейного детектора 15 и направлению рентгеновского пучка 11. Каждый из упомянутого по меньшей мере одного из первого и второго сегментов 161, 162 решетки содержит структуру решетки
 40 с соответствующей характеристикой пропускания, например, в форме линий 163 решетки, также обозначаемых как полосы с различной характеристикой пропускания. Первый и второй сегменты 161, 162 взаимно различаются в отношении соответствующей структуры решетки, так что первый и второй сегменты 161, 162 различаются в отношении соответствующей характеристики пропускания, как будет показано
 45 дополнительно ниже в связи с Фиг.3 и 4.

Что касается Фиг.1, устройство 1 рентгеновской визуализации выполнено с возможностью перемещения линейного детектора 15 и упомянутого по меньшей мере одного из решетки 12 источника, фазовой решетки 13 или поглощающей решетки 14

между первым относительным положением и вторым относительным положением, так что в первом относительном положении участок рентгеновского пучка во время работы проходит через первый сегмент 161 и затем облучает соответствующую сенсорную линию 151, тогда как второй сегмент 162 размещен вне упомянутого участка рентгеновского пучка, и что во втором относительном положении упомянутый участок рентгеновского пучка во время работы проходит через второй сегмент 162 и затем облучает упомянутую соответствующую сенсорную линию 151, тогда как первый сегмент 161 размещен вне упомянутого участка рентгеновского пучка. Устройство 1 рентгеновской визуализации может реализовать движение от первого относительного положения до второго относительного положения, поступательно перемещая, например, в направлении, перпендикулярном направлению линейного детектора 15, по меньшей мере одно из решетки 12 источника, фазовой решетки 13 или поглощающей решетки 14 относительно линейного детектора 14. Устройство рентгеновской визуализации может использовать привод, хорошо известный специалисту в данной области техники, для осуществления такого перемещения между первым и вторым относительными положениями.

Что касается Фиг.3 и 4, в одном примере по меньшей мере одно из решетки 12 источника, фазовой решетки 13 или поглощающей решетки 14 содержит множество первых сегментов 161 и идентичное множество вторых сегментов 162. Более конкретно, множества сегментов 161, 162 равняются числу сенсорных линий 151, поскольку содержатся в линейном детекторе 15. Здесь первые сегменты 161 и вторые сегменты 162 размещены рядом с друг другом, поочередно, в направлении, перпендикулярном направлению линейного детектора 15. В этом примере устройство 1 рентгеновской визуализации выполнено с возможностью перемещения линейного детектора 15 и по меньшей мере одного из решетки 12 источника, фазовой решетки 13 или поглощающей решетки 14 между первым относительным положением и вторым относительным положением. В первом относительном положении участки рентгеновского пучка во время работы проходят через соответствующие первые сегменты 161 и затем облучают соответствующие сенсорные линии 151 линейного детектора 15 для обнаружения, тогда как вторые сегменты 162 размещены вне упомянутых участков рентгеновского пучка. Более конкретно, во втором относительном положении вторые сегменты 162 проецируются вдоль рентгеновского пучка на соответствующие пространства между соседними сенсорными линиями 151. Во втором относительном положении участки рентгеновского пучка во время работы проходят через соответствующие вторые сегменты 162 и затем облучают упомянутые соответствующие сенсорные линии 151 линейного детектора 15 для обнаружения, тогда как первые сегменты 161 размещены вне упомянутых участков рентгеновского пучка. Более конкретно, во втором относительном положении первые сегменты 161 проецируются вдоль рентгеновского пучка на упомянутые пространства между соседними сенсорными линиями 151.

Еще в одном примере и фазовая решетка 13, и поглощающая решетка 14 содержат множество первых сегментов 161 и идентичное множество вторых сегментов 162. Здесь множества сегментов 161, 162 равны числу сенсорных линий 151, которые содержатся в линейном детекторе 15. Первые сегменты 161, содержащиеся в фазовой решетке 13, не должны быть идентичными сегментам, содержащимся в поглощающей решетке 14, однако, они совместимы с первыми сегментами 161, содержащимся в поглощающей решетке 14, так что они составляют функционирующий интерференционный блок. Это относится, с известными поправками, ко вторым сегментам 162, содержащимся в фазовой решетке 13 и к сегментам, содержащимся в поглощающей решетке 14. В этом

5 примере, устройство 1 рентгеновской визуализации выполнено с возможностью перемещения линейного детектора 15 и фазовой решетки 13 и поглощающей решетки 14 в комбинации, между первым относительным положением и вторым относительным положением. В первом относительном положении участки рентгеновского пучка во время работы проходят через соответствующие первые сегменты 161 как фазовой решетки 13, так и поглощающей решетки 14, и затем облучают соответствующие сенсорный линии 151 линейного детектора 15 для обнаружения, тогда как вторые сегменты 162 как фазовой решетки 13, так и поглощающей решетки 14 размещены вне упомянутых участков рентгеновского пучка. Более конкретно, во втором относительном положении вторые сегменты 162 проецируются вдоль рентгеновского пучка на соответствующие пространства между соседними сенсорными линиями 151. Во втором относительном положении участки рентгеновского пучка во время работы проходят через соответствующие вторые сегменты 162 как фазовой решетки 13, так и поглощающей решетки 14, и затем облучают упомянутые соответствующие сенсорные линии 151 линейного детектора 15 для обнаружения, тогда как первые сегменты 161 как фазовой решетки 13, так и поглощающей решетки 14 размещены вне упомянутых участков рентгеновского пучка. Более конкретно, во втором относительном положении первые сегменты 161 проецируются вдоль рентгеновского пучка на упомянутые пространства между соседними сенсорными линиями 151. В одном примере, показанном как опция, рамка 16 обеспечена как содержащая первый и второй сегменты.

Процессор установки 1 рентгеновской визуализации выполнен с возможностью управления относительным перемещением между устройством 10 рентгеновской визуализации и устройством 20 приема объекта. Например, установка 1 рентгеновской визуализации выполнена с возможностью поддержания устройства 20 приема объекта стационарным во время работы и осуществления упомянутого относительного перемещения посредством перемещения, например, вращения, подвижного гентри, на котором установлены линейный детектор 15 и упомянутая по меньшей мере одна решетка, но предпочтительно все из решетки 12 источника, фазовой решетки 13 или поглощающей решетки 14 установлены относительно устройства 20 приема объекта. В одном примере процессор установки 1 рентгеновской визуализации, альтернативно или дополнительно, предусмотрен для управления перемещением от линейного детектора и упомянутой по меньшей мере одной решетки относительно друг друга от первого ко второму относительному положению и наоборот.

На Фиг.3 показан схематично и примерно вариант осуществления решетки. Решетка может содержать рамку 16, содержащую первый сегмент 161 и второй сегмент 162, расположенные рядом с друг другом направлении, перпендикулярном направлению линейного детектора 15. Каждый из первого и второго сегментов 161, 162 решетки содержат линии 163 решетки как полосы различной характеристики пропускания или функций пропускания. Первый и второй сегменты 161, 162 отличаются друг от друга в отношении линий 163 решетки. Как показано на Фиг.3, структура решетки, такая как линии 163 решетки первого сегмента 161, имеет первый период решетки и структуру решетки, такую как линии 163 решетки, второй сегмент 162 имеет второй период решетки, который отличается от первого периода решетки. Первый сегмент 161 имеет относительно большой период решетки и, следовательно, подходит для относительно низкой проектной энергии. Второй сегмент 162 имеет относительно малый период решетки и, следовательно, подходит для относительно большой проектной энергии.

Здесь, идея заключается в том, чтобы иметь жесткий интерферометрический резонатор с фиксированным расстоянием d между фазовой решеткой 13 и поглощающей решеткой

14. Как схематично изображено на Фиг.3, период p решетки первого сегмента 161 больше, чем для второго сегмента 162, так что фиксированное расстояние d относится к меньшей проектной энергии, чем дается соотношением для проектной длины волны $\lambda = p^2/8d$, или, иначе говоря, при фиксированном расстоянии d справедливо соотношение $E_{\text{design}} \propto 1/p^2$ для проектной энергии. Высота фазовых решеток также может быть отличной для достижения требуемого фазового сдвига. Кроме того, форма решеток может быть различной, например, первая решетка может быть прямоугольной решеткой, а вторая решетка может быть треугольной решеткой.

На Фиг.4, схематично и примерно показан вариант осуществления решетки. Решетка может содержать рамку 16 (как опция), содержащую первый сегмент 161, второй сегмент 162, и по меньшей мере один третий сегмент 164, располагаемые рядом с друг другом в направлении, перпендикулярном направлению линейного детектора 15 и направлению рентгеновского пучка 11. Каждый из трех сегментов решетки содержит линии 163 решетки с различной характеристикой пропускания. В одном примере устройство рентгеновской визуализации выполнено с возможностью перемещения линейного детектора 15 и упомянутой по меньшей мере одной решетки относительно любого третьего относительного положения, так что в третьем относительном положении, участки рентгеновского пучка во время работы проходят упомянутый по меньшей мере один третий сегмент, тогда как первый и второй сегменты 161, 162 размещены вне участков рентгеновского пучка, и что в первом и втором относительном положении упомянутый по меньшей мере один третий сегмент размещен вне участков рентгеновского пучка.

В одном примере первый сегмент 161 обеспечен для получения обычных данных, второй сегмент 162 обеспечен для получения градиентов в ориентации «х», и третий сегмент 164 обеспечен для получения градиентов в ориентации «у», причем ось y практически перпендикулярна оси x . Если первый сегмент 161 помещен выше сенсора линейного детектора, выполняется обычное сканирование, если второй сегмент 162 помещен выше сенсора линейного детектора, измеряется градиент в x -направлении, и если третий сегмент 164 помещен выше сенсора линейного детектора, измеряется градиент в y -направлении. Также возможно использовать по меньшей мере дополнительный сегмент (не показан) с ориентацией решетки, например, 45° между вторым и третьим сегментами 162, 164.

На Фиг.4 показана приблизительная схема этапов способа рентгеновской визуализации. Способ содержит следующие этапы, не обязательно в таком порядке:

- На первом этапе S1 рентгеновский пучок 11 подают посредством системы рентгеновского источника на подлежащий визуализации объект.

- На втором этапе S2 создают интерференционную картину по меньшей мере с помощью одной решетки 13, 14, которая содержит по меньшей мере первый сегмент 161 и второй сегмент 162, расположенные рядом с друг другом в направлении, перпендикулярном направлению линейного детектора 15.

- На третьем этапе S3 линейный детектор 15 с множеством сенсорных линий, причем каждая сенсорная линия обеспечена посредством множества сенсорных элементов, и причем эти сенсорные линии обеспечены для обнаружения соответствующих участков рентгеновского пучка 11, проходящего решетку во время работы и подлежащий визуализации объект 21, перемещают относительно друг друга, так что в соответствии с участками рентгеновского пучка множество интерференционных картин обнаруживают в соответствующих различных относительных положениях линейного детектора и

объекта для реконструкции изображения объекта 21.

- На четвертом этапе S4 линейный детектор 15 и решетку перемещают относительно друг друга между по меньшей мере первым относительным положением и вторым относительным положением, так что в первом относительном положении участок рентгеновского пучка 11 во время работы проходит через упомянутый по меньшей мере один первый сегмент 161, тогда как упомянутый по меньшей мере один второй сегмент 162 размещен вне упомянутого участка рентгеновского пучка 11, и что во втором относительном положении упомянутый участок рентгеновского пучка 11 во время работы проходит через упомянутый по меньшей мере один второй сегмент 162, тогда как упомянутый по меньшей мере один первый сегмент 161 размещен вне упомянутого участка рентгеновского пучка 11.

- На пятом этапе S5 участок рентгеновского пучка 11 проходящий решетку, обнаруживают.

В другом примерном варианте осуществления настоящего изобретения обеспечена компьютерная программа или элемент компьютерной программы, который отличается тем, что выполнен с возможностью осуществлять этапы способа в соответствии с одним из предыдущих вариантов осуществления на соответствующей установке.

Элемент компьютерной программы может быть поэтому сохранен на компьютерном блоке, который также может быть частью варианта осуществления настоящего изобретения. Этот вычислительный блок может быть приспособлен для выполнения, или приводить к выполнению этапов способа, описанного выше. Кроме того, он может быть выполнен с возможностью управления компонентами вышеупомянутого описанного устройства. Вычислительный блок может быть выполнен с возможностью автоматической работы и/или для исполнения команд пользователя. Компьютерная программа может быть загружена в рабочую память процессора данных. Процессор может, таким образом, быть приспособлен для выполнения способа по изобретению.

Этот примерный вариант осуществления изобретения охватывает как компьютерную программу, которая с самого начала использует изобретение, так и компьютерную программу, которая посредством обновления превращает имеющуюся программу в программу, которая использует изобретение.

Кроме того, элемент компьютерной программы может быть пригоден для обеспечения всех необходимых этапов для осуществления процедуры примерного варианта осуществления способа, как описано выше.

В соответствии с дополнительным примерным вариантом осуществления настоящего изобретения обеспечен машиночитаемый носитель, такой как CD-ROM, причем машиночитаемый носитель хранит в себе элемент компьютерной программы, и этот элемент компьютерной программы описан предыдущим разделом.

Компьютерная программа может быть сохранена и/или распространена на подходящем носителе, таком как оптический носитель данных или твердотельный носитель данных, поставляемый вместе или как часть других аппаратных средств, но может также быть распространена в других формах, например, через Интернет или другие проводные или беспроводные телекоммуникационные системы.

Однако компьютерная программа также может быть обеспечена по сети, подобной Всемирной паутине, и может быть загружена в рабочую память процессора данных из такой сети. В соответствии с дополнительным примерным вариантом осуществления настоящего изобретения обеспечен такой носитель, чтобы сделать элемент компьютерной программы доступным для загрузки, и этот элемент компьютерной программы выполнен с возможностью осуществления способа в соответствии с одним

из предварительно описанных вариантов осуществления изобретения.

Следует отметить, что варианты осуществления изобретения описаны в отношении различных объектов изобретения. В частности, некоторые варианты осуществления описаны в отношении пунктов формулы на способ, тогда как другие варианты осуществления описаны в отношении пунктов формулы на устройство. Однако специалист в данной области техники увидит из вышеприведенного и нижеследующего описания, что, если только не сформулировано иначе, то в дополнение к любой комбинации признаков, принадлежащих объекту изобретения одному типу, также любая комбинация между признаками, относящимися к различным объектам изобретения, считается раскрытой в этой заявке. Однако все признаки могут быть объединены, обеспечивая синергетические эффекты, которые оказываются большими, чем простое суммирование признаков.

Хотя изобретение было показано на чертежах и подробно описано в предшествующем описании, такую иллюстрацию и описание следует считать иллюстративными или примерными, а не ограничительными. Изобретение не ограничивается раскрытыми вариантами осуществления. Другие вариации раскрытых вариантов осуществления могут быть поняты и реализованы специалистами в данной области техники при осуществлении заявленного изобретения, из анализа чертежей, раскрытия, и зависимых пунктов формулы.

В формуле изобретения выражение «содержащий» не исключает других элементов или этапов, а выражение в единственном числе не исключает множества. Одиночный процессор или другой блок могут выполнять функции нескольких элементов, указанных в формуле изобретения. То, что определенные меры приведены во взаимно различающихся зависимых пунктах формулы, не означает, что комбинация этих мер не может быть использована для получения преимущества. Любые условные обозначения в формуле изобретения не следует рассматривать как ограничение объема притязаний изобретения.

(57) Формула изобретения

1. Устройство (10) рентгеновской визуализации, содержащее:
систему рентгеновского источника для обеспечения рентгеновского пучка (11);
по меньшей мере одну решетку (13, 14); и
линейный детектор (15) с сенсорными линиями, причем каждая из сенсорных линий снабжена сенсорными элементами и причем сенсорные линии обеспечены для обнаружения соответствующих участков рентгеновского пучка (11), проходящего упомянутую по меньшей мере одну решетку во время работы,
причем устройство рентгеновской визуализации выполнено с возможностью перемещения линейного детектора (15) и подлежащего визуализации объекта (21) относительно друг друга, так что в соответствии с упомянутыми участками рентгеновского пучка интерференционные картины являются обнаруживаемыми в соответствующих различных относительных положениях линейного детектора и объекта для реконструкции изображения объекта (21); причем упомянутая по меньшей мере одна решетка (13, 14) содержит по меньшей мере один первый сегмент (161) и по меньшей мере один второй сегмент (162), расположенные рядом с друг другом поочередно в направлении, перпендикулярном направлению линейного детектора (15);
причем количество первых сегментов (161) равно количеству сенсорных линий линейного детектора (15),
количество вторых сегментов (162) равно количеству сенсорных линий линейного

детектора (15),

причем устройство рентгеновской визуализации выполнено с возможностью перемещения линейного детектора (15) и упомянутой по меньшей мере одной решетки относительно друг друга между по меньшей мере первым относительным положением и вторым относительным положением, так что в первом относительном положении участок рентгеновского пучка (11) во время работы проходит через упомянутый по меньшей мере один первый сегмент (161) и затем поступает на одномерную сенсорную линию для обнаружения, тогда как упомянутый по меньшей мере один второй сегмент (162) размещен вне упомянутого участка рентгеновского пучка (11), так что он проецируется вдоль рентгеновского пучка на область между соседними сенсорными линиями, и что во втором относительном положении упомянутый участок рентгеновского пучка (11) во время работы проходит через упомянутый по меньшей мере один второй сегмент (162) и затем поступает на одномерную сенсорную линию для обнаружения, тогда как упомянутый по меньшей мере один первый сегмент (161) размещен вне упомянутого участка рентгеновского пучка (11), так что он проецируется вдоль рентгеновского пучка на область между соседними сенсорными линиями.

2. Устройство (10) рентгеновской визуализации по п. 1, причем каждый из первого и второго сегментов (161, 162) содержит структуру (163) решетки с соответствующей характеристикой пропускания и причем первый и второй сегменты (161, 162) отличаются в отношении соответствующей структуры (163) решетки, так что первый и второй сегменты (161, 162) отличаются в отношении соответствующей характеристики пропускания.

3. Устройство (10) рентгеновской визуализации по п. 2, причем структура (163) решетки первого сегмента (161) имеет первый период решетки и

причем структура (163) решетки второго сегмента (162) имеет второй период решетки, который отличается от первого периода решетки.

4. Устройство (10) рентгеновской визуализации по п. 2 или 3, причем структура (163) решетки первого сегмента (161) имеет первую ориентацию и

причем структура (163) решетки второго сегмента (162) имеет вторую ориентацию, которая отличается от первой ориентации.

5. Устройство (10) рентгеновской визуализации по п. 2, 3 или 4, причем структура решетки первого сегмента (161) имеет первую геометрию и

причем структура решетки второго сегмента (162) имеет вторую геометрию, которая отличается от первой геометрии.

6. Устройство (10) рентгеновской визуализации по одному из предыдущих пунктов, причем упомянутая по меньшей мере одна решетка содержит рамку (16) и

причем рамка содержит по меньшей мере первый и второй сегменты.

7. Устройство (10) рентгеновской визуализации по одному из предыдущих пунктов, причем упомянутая по меньшей мере одна решетка (13) содержит по меньшей мере один третий сегмент (164), расположенный рядом со вторым сегментом (162) в направлении, перпендикулярном направлению линейного детектора (15);

причем упомянутый по меньшей мере один третий сегмент (164) отличается от первого и второго сегментов (161, 162) в отношении соответствующей структуры (163) решетки и соответствующей характеристики пропускания и

причем устройство рентгеновской визуализации выполнено с возможностью перемещения линейного детектора и упомянутой по меньшей мере одной решетки также относительно любого третьего относительного положения, так что в третьем относительном положении участок рентгеновского пучка во время работы проходит

через упомянутый по меньшей мере один третий сегмент, тогда как первый и второй сегменты размещены вне упомянутого участка рентгеновского пучка, и что в первом и втором относительном положении упомянутый по меньшей мере один третий сегмент размещен вне упомянутого участка рентгеновского пучка.

5 8. Устройство (10) рентгеновской визуализации по одному из предыдущих пунктов, причем устройство (10) рентгеновской визуализации представляет собой устройство рентгеновской дифференциальной фазово-контрастной визуализации (10) и

причем упомянутая по меньшей мере одна решетка обеспечена в виде фазовой решетки (13) или в виде поглощающей решетки (14).

10 9. Устройство (10) рентгеновской визуализации по одному из пп. 1-7, причем обеспечены две из упомянутой по меньшей мере одной решетки;

причем одна из этих двух решеток представляет собой фазовую решетку (13), а другая из этих двух решеток представляет собой поглощающую решетку (14), установленную относительно фазовой решетки ниже по ходу рентгеновского пучка; и

15 причем первые сегменты фазовой решетки отличаются от первых сегментов поглощающей решетки и/или вторые сегменты фазовой решетки отличаются от вторых сегментов поглощающей решетки.

10. Устройство (10) рентгеновской визуализации по одному из предыдущих пунктов, дополнительно содержащее блок перемещения, выполненный с возможностью перемещения упомянутой по меньшей мере одной решетки (13, 14) относительно линейного детектора (15).

11. Устройство (10) рентгеновской визуализации по одному из предыдущих пунктов, причем упомянутая по меньшей мере одна решетка (13, 14) и линейный детектор (15) установлены на подвижном гентри и

25 причем обеспечен блок перемещения гентри, который выполнен с возможностью перемещения подвижного гентри относительно подлежащего визуализации объекта (21).

12. Установка (1) рентгеновской визуализации, содержащая:

устройство (10) рентгеновской визуализации в соответствии с предыдущими пунктами;

30 процессор и

устройство (20) приема объекта, выполненное с возможностью приема подлежащего визуализации объекта (21);

причем процессор выполнен с возможностью управления относительным перемещением устройства (10) рентгеновской визуализации и устройства (20) приема объекта относительно друг друга и/или относительного перемещения упомянутой по меньшей мере одной решетки (13, 14) и линейного детектора (15) устройства (10) рентгеновской визуализации относительно друг друга.

13. Способ рентгеновской визуализации, содержащий этапы:

40 подача рентгеновского пучка (11) с помощью системы рентгеновского источника на подлежащий визуализации объект;

создание интерференционной картины с помощью по меньшей мере одной решетки (13, 14), которая содержит по меньшей мере первый сегмент (161) и второй сегмент (162), расположенные рядом с друг другом поочередно в направлении, перпендикулярном направлению линейного детектора (15);

45 относительное перемещение линейного детектора (15) с сенсорными линиями, причем каждая из сенсорных линий снабжена сенсорными элементами, причем эти сенсорные линии обеспечены для обнаружения соответствующих участков рентгеновского пучка (11), проходящего упомянутую по меньшей мере одну решетку во время работы и

подлежащий визуализации объект (21), так что в соответствии с участками рентгеновского пучка интерференционные картины обнаруживают в соответствующих различных относительных положениях линейного детектора и объекта для реконструкции изображения объекта (21);

5 причем количество первых сегментов (161) равно количеству сенсорных линий линейного детектора (15),

 количество вторых сегментов (162) равно количеству сенсорных линий линейного детектора (15),

 относительное перемещение линейного детектора (15) и упомянутой по меньшей
10 мере одной решетки между по меньшей мере первым относительным положением и вторым относительным положением, так что в первом относительном положении участок рентгеновского пучка (11) во время работы проходит через упомянутый по
 меньшей мере один первый сегмент (161) и затем поступает на одномерную сенсорную линию для обнаружения, тогда как упомянутый по меньшей мере один второй сегмент
15 (162) размещен вне упомянутого участка рентгеновского пучка (11), так что он проецируется вдоль рентгеновского пучка на область между соседними сенсорными линиями, и что во втором относительном положении упомянутый участок
 рентгеновского пучка (11) во время работы проходит через упомянутый по меньшей мере один второй сегмент (162) и затем поступает на одномерную сенсорную линию
20 для обнаружения, тогда как упомянутый по меньшей мере один первый сегмент (161) размещен вне упомянутого участка рентгеновского пучка (11) так, что он проецируется
 вдоль рентгеновского пучка на область между соседними сенсорными линиями; и
 обнаружение участка рентгеновского пучка (11), проходящего упомянутую по
 меньшей мере одну решетку,

25 14. Машиночитаемый носитель для управления устройством рентгеновской визуализации по одному из пп. 1-11 или установкой рентгеновской визуализации по п. 12, содержащий компьютерную программу со средствами программного кода, сконфигурированный для выполнения процессором этапов способа по п. 13 при выполнении указанной компьютерной программы на процессоре.

30

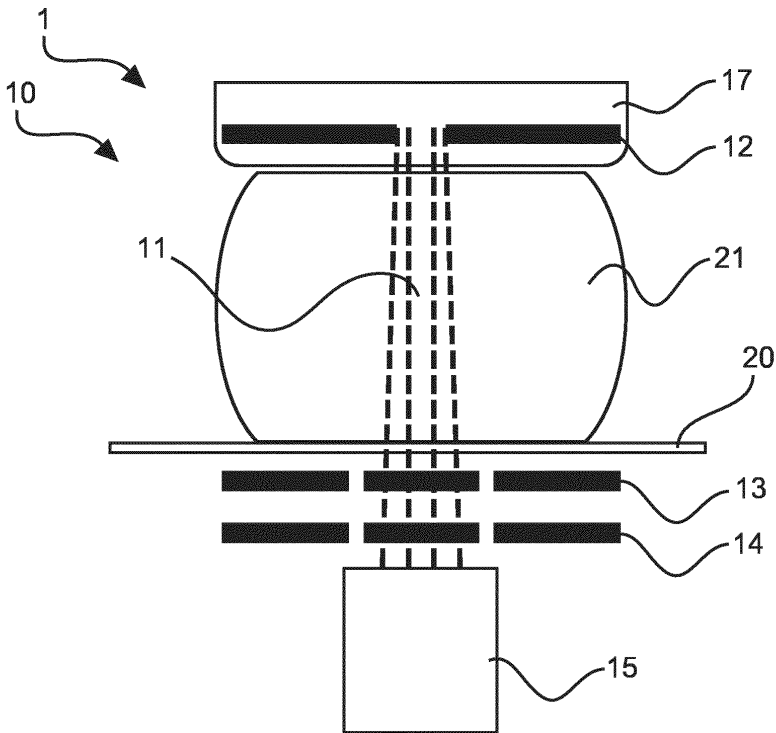
35

40

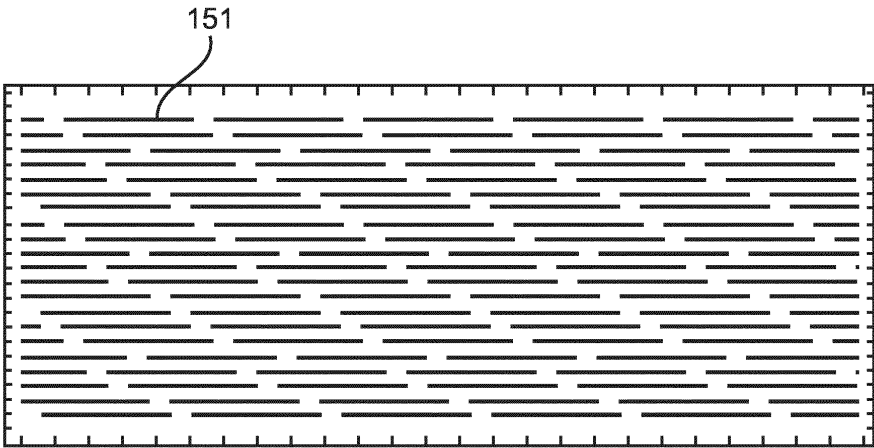
45

1

1/3



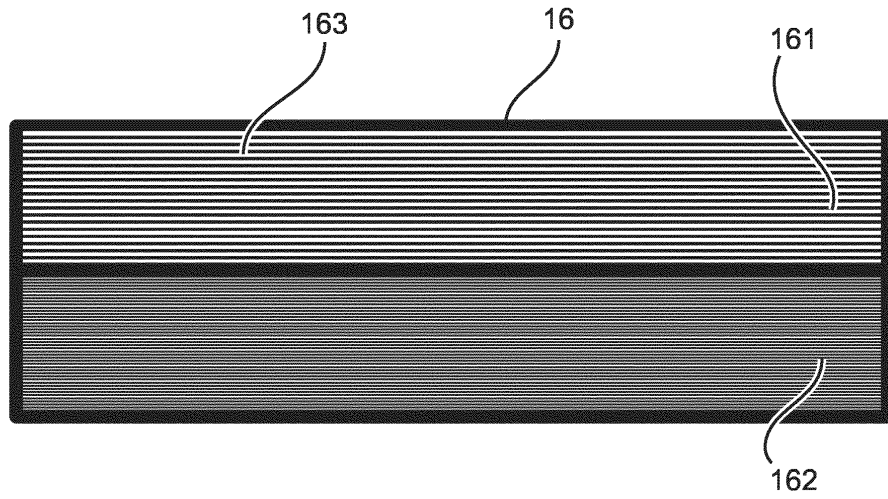
ФИГ. 1



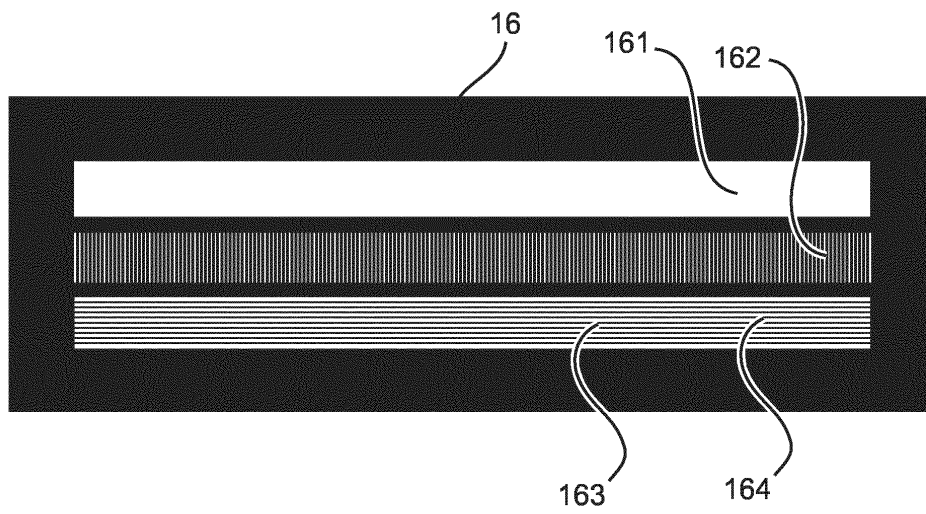
ФИГ. 2

2

2/3

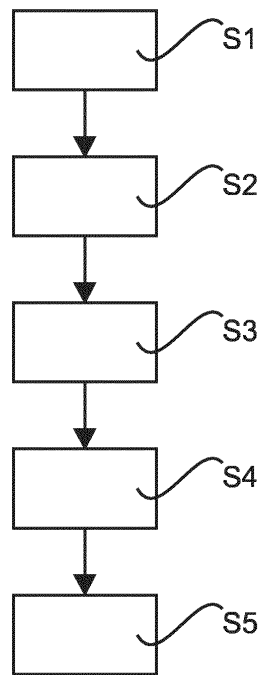


ФИГ. 3



ФИГ. 4

3/3



ФИГ. 5