



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013145538/28, 02.03.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
02.03.2012

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
15.03.2011 US 61/452,825

(43) Дата публикации заявки: 20.04.2015 Бюл. № 11

(45) Опубликовано: 27.04.2016 Бюл. № 12

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 20020127523A1, 12.09.2002. US 5073911A, 17.12.1991. US 2006023831A1, 02.02.2006. US 6463115B1, 08.10.2002. RU 2008148823A, 20.06.2010. RU 2009124930A, 10.01.2011.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 15.10.2013

(86) Заявка РСТ:
IB 2012/050985 (02.03.2012)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2012/123845 (20.09.2012)

Адрес для переписки:

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

(72) Автор(ы):

РЕССЛЬ Эвальд (NL),
ПРОКСА Роланд (NL)

(73) Патентообладатель(и):

КОНИНКЛЕЙКЕ ФИЛИПС Н.В. (NL)

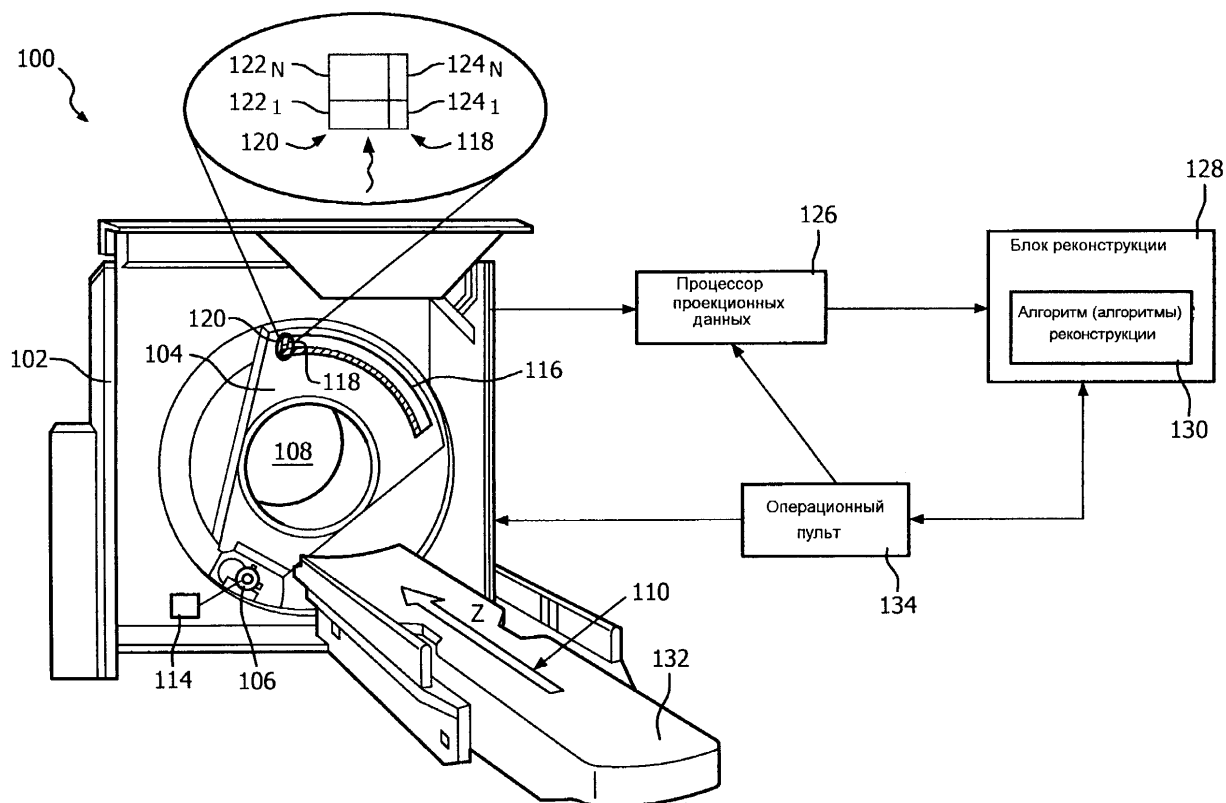
(54) ОСНОВАННОЕ НА ПРАВДОПОДОБИИ ШУМОПОДАВЛЕНИЕ ОБЛАСТИ ПРОЕКЦИИ
СПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ

(57) Реферат:

Использование: для шумоподавления спектральных данных в области проекции. Сущность изобретения заключается в том, что выполняют прием проекционных данных. Проекционные данные генерируются посредством спектрального детектора и включают в себя два или более независимых измерения с разрешением по энергии, в которых, по меньшей мере, одно из упомянутых двух или более измерений имеет первую статистику фотонов. Способ дополнительно включает в себя генерирование

подвергнутого шумоподавлению измерения в электронном формате, по меньшей мере, для одного из упомянутых двух или более измерений, имеющих первую статистику фотонов. Подвергнутое шумоподавлению измерение имеет вторую статистику фотонов, которая является более хорошей, чем первая статистика фотонов. Технический результат: обеспечение возможности шумоподавления спектральных данных в области проекции, позволяющего повысить качество формирования спектральных изображений. 2 н.

и 13 з.п. ф-лы, 5 ил.



ФИГ.1

RU 2582475 C2

RU 2582475 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2013145538/28, 02.03.2012**

(24) Effective date for property rights:
02.03.2012

Priority:

(30) Convention priority:
15.03.2011 US 61/452,825

(43) Application published: **20.04.2015** Bull. № 11

(45) Date of publication: **27.04.2016** Bull. № 12

(85) Commencement of national phase: **15.10.2013**

(86) PCT application:
IB 2012/050985 (02.03.2012)

(87) PCT publication:
WO 2012/123845 (20.09.2012)

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, stroenie 3,
OOO "JURidicheskaja firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**RESSL Evald (NL),
PROKSA Roland (NL)**

(73) Proprietor(s):

KONINKLEJKE FILIPS N.V. (NL)

(54) **LIKELIHOOD-BASED SPECTRAL DATA PROJECTION DOMAIN DE-NOISING**

(57) Abstract:

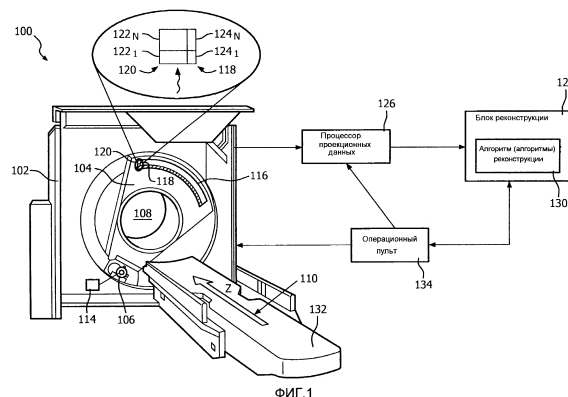
FIELD: acoustics.

SUBSTANCE: invention can be applied for noise suppression of spectral data in projection area. This invention consists in fact that projection data are received. Projection data are generated by spectral detector and include two or more independent measurements with energy resolution, in which at least one of above two or more measurements has first photon statistics. Further, method involves generation of measurement in electronic format subjected to noise suppressing, for at least one of above two or more measurements with first photon statistics. Noise-suppressed measurement has second photon statistics, which is better than first photon statistics.

EFFECT: technical result is possibility of noise

suppression of spectral data in projection area, which enables to increase quality of spectral image generation.

15 cl, 5 dwg



ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

Последующее, в общем, относится к формированию спектральных изображений и, более конкретно, к шумоподавлению спектральных данных в области проекции и описывается в связи со спектральной компьютерной томографией (СТ).

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Стандартный сканер компьютерной томографии (СТ) включает в себя вращающуюся раму, установленную с возможностью вращения, в общем, на неподвижной раме. Вращающаяся рама поддерживает рентгеновскую трубку и матрицу детекторов, которая установлена на способной вращаться раме напротив рентгеновской трубки, на другой стороне области обследования. Вращающаяся рама и, следовательно, рентгеновская трубка и матрица детекторов вращаются вокруг области обследования вокруг продольной оси или оси z. Рентгеновская трубка выполнена с возможностью испускать излучение, которое проходит через область обследования (и часть субъекта или объекта в области обследования) и облучает матрицу детекторов. Матрица детекторов обнаруживает излучение и генерирует проекционные данные (измерения обнаружения), показывающие область обследования и субъект или объект, размещенный там. Блок реконструкции реконструирует проекционные данные, генерируя данные объемного изображения. Процессор изображений может обрабатывать данные объемного изображения и генерировать одно или более изображений сканированной части субъекта или объекта.

Для спектральной СТ сканер может включать в себя две рентгеновские трубки, выполненные с возможностью излучения разных энергетических спектров, или рентгеновскую трубку, выполненную с возможностью переключения между, по меньшей мере, двумя разными энергетическими спектрами, и/или матрица детекторов может включать в себя матрицу разрешающих по энергии детекторов со спектральными детекторами или детекторами счета фотонов. Двухслойный спектральный детектор имеет первый слой обнаружения, выполненный с возможностью обнаружения фотонов низкой энергии, и второй слой обнаружения, выполненный с возможностью обнаружения фотонов высокой энергии. Первый и второй слои обнаружения расположены по отношению друг к другу так, что первый слой обнаружения находится выше второго слоя обнаружения и более близко к рентгеновской трубке вдоль направления излучения от рентгеновской трубки в матрицу детекторов. Каждый слой обнаружения включает в себя пару сцинтиллятор/фотодиод, в которой сцинтиллятор принимает и поглощает рентгеновский фотон и испускает световой фотон, показывающий рентгеновский фотон, и фотодатчик обнаруживает световой фотон и генерирует измерение обнаружения, показывающее энергию начального рентгеновского фотона.

Там, где сканер включает в себя одиночную рентгеновскую трубку, выполненную с возможностью переключения между двумя спектрами излучения (например, 80 kVp и 140 kVp), и двухслойный спектральный детектор, проекционные данные включают в себя четыре (4) независимых измерения обнаружения с разрешением по энергии, соответственно, соответствующие (1) 80 kVp и первому слою обнаружения, (2) 80 kVp и второму слою обнаружения, (3) 140 kVp и первому слою обнаружения, и (4) 140 kVp и второму слою обнаружения. При низком напряжении рентгеновской трубки, равном 80 kVp, первый слой обнаружения поглощает большинство фотонов и второй более низкий слой обнаружения регистрирует относительно малое количество подсчетов, и измерения с разрешением по энергии, выработанные соответствующим фотодиодом, имеют плохую статистику фотонов. (Статистика фотонов может улучшаться посредством увеличения тока рентгеновской трубки; однако это будет увеличивать

дозу пациента, или подвергать ионизирующему излучению.) Подобным образом узкий канал энергетического интервала детектора счета вырабатывает измерения с плохой статистикой фотонов. К несчастью, при обработке таких измерений, например, с использованием разложения по основным материалам, плохая статистика фотонов

5 дает результатом несоразмерный шум разложения по основным материалам.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Представленные аспекты заявки обеспечивают новый и улучшенный способ спектральной СТ, который решает вышеуказанные и другие проблемы.

В соответствии с одним аспектом способ для обработки проекционных данных в области проекции включает в себя прием проекционных данных. Проекционные данные генерируются посредством спектрального детектора и включают в себя два или более независимых измерения с разрешением по энергии, в которых, по меньшей мере, одно из упомянутых двух или более измерений имеет первую статистику фотонов. Способ дополнительно включает в себя генерирование подвергнутого шумоподавлению измерения в электронном формате для упомянутого, по меньшей мере, одного из упомянутых двух или более измерений, имеющих первую статистику фотонов. Подвергнутое шумоподавлению измерение имеет вторую статистику фотонов, которая является более хорошей, чем первая статистика фотонов.

Согласно другому аспекту система включает в себя процессор проекционных данных, который принимает проекционные данные, сгенерированные посредством системы формирования изображений и включающие в себя два или более независимых измерения с разрешением по энергии, в которых, по меньшей мере, одно из упомянутых двух или более измерений имеет первую статистику фотонов и подвергает шумоподавлению измерение для упомянутого, по меньшей мере, одного из упомянутых двух или более измерений, имеющих первую статистику фотонов, при этом подвергнутое шумоподавлению измерение имеет вторую статистику фотонов, которая является более хорошей, чем первая статистика фотонов. Согласно другому аспекту способ включает в себя обработку проекционных данных, сгенерированных посредством чувствительного к излучению детектора, так, чтобы выравнивать шум спектральных измерений с низкой и высокой статистикой фотонов проекционных данных на основе минимизации правдоподобия проекционных данных в области проекции.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Изобретение может принимать форму в различных компонентах и компоновках компонентов, и в различных этапах и компоновках этапов. Чертежи предназначены только для целей иллюстрации предпочтительных вариантов осуществления и не должны толковаться как ограничивающие изобретение.

Фиг. 1 схематически иллюстрирует примерную систему формирования изображений в связи с процессором проекционных данных, который, по меньшей мере, подвергает шумоподавлению измерения проекционных данных с разрешением по энергии.

40 Фиг. 2 схематически иллюстрирует пример процессора проекционных данных.

Фиг. 3 графически иллюстрирует примерный профиль измерений обнаружения с разрешением по энергии, имеющих плохую статистику фотонов, и примерный профиль версии измерений обнаружения с разрешением по энергии, имеющих плохую статистику фотонов, после шумоподавления посредством процессора проекционных данных.

45 Фиг. 4 графически иллюстрирует примерный профиль измерений обнаружения с разрешением по энергии, имеющих хорошую статистику фотонов, и примерный профиль версии измерений обнаружения с разрешением по энергии, имеющих хорошую статистику фотонов, после шумоподавления посредством процессора проекционных

данных.

Фиг. 5 иллюстрирует способ для шумоподавления проекционных данных, в которых, по меньшей мере, подчасть измерений обнаружения проекционных данных с разрешением по энергии имеют плохую статистику фотонов.

5 ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ВАРИАНТОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Фиг. 1 схематически иллюстрирует систему 100 формирования изображений, такую как сканер компьютерной томографии (СТ). Система 100 формирования изображений включает в себя, в общем, часть 102 неподвижной рамы и часть 104 вращающейся рамы. Часть 104 вращающейся рамы поддерживается с возможностью вращения
10 посредством, в общем, части 102 неподвижной рамы с помощью подшипника (не показан) или подобного.

Источник 106 излучения, такой как рентгеновская трубка, поддерживается посредством части 104 вращающейся рамы и вращается с ней вокруг области 108 обследования вокруг продольной оси или оси z 110. Коллиматор 112 источника
15 коллимирует излучение, испущенное источником 106 излучения, вырабатывая, в общем, конусообразный, веерообразный, клинообразный пучок излучения или иной формы, который проходит через область 108 обследования.

Контроллер 114 напряжения источника излучения управляет средним напряжением излучения источника 106 излучения. В одном случае контроллер 114 напряжения
20 источника излучения осуществляет переключение или иным способом изменяет напряжение излучения, например, между множеством напряжений в диапазоне от 10 kVp до 160 kVp, от сканирования к сканированию, между периодами интеграции (представлениями) сканограммы, внутри периода интеграции, и/или иным образом. Как результат пучки излучения, имеющие разные энергетические спектры среднего
25 излучения, могут генерироваться и использоваться, чтобы сканировать объект или субъект.

В качестве неограничивающего примера контроллер 114 напряжения источника излучения может быть выполнен с возможностью переключения напряжения излучения между 80 kVp и 140 kVp. При этом управлении источник 106 излучения испускает первое
30 излучение с первым энергетическим спектром (80 kVp или 140 kVp) и второе излучение со вторым другим энергетическим спектром (140 kVp или 80 kVp). В качестве альтернативы контроллер 114 может управлять источником 106, чтобы испускать одиночное среднее напряжение излучения, напряжения излучения, отличные от 80 kVp и/или 140 kVp, и/или более чем два разных напряжения излучения. Дополнительно или
35 альтернативно, система 100 формирования изображений может включать в себя два или более источника 106 излучения, расположенные в разных угловых положениях по отношению друг к другу в плоскости x/y (например, разнесенные на 60, 90, и т.д. градусов), где, по меньшей мере, два из источников 106 излучения испускают излучение с разными энергетическими спектрами.

Одно- или двумерная матрица 116 разрешающих по энергии детекторов образует угловую дугу с противоположной стороны области 108 обследования по отношению к источнику 106 излучения и обнаруживает излучение, которое проходит через область 108 обследования. В проиллюстрированном варианте осуществления матрица 116
40 разрешающих по энергии детекторов является спектральной матрицей детекторов и включает в себя матрицу 118 фотодатчиков и матрицу 120 сцинтилляторов, которая оптически соединена с матрицей 118 фотодатчиков на светочувствительной стороне матрицы 118 фотодатчиков. Матрица 116 разрешающих по энергии детекторов расположена в системе 100 формирования изображений так, что излучение, проходящее

через область 108 обследования, попадает в матрицу 120 сцинтилляторов.

Проиллюстрированная матрица 116 детекторов включает в себя вертикальные детекторы, имеющие множественный подсцинтиллятор $122_1, \dots, 122_N$ (при этом N равняется или больше чем два), уложенный в направлении приходящего излучения, причем каждый имеет разную спектральную чувствительность и соединен с соответствующими областями $124_1, \dots, 124_N$ фотодатчиков матрицы 118 фотодатчиков. В общем подсцинтиллятор 122_1 имеет геометрию и материал, который соответствует фотонам низкой энергии, и подсцинтиллятор 122_N имеет геометрию и материал, который соответствует фотонам высокой энергии, и спектральные чувствительности областей $124_1, \dots, 124_N$ фотодатчиков матрицы 118 фотодатчиков соответственно соответствуют световым спектрам излучения подсцинтиллятора $122_1, \dots, 122_N$. Неограничивающий пример такого детектора описывается в патентной заявке, номер 11/912,673, поданной 26 октября, 2007, и озаглавленной "Double Decker Detector for Spectral CT", полнота которой включается сюда по ссылке.

Матрица 116 разрешающих по энергии детекторов генерирует и выводит проекционные данные с разрешением по энергии, которые включают в себя независимые измерения обнаружения с разрешением по энергии. В качестве примера, там, где напряжение излучения переключается между двумя разными средними напряжениями излучения и матрица 116 детекторов включает в себя два подсцинтиллятора 122 с двумя разными спектральными чувствительностями и оптически соединенные с соответствующими слоями 124 фотодатчиков, результирующие проекционные данные включают в себя четыре (4) независимых измерения обнаружения с разрешением по энергии, представляющие четыре (4) разных комбинации двух напряжений излучения и двух спектральных чувствительностей детектора. В вариантах осуществления с более большим количеством источников 106, большим или меньшим переключением kVp и/или детекторами с более большим или меньшим количеством слоев обнаружения проекционные данные с разрешением по энергии могут включать в себя больше или меньше независимых измерений обнаружения с разрешением по энергии.

В альтернативном варианте осуществления матрица 116 детекторов является матрицей детекторов счета фотонов, которая, в ответ на обнаружение фотона, генерирует сигнал, имеющий пиковую амплитуду, показывающую энергию обнаруженного рентгеновского фотона. Электроника обработки сигналов связывает обнаруженный фотон с диапазоном энергии, соответствующим энергии обнаруженного фотона. Такая электроника, в общем, включает в себя формирователь импульсов, который обрабатывает сигнал и вырабатывает электрический сигнал, такой как напряжение или импульс тока с пиковой амплитудой, показывающей энергию обнаруженного фотона, дискриминатор, который сравнивает амплитуду импульса с одним или более пороговыми значениями энергии, установленными в соответствии с разными уровнями энергии, счетчик, который подсчитывает количество раз, когда амплитуда превышает пороговое значение для каждого порогового значения, и группировщик, который группирует обнаруженные фотоны в энергетические интервалы или окна на основе подсчетов.

Процессор 126 проекционных данных выполнен с возможностью обрабатывать проекционные данные с разрешением по энергии. Как описано более подробно ниже, в одном случае такая обработка включает в себя, но не ограничена этим, шумоподавление проекционных данных с разрешением по энергии в области проекции с использованием подхода на основе правдоподобия. Такое шумоподавление обеспечивает возможность для генерирования проекционных данных, для каналов

низкой статистики фотонов, которые являются менее зашумленными относительно проекционных данных для каналов низкой статистики фотонов до шумоподавления. Шумоподавление проекционных данных с высокой статистикой фотонов может давать результатом подвергнутые шумоподавлению проекционные данные, по существу, с такой же статистикой фотонов или более хорошей статистикой фотонов. В одном случае шумоподавление выравнивает шум в различных полученных спектральных измерениях в области проекции, до реконструкции.

Кратко обращаясь к фиг. 2, схематически иллюстрируется неограничивающий пример процессора 126 области проекции. В этом варианте осуществления процессор 126 области проекции включает в себя процессор 202 логарифмического правдоподобия, блок 204 шумоподавления и банк 206 алгоритма (алгоритмов) с одним или более алгоритмами, доступными для использования процессором 202 логарифмического правдоподобия.

Процессор 202 логарифмического правдоподобия берет в качестве входа измерения проекционных данных с разрешением по энергии от матрицы 116 детекторов и определяет сигнал или значение, показывающее наиболее вероятное разложение затухания при заданных измеренных данных на основе модели для измерения, алгоритма отрицательного логарифмического правдоподобия из банка 206 и измерений. Блок 204 шумоподавления использует сигнал, чтобы подвергать шумоподавлению исходные входные измерения проекционных данных с разрешением по энергии на основе модели, вырабатывая подвергнутые шумоподавлению измерения проекционных данных с разрешением по энергии.

В одном неограничивающем примере измерения (I_m) проекционных данных с разрешением по энергии могут представляться посредством модели, показанной в Уравнении 1.

Уравнение 1:

$$I_m = \int_0^\infty \Phi_m(E) e^{-\sum_{i=1}^M \mu_i(E) A_i} dE,$$

где $m=1, \dots, N$, N представляет количество спектрально разных измерений, $\Phi_m(E)$ представляет эффективный спектр m -го измерения, $\mu_i(E)$ представляет зависящую от энергии базовую функцию затухания объекта и A_i представляет линейные интегралы плотностей основных материалов.

Процессор 202 логарифмического правдоподобия принимает I_m и применяет один из двух нижеописанных алгоритмов отрицательного логарифмического правдоподобия из банка 206 алгоритмов на основе типа разрешающих по энергии детекторов, генерирующих измерения, чтобы определять наиболее вероятное разложение затухания при заданных измерениях, или $\hat{A}_i$.

Там, где матрица 116 детекторов включает в себя спектральные детекторы, отрицательное логарифмическое правдоподобие, на основе модели гауссова шума, может представляться (без членов, независимых от количеств, подлежащих оценке), как показано в Уравнении 2.

Уравнение 2:

$$L(A_i; I_m^M) = \sum_{m=1}^N \frac{(I_m^M - I_m)^2}{(\sigma_m^2)}.$$

Там, где матрица 116 детекторов включает в себя детекторы счета фотонов, отрицательное логарифмическое правдоподобие, на основе модели шума правдоподобия

Пуассона, может представляться (без членов, независимых от количеств, подлежащих оценке), как показано в Уравнении 3.

Уравнение 3:

$$L(A_i; I_m^M) = \sum_{m=1}^M I_m(A_i) - I_m \log(I_m(A_i)).$$

Процессор 202 логарифмического правдоподобия определяет наиболее вероятное разложение ($\hat{A}_i$) затухания при заданных измеренных данных (I_m^M) посредством минимизации равенства логарифмического правдоподобия из Уравнения 2 или Уравнения 3.

Блок 204 шумоподавления проекционных данных генерирует подвергнутые шумоподавлению измерения ($\hat{I}_m$) проекционных данных с разрешением по энергии посредством замены A_i на $\hat{A}_i$ в Уравнении 1, как показано в Уравнении 4.

Уравнение 4:

$$\hat{I}_m = \int_0^\infty \Phi_m(E) e^{-\sum_{i=1}^M \mu_i(E) \hat{A}_i} dE.$$

Подвергнутые шумоподавлению измерения ($\hat{I}_m$) проекционных данных с разрешением по энергии будут, в общем, отличаться от начальных измерений (I_m^M) проекционных данных с разрешением по энергии, так как правдоподобие находит наилучший компромисс между минимизацией полной суммы в Уравнениях 2 и 3 и удовлетворением одиночных измерений.

Различия между подвергнутыми шумоподавлению и начальными измерениями ($\hat{I}_m$ и I_m^M) с разрешением по энергии будут наибольшими для членов с большой дисперсией (σ_m^2), и дисперсия подвергнутых шумоподавлению измерений ($\hat{I}_m$) проекционных данных с разрешением по энергии может быть меньше, чем дисперсия соответствующих начальных измерений (I_m^M) проекционных данных с разрешением по энергии.

Следует принять во внимание, что вышеописанный пример обеспечивается для объяснительных целей и не является ограничивающим. В другом варианте осуществления измерение проекционных данных с разрешением по энергии может моделироваться иным образом и/или может использоваться другой алгоритм процессором 202 логарифмического правдоподобия, чтобы определять сигнал, используемый, чтобы подвергать шумоподавлению проекционные данные.

Возвращаясь к фиг. 1, блок 128 реконструкции реконструирует обработанные проекционные данные и генерирует данные объемного изображения, показывающие область 108 обследования. Проиллюстрированный блок 128 реконструкции выполнен с возможностью применять один или более алгоритмов 130 реконструкции, таких как алгоритм спектрального разложения, алгоритм реконструкции максимального правдоподобия (ML), алгоритм фильтрованного обратного проецирования, итеративный алгоритм реконструкции, и/или другой алгоритм реконструкции.

Примерный алгоритм реконструкции моделирует проекционные данные как комбинацию фотоэлектрического эффекта с базовой функцией затухания $\mu_{pe}(E)$, эффекта Комптона с базовой функцией затухания $\mu_{co}(E)$, и, необязательно, одним или более материалами с базовыми функциями затухания $\mu_{K1}(E), \dots, \mu_{KM}(E)$, такими как один или более материалов К-края. В этом примере линейные интегралы плотностей

основных материалов компонента A_{ph} фотоэлектрического эффекта, компонента A_{Co} эффекта Комптона и других компонентов материалов $A_{K1}, \dots, A_{KM}$ зависят нелинейным образом от данных измерения, как выражено в Уравнении 1 выше.

Там, где, по меньшей мере, два сигнала обнаружения являются доступными, по меньшей мере, для двух диапазонов энергии (например, фотоэлектрический эффект и эффект Комптона), формируется система, по меньшей мере, двух уравнений, имеющая две неизвестные (A_{ph} и A_{Co}), которая может решаться с помощью известных численных методов. Там, где, по меньшей мере, три сигнала обнаружения являются доступными, по меньшей мере, для трех диапазонов энергии (например, фотоэлектрический эффект, эффект Комптона и материал К-края), формируется система, по меньшей мере, трех уравнений, имеющая три неизвестные (A_{ph} , A_{Co} , и A_{KI}), которая может решаться с помощью известных численных методов. Результаты (например, A_{ph} и A_{Co} , и, необязательно, $A_{KI}, \dots, A_{KM}$) могут использоваться одиночно или в комбинации, чтобы реконструировать изображения требуемого компонента с использованием стандартных способов реконструкции.

Из вышеописанного, там, где напряжение излучения переключается между двумя разными средними напряжениями излучения и матрица 116 детекторов включает в себя два подсцинтиллятора 122 с двумя разными спектральными чувствительностями и оптически соединенные с соответствующими слоями 124 фотодатчиков, имеется четыре (4) независимых измерения обнаружения с разрешением по энергии. В общем, разрешение увеличивается с количеством доступных независимых измерений. Как таковые, хотя требуются только два из измерений для двух диапазонов энергии, и требуются только три из измерений для трех диапазонов энергии, в обоих случаях могут использоваться четыре из измерений, чтобы улучшать чувствительность и шумовую устойчивость, например, с использованием подхода максимального правдоподобия, который учитывает статистику шума. Подходящий подход максимального правдоподобия описывается в связи с "K-edge imaging in x-ray computed tomography using multi-bin photon counting detectors", E. Roessl и R. Proksa, 2007 Phys. Med. Biol. 52 4679-4696.

Другой примерный алгоритм реконструкции реконструирует проекционные данные с разрешением по энергии в индивидуальные изображения и использует способы анализа на основе изображений, чтобы получать содержательную клиническую информацию. Один неограничивающий подход состоит в том, чтобы выполнять N-мерный кластерный анализ, чтобы разлагать изображения в компоненты, такие как мягкая ткань, кальций, йод или другие материалы, где N является количеством разных спектральных измерений, выполненных для каждого геометрического луча.

Система 100 формирования изображений дополнительно включает в себя кушетку или опору 132 для пациента, которая поддерживает человека или объект внутри области 108 обследования. Опора 132 является подвижной в направлениях x, y и z, что обеспечивает возможность оператору или системе подходящим образом располагать субъект внутри области 108 обследования до, в течение и/или после сканирования. Вычислительная система, такая как пульт 134 оператора, обеспечивает взаимодействие пользователя со сканером 100. Программные приложения, исполняемые пультом 134 оператора, обеспечивают возможность пользователю конфигурировать и/или управлять работой сканера 100. Например, пользователь может взаимодействовать с пультом 134 оператора, чтобы выбирать протокол, который включает в себя переключение кВ, обнаружение с разрешением по энергии, и/или спектральную реконструкцию.

Следует принять во внимание, что процессор 126 проекционных данных может быть

реализован посредством одного или более процессоров, исполняющих одну или более машиночитаемых инструкций, закодированных в машиночитаемом запоминающем носителе (например, физической памяти) и/или переносимых в сигнале. В дополнение, процессор 126 проекционных данных может быть частью системы 100 (как показано), например частью пульта 134, блока 128 реконструкции, отдельным компонентом, и т.д., и/или удаленным от системы 100, например частью вычислительной системы или распределенным по вычислительным системам. Более того, банк 206 алгоритмов может быть локальным (как показано) или удаленным и может включать в себя один или оба из алгоритмов.

Фиг. 3 и 4 графически показывают начальные и подвергнутые шумоподавлению измерения обнаружения с разрешением по энергии в соединении с детектором счета фотонов с множественными интервалами. На обоих чертежах ось y 302 представляет измерения проекционных данных в единицах абсолютных подсчетов, и ось x 304 представляет детекторные каналы ряда детекторов.

На фиг. 3 профиль 306 представляет начальные измерения обнаружения с разрешением по энергии для измерений интервала плохой статистики фотонов (т.е. маленькое окно энергии с малым количеством подсчетов и низкой статистикой), и профиль 308 представляет подвергнутую шумоподавлению с использованием логарифмического правдоподобия версию профиля 306, сгенерированного посредством процессора 126 проекционных данных (фиг. 1 и 2). Отметим, что профиль 308 для подвергнутых шумоподавлению измерений является, заметно, намного менее зашумленным, чем профиль 306 для начальных измерений плохой статистики фотонов. В этом примере шум улучшается посредством приблизительно коэффициента два. В общем, степень улучшения будет зависеть от исходной статистики интервалов относительно статистики во всех других интервалах.

На фиг. 4 профиль 402 представляет начальные измерения обнаружения с разрешением по энергии для измерений интервала высокой статистики (т.е. относительно большего окна энергии с более большим количеством подсчетов и большей статистикой), и профиль 404 представляет подвергнутую шумоподавлению с использованием логарифмического правдоподобия версию профиля 402, сгенерированного посредством процессора 126 проекционных данных (фиг. 1 и 2). Отметим, что профиль 404 для подвергнутых шумоподавлению измерений и профиль 306 для начальных измерений высокой статистики имеют, заметно, приблизительно один и тот же шум.

Как кратко описано в связи с фиг. 1, матрица 116 детекторов может быть матрицей разрешающих по энергии детекторов, как матрица, описанная на фиг. 1, или детектором счета фотонов, как пример, описанный далее в связи с фиг. 5. На фиг. 2 отрицательные логарифмические правдоподобия были описаны как для матриц разрешающих по энергии детекторов (Уравнение 2), так и для матриц детекторов счета фотонов (Уравнение 3).

Фиг. 5 иллюстрирует способ для обработки проекционных данных, включающих в себя измерения обнаружения с разрешением по энергии. Следует принять во внимание, что порядок действий в способах, здесь описанных, не является ограничивающим. Как таковые здесь предполагаются другие порядки. В дополнение, одно или более действий могут пропускаться и/или одно или более дополнительных действий могут включаться.

На этапе 502 принимают проекционные данные. Как здесь описано, проекционные данные могут генерироваться разрешающим по энергии детектором и включать в себя два или более независимых измерения с разрешением по энергии, в которых, по меньшей мере, одно из упомянутых двух или более измерений имеет первую статистику фотонов.

На этапе 504 получают модель, представляющую независимые измерения с разрешением по энергии. Примерная модель включает в себя модель, показанную в Уравнении 1. Альтернативно могут использоваться другие модели.

На этапе 506 генерируют сигнал, показывающий наиболее вероятное разложение затухания для измерения независимых измерений с разрешением по энергии, на основе модели и соответствующего измерения. Это действие может выполняться, по меньшей мере, над упомянутым, по меньшей мере, одним измерением, имеющим первую статистику фотонов, и может повторяться для всех или поднабора из упомянутых двух или более независимых измерений с разрешением по энергии.

Как здесь описано, подход логарифмического правдоподобия может использоваться, чтобы генерировать сигнал. Более конкретно, там, где разрешающий по энергии детектор является вертикальным, может использоваться отрицательное логарифмическое правдоподобие на основе модели Гауссова шума, такой как модель, которая показана в Уравнении 2, и там, где разрешающий по энергии детектор является детектором счета фотонов, может использоваться отрицательное логарифмическое правдоподобие на основе модели шума Пуассона, такой как модель, которая показана в Уравнении 3.

На этапе 508 для измерения генерируют подвергнутое шумоподавлению измерение. Подвергнутое шумоподавлению измерение может основываться на модели и сигнале. Например, как здесь описано, это может достигаться посредством подстановки сигнала в модель и вычисления измерения, что дает результатом сигнал, при этом подвергнутое шумоподавлению измерение имеет вторую статистику фотонов, которая является более хорошей, чем первая статистика фотонов. Это действие может выполняться, по меньшей мере, над сигналом, соответствующим первой статистике фотонов, и может повторяться для всех или поднабора сигналов для других двух или более независимых измерений с разрешением по энергии.

На этапе 510 реконструируют подвергнутые шумоподавлению проекционные данные.

Вышеописанное может быть реализовано посредством одного или более процессоров, исполняющих одну или более машиночитаемых инструкций, закодированных или воплощенных на машиночитаемом запоминающем носителе, таком как физическая память, которые побуждают упомянутые один или более процессоров выполнять различные действия и/или другие функции и/или действия. Дополнительно или альтернативно, упомянутые один или более процессоров могут исполнять инструкции, переносимые кратковременным носителем, таким как сигнал или несущая волна.

Изобретение было описано со ссылкой на предпочтительные варианты осуществления. Модификации и изменения могут представляться для других при прочтении и понимании предшествующего подробного описания. Предполагается, что изобретение построено как включающее в себя все такие модификации и изменения до таких пределов, как они попадают в пределы объема прилагаемой формулы изобретения или ее эквивалентов.

Формула изобретения

1. Способ обработки проекционных данных в области проекции, содержащий: прием проекционных данных, при этом проекционные данные генерируются посредством спектрального детектора и включают в себя два или более независимых измерения с разрешением по энергии, в которых, по меньшей мере, одно из упомянутых двух или более измерений имеет первую статистику фотонов; и генерирование подвергнутого шумоподавлению измерения в электронном формате, по меньшей мере, для одного из упомянутых двух или более измерений, имеющих

первую статистику фотонов, при этом подвергнутое шумоподавлению измерение имеет вторую статистику фотонов, которая является более хорошей, чем первая статистика фотонов.

2. Способ по п. 1, дополнительно содержащий:

5 генерирование сигнала, показывающего наиболее вероятное разложение затухания для упомянутого, по меньшей мере, одного из упомянутых двух или более измерений, имеющих первую статистику фотонов, на основе модели для измерения и соответствующего измерения.

3. Способ по п. 2, в котором модель моделирует измерение как функцию линейных
10 интегралов затухания.

4. Способ по п. 2, в котором генерирование подвергнутого шумоподавлению измерения включает в себя генерирование подвергнутого шумоподавлению измерения на основе модели и сигнала.

5. Способ по п. 4, в котором генерирование подвергнутого шумоподавлению
15 измерения включает в себя подстановку сигнала в модель и вычисление измерения, что дает в результате сигнал, при этом вычисленное измерение является подвергнутым шумоподавлению измерением.

6. Способ по п. 2, в котором генерирование сигнала включает в себя минимизацию отрицательного логарифмического правдоподобия модели.

7. Способ по п. 6, в котором отрицательное логарифмическое правдоподобие
20 основывается на одном из модели Гауссова шума или модели шума Пуассона.

8. Способ по п. 1, в котором детектор является спектральным детектором или детектором счета фотонов.

9. Способ по п. 1, в котором обработка шумоподавления принятого измерения
25 проекционных данных создает подвергнутые шумоподавлению проекционные данные.

10. Способ по п. 9, дополнительно содержащий:

реконструкцию подвергнутых шумоподавлению проекционных данных и генерирование данных объемного изображения.

11. Способ по п. 10, в котором реконструкция подвергнутых шумоподавлению
30 проекционных данных включает в себя выполнение основанного на материале разложения данных изображения, в которых шум основанного на материале разложения для подвергнутых шумоподавлению проекционных данных является меньшим, чем шум основанного на материале разложения для основанного на материале разложения принятых проекционных данных, по меньшей мере, для упомянутого, по меньшей мере,
35 одного из упомянутых двух или более измерений с первой статистикой фотонов.

12. Система для шумоподавления спектральных данных в области проекции, содержащая:

процессор проекционных данных, который принимает проекционные данные, сгенерированные посредством системы формирования изображений и включающие в
40 себя два или более независимых измерения с разрешением по энергии, в которых, по меньшей мере, одно из упомянутых двух или более измерений имеет первую статистику фотонов, и подвергает шумоподавлению измерение, по меньшей мере, одного из упомянутых двух или более измерений, имеющих первую статистику фотонов, при этом подвергнутое шумоподавлению измерение имеет вторую статистику фотонов, которая
45 является более хорошей, чем первая статистика фотонов.

13. Система по п. 12, в которой процессор проекционных данных содержит:

процессор логарифмического правдоподобия, который определяет наиболее вероятное разложение затухания, по меньшей мере, для одного из упомянутых двух

или более измерений, имеющих первую статистику фотонов, на основе минимизации отрицательного логарифмического правдоподобия модели измерения, которая включает в себя измерение.

14. Система по п. 13, в которой процессор проекционных данных содержит:

5 блок шумоподавления, который подвергает шумоподавлению измерение на основе наиболее вероятного разложения затухания, по меньшей мере, для одного из упомянутых двух или более измерений, имеющих первую статистику фотонов.

15. Система по п. 14, в которой блок шумоподавления подвергает шумоподавлению измерение посредством подстановки наиболее вероятного разложения затухания в

10 модель и вычисления измерения, что дает в результате сигнал, при этом вычисленное измерение является подвергнутым шумоподавлению измерением.

15

20

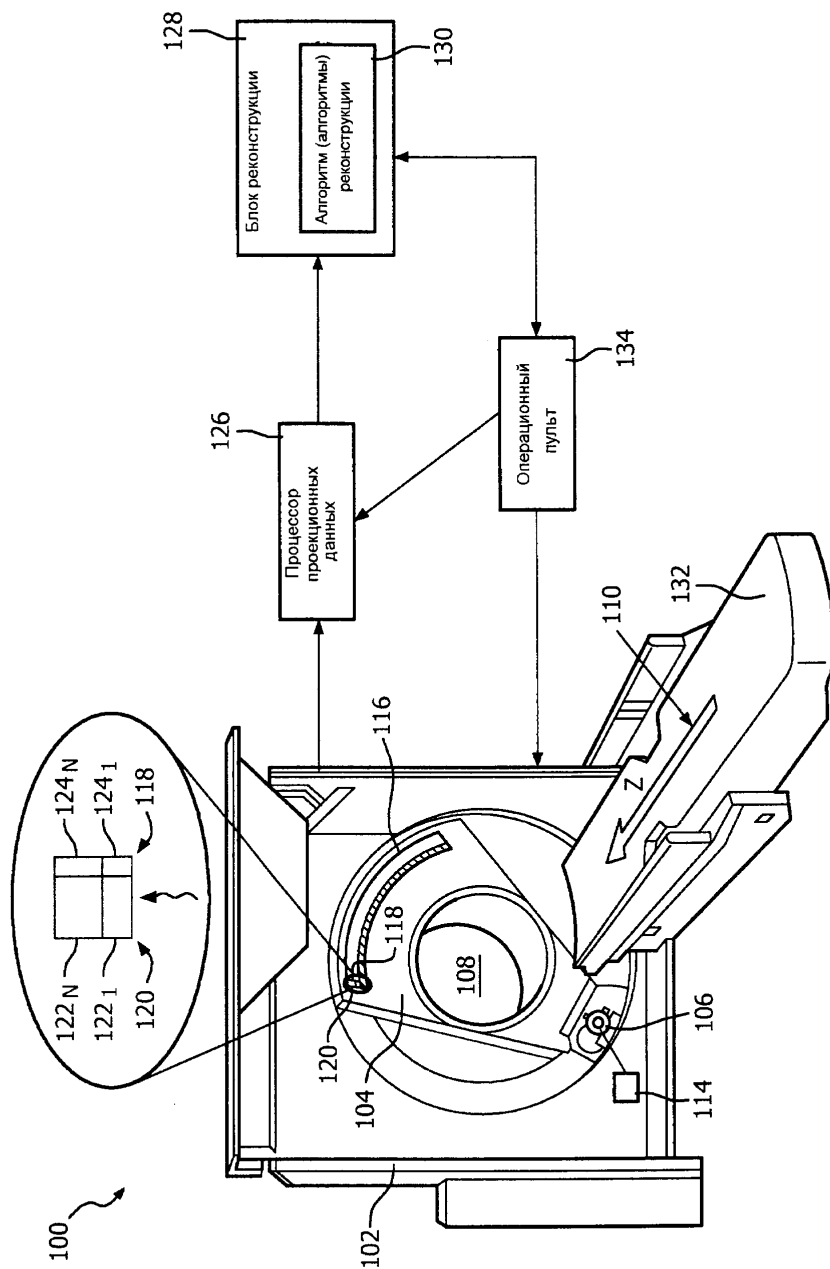
25

30

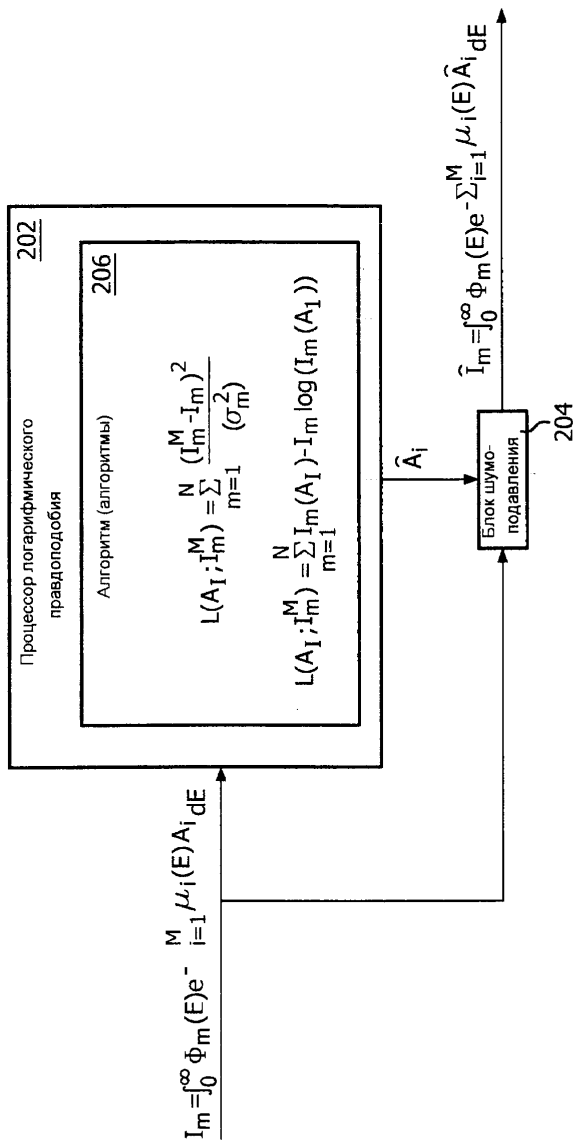
35

40

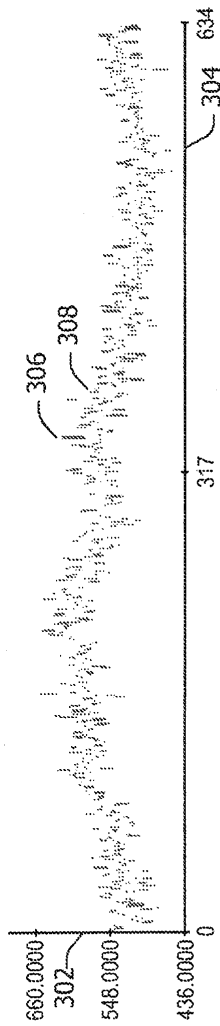
45



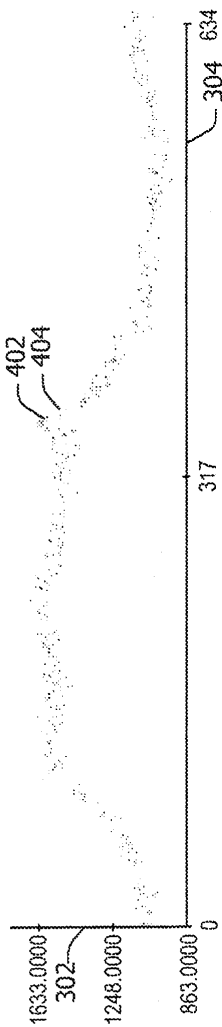
ФИГ.1



ФИГ.2

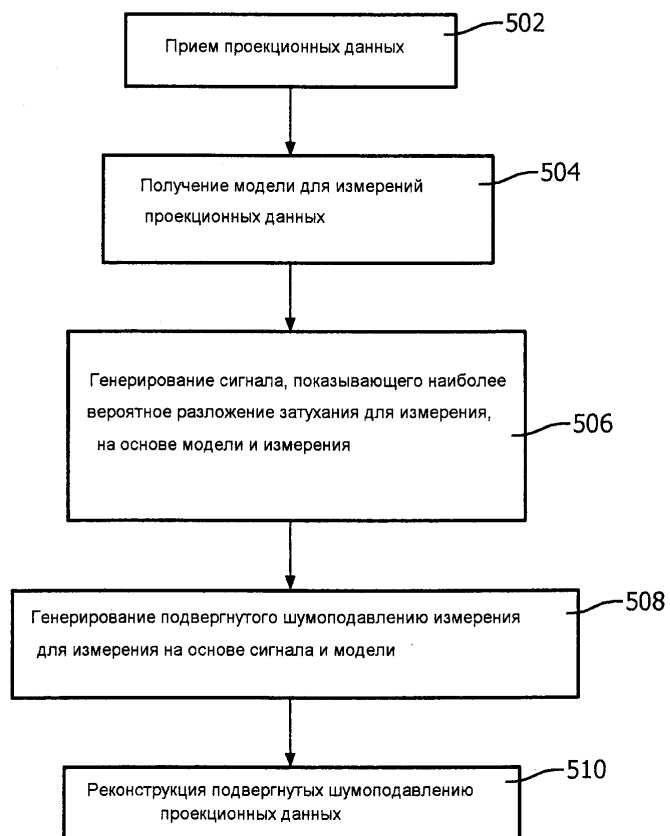


ФИГ.3



ФИГ.4

4/4



ФИГ.5