



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: **2009110284/28**, **22.08.2007**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
22.08.2007

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
23.08.2006 US 60/823,328

(43) Дата публикации заявки: **27.09.2010** Бюл. № 27

(45) Опубликовано: **10.09.2011** Бюл. № 25

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: **SU 448413 A1, 30.10.1974. US 2001046275**
A1, 29.11.2001. US 5930326 A, 27.07.1999. US
5696806 A, 09.12.1997. WO 2005098400 A2,
20.10.2005. RU 2265830 C2, 10.12.2005.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: **23.03.2009**

(86) Заявка РСТ:
US 2007/076497 (22.08.2007)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2008/024825 (28.02.2008)

Адрес для переписки:
127055, Москва, а/я 11, пат.пов.
Н.К.Попеленскому, рег. № 31

(72) Автор(ы):

РОТШИЛЬД Питер Дж. (US)

(73) Патентообладатель(и):

Эмерикэн Сайэнс энд Энджиниэринг, Инк.
(US)

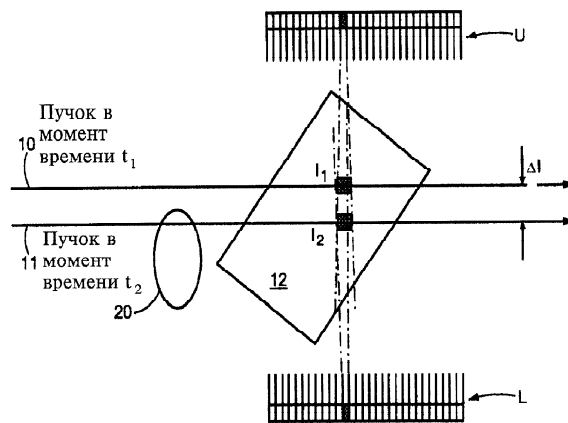
(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТА

(57) Реферат:

Использование: для определения характеристик объекта с помощью проникающего излучения. Сущность: заключается в том, что определение характеристик объекта производится на основе средней длины свободного пробега проникающего излучения, при этом осуществляют формирование падающего пучка проникающего излучения, характеризующегося направлением распространения и распределением энергии, размещают группы детекторных элементов в

зоне пучка проникающего излучения, в которой каждый из детекторных элементов характеризуется полем обзора, коллимируют поле обзора каждого детекторного элемента, детектируют излучение, рассеянное группой вокселей проверяемого объекта, в котором каждый воксель является пересечением поля обзора по меньшей мере одного из детекторных элементов с направлением распространения падающего пучка проникающего излучения, и вычисляют ослабление рассеянного проникающего излучения между парами вокселей, в котором

каждый воксель из указанной пары соответствует по меньшей мере одному из двух направлений распространения падающего пучка проникающего излучения. Технический результат: обеспечение более точного определения характеристик контролируемого объекта. 13 з.п. ф-лы, 11 ил.



Фиг. 3

RU 2 4 2 8 6 8 0 C 2

RU 2 4 2 8 6 8 0 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION(21)(22) Application: **2009110284/28, 22.08.2007**(24) Effective date for property rights:
22.08.2007

Priority:

(30) Priority:
23.08.2006 US 60/823,328(43) Application published: **27.09.2010 Bull. 27**(45) Date of publication: **10.09.2011 Bull. 25**(85) Commencement of national phase: **23.03.2009**(86) PCT application:
US 2007/076497 (22.08.2007)(87) PCT publication:
WO 2008/024825 (28.02.2008)

Mail address:

**127055, Moskva, a/ja 11, pat.pov.
N.K.Popelenskomu, reg. № 31**

(72) Inventor(s):

ROTShIL'D Piter Dzh. (US)

(73) Proprietor(s):

**Ehmerikehn Sajehns ehnd Ehndzhiniehring, Ink.
(US)****(54) METHOD OF DETERMINING OBJECT CHARACTERISTICS**

(57) Abstract:

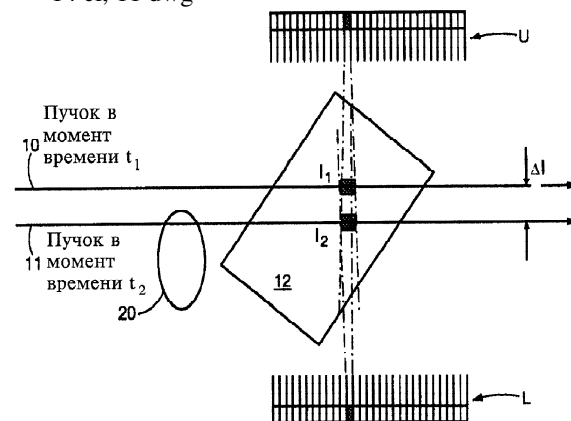
FIELD: physics.

SUBSTANCE: characteristics of an object are determined based on mean free path length of penetrating radiation. An incident beam of penetrating radiation is generated, said beam being characterised by direction of propagation and energy distribution. Groups of detector elements are placed in the zone of the penetrating radiation beam in which each detector element is characterised by a field of view. The field of view of each detector element is collimated. Radiation scattered by the group of voxels of the object under investigation is detected, where each voxel is the intersection the field of view of at least one detector element with the direction of propagation of the incident penetrating radiation beam. Attenuation of the scattered penetrating radiation between pairs of voxels is calculated, where each voxel from the said

pair corresponds to at least one of two directions of propagation of the incident penetrating radiation beam.

EFFECT: more accurate determination of characteristics of a monitored object.

14 cl, 11 dwg

**Фиг. 3**

Область техники, к которой относится изобретение

Данное изобретение относится к способам и системам исследования объектов с помощью проникающего излучения, в частности к проверке объектов с помощью одновременного детектирования проникающего излучения, рассеянного в различных, возможно противоположных, направлениях.

Уровень техники

В период с сентября 2001 года широко используется рентгеновская компьютерная томография (КТ) для обнаружения взрывчатых веществ, спрятанных в багаже авиапассажиров. Данный способ заключается в определении "числа КТ" объектов, находящихся в чемодане. Число КТ представляет собой в основном меру ослабления излучения на единицу длины рентгеновских лучей (с заданным распределением энергии) в материале, включающем каждый объект. Число КТ можно затем использовать для идентификации материала. Число КТ, используемое в данном описании и прилагаемой формуле изобретения, относится к мере ослабления рентгеновского излучения, условно принятой по отношению к ослаблению излучения в воде.

Для органических материалов число КТ представляет собой в основном меру плотности электронов в материале, которая в свою очередь пропорциональна массовой плотности. Таким образом, системы рентгеновской компьютерной томографии способны измерять массовую плотность спрятанных материалов. Массовая плотность взрывчатых веществ находится приблизительно в диапазоне 1,2-1,7 грамм на кубический сантиметр (г/см^3). Так как системы рентгеновской компьютерной томографии воспроизводят содержимое контейнера в трех измерениях, то также определяется объем каждого спрятанного объекта. Объединяя эту информацию с плотностью, получаем массу каждого объекта. Путем отбора объектов минимальных размеров с массовой плотностью 1,2-1,7 г/см^3 угрозы провоза взрывчатых веществ могут быть автоматически обнаружены и приведена в действие звуковая сигнализация.

Недостатками систем рентгеновской компьютерной томографии являются их размер и стоимость. Как размер, так и стоимость обусловлены главным образом наличием быстро вращающихся платформ, на которых размещают рентгеновский источник и детекторные матрицы.

В патенте США №5930326 под названием "Система томографии на основе бокового рассеянного излучения" описывается способ детектирования излучения сканирующего острого рентгеновского луча, рассеянного на 90 градусов, одним или более массивом сегментных коллимированных детекторных матриц. Распределение интенсивности излучения бокового рассеяния используется затем для отображения (трехмерного) органических объектов, спрятанных в контейнере. Вышеуказанный патент включен в данное описание в качестве ссылки.

Раскрытие изобретения

Предпочтительный вариант осуществления данного изобретения включает способы и системы определения характеристик объектов на основе определения средней длины свободного пробега проникающего излучения на основе попарного анализа вокселей.

Данный способ в различных вариантах осуществления изобретения может включать:

- формирование падающего пучка проникающего излучения, характеризующегося направлением распространения и распределением энергии;
- размещение группы детекторных элементов рядом с пучком проникающего

излучения, причем каждый из детекторных элементов характеризуется полем обзора;
 коллимирование поля обзора каждого детекторного элемента;
 изменение направления распространения падающего пучка проникающего
 излучения таким образом, чтобы он последовательно облучал проверяемый объект в
 5 точках падения;

детектирование излучения, рассеянного вокселями проверяемого объекта, причем
 воксели определяются как пересечение направления распространения падающего
 пучка с полем обзора детекторного элемента;

10 вычисление ослабления проникающего излучения между парами вокселей, при
 падении падающего пучка.

Согласно дальнейшим вариантам осуществления данного изобретения
 детектирование излучения может включать детектирование отдельных компонентов
 энергии рассеянного проникающего излучения падающего пучка. В дополнение к
 15 изменению направления распространения падающего пучка можно осуществлять
 сканирование падающим пучком в основном перпендикулярно направлению
 распространения таким образом, чтобы падающий пучок облучал проверяемый
 объект в точках падения. Ослабление проникающего излучения может быть
 20 представлено в качестве функции положения в пределах проверяемого объекта.

Согласно другим альтернативным вариантам осуществления изобретения
 размещение детекторов рядом с падающим пучком проникающего излучения может
 включать размещение детекторных матриц для детектирования рассеянного излучения
 в направлениях, составляющая вектора которых в основном параллельна
 25 направлению распространения падающего пучка проникающего излучения, или
 включать размещение детекторов на плоскости, в основном перпендикулярной пучку
 проникающего излучения.

Вычисление ослабления проникающего излучения может включать определение
 30 средней длины свободного пробега рассеянного излучения в качестве функции
 положения в пределах проверяемого объекта. Коллимирование может включать
 ограничение поля обзора каждого детектора направлением, включающим
 определенный диапазон углов относительно направления распространения
 падающего пучка.

Согласно дальнейшим вариантам осуществления изобретения вышеописанный
 способ может дополнительно включать изменение распределения энергии падающего
 пучка проникающего излучения. Кроме того, сканирование может включать апертуру
 сканирования относительно рентгеновской трубки, а также активизацию дискретных
 40 элементов источника матрицы. Материал может быть идентифицирован как
 представляющее угрозу вещество на основе сравнения средней длины свободного
 пробега, вычисленной в соответствии с вышеописанными идеями, с таблицей
 измеренных значений. Правильность вычисленного ослабления излучения может быть
 подтверждена путем повторного зондирования векселя детекторными элементами с
 45 противоположащими полями обзора.

Краткое описание чертежей

На Фиг.1 представлен принцип работы системы томографии на основе определения
 ослабления рассеянного излучения согласно вариантам осуществления настоящего
 50 изобретения.

На Фиг.2 представлена геометрия, в которой мешающий объект блокирует один из
 падающих пучков системы, показанной на Фиг.1.

На Фиг.3 схематически представлен предпочтительный вариант осуществления

настоящего изобретения, в котором детекторные элементы противоположащих детекторных матриц детектируют боковое рассеяние проникающего излучения проверяемым объектом.

На Фиг.4 схематически представлен сценарий, в котором два окружающих объекта 5 расположены между проверяемым объектом и верхними и нижними элементами детекторной матрицы для детектирования бокового рассеяния.

На Фиг.5 и 6 представлены системы сканирования багажа и небольших пакетов согласно вариантам осуществления настоящего изобретения.

На Фиг.7 представлена система, в которой детекторы рассеянного излучения 10 расположены с одной стороны проверяемого объекта как в подвижном устройстве контроля.

На Фиг.8 представлен вариант осуществления изобретения, в котором источник излучения расположен над проверяемым объектом, а детекторные матрицы для 15 детектирования рассеянного излучения с каждой стороны проверяемого объекта.

На Фиг.9 и 10 представлены варианты осуществления настоящего изобретения для проверки пассажиров, в которых источник проникающего излучения расположен соответственно над (или под) проверяемым объектом в горизонтальной по 20 отношению к нему плоскости.

На Фиг.11 представлено ручное устройство для проверки, включающее два коллимированных рентгеновских детектора и источник, излучающий множество сканирующих рентгеновских лучей, согласно варианту осуществления настоящего изобретения.

25 Осуществление изобретения

Настоящее изобретение основано на идеях, изложенных в патенте США №5930326, описывающем простой и эффективный способ более точного измерения плотности спрятанных органических объектов. Согласно предпочтительному варианту 30 осуществления настоящего изобретения две детекторные матрицы детектируют распределение бокового рассеяния. Данный способ обеспечивает полное трехмерное воспроизведение органических объектов, находящихся в контейнере, а также более точное определение плотности, чем могло бы быть получено при использовании способов, описанных в патенте США №5930326.

35 Со ссылкой на Фиг.1 ниже дается описание томографии на основе определения ослабления рассеянного излучения, заключающейся в основном в анализе ослабления бокового рассеянного излучения сканирующего пучка рентгеновских лучей по мере его углубления в проверяемый объект.

40 Следует отметить, что хотя в настоящем описании в качестве падающего пучка 10 проникающего излучения приводится пучок рентгеновских лучей, следует понимать, что любой пучок проникающего излучения подпадает под данное изобретение, то есть пучок рентгеновских лучей, гамма-лучей и т.д.

На Фиг.1 сканирующий пучок рентгеновских лучей 10 испускается слева и проходит 45 через блок 12 органического материала. В моменты времени t_1 и t_2 пучок 10 рентгеновских лучей характеризуется соответственно интенсивностью I_1 и I_2 , а фактические положения обозначаются цифрами 10 и 11 на Фиг.1. Сегментную детекторную матрицу 14 для детектирования рассеяния размещают над органическим 50 материалом и каждый детекторный элемент 15 детекторной матрицы 14 коллимирован таким образом, чтобы его поле обзора 16 при детектировании рассеянного излучения располагалось непосредственно под ним или же перпендикулярно направлению распространения падающего пучка 10. Один из

детекторных элементов 15 выделен. В моменты времени t_1 и t_2 он детектирует рассеянное излучение соответственно от объемных элементов 17 и 18, содержащихся в органическом материале 12. Отношение интенсивностей S_1 и S_2 рассеянного излучения, определенное в i -том детекторном элементе в моменты времени t_1 и t_2 , задается следующим уравнением:

$$S_2 / S_1 = (I_2 / I_1) \cdot A(\Lambda), \quad (1)$$

где $A(\Lambda)$ - коэффициент ослабления, характеризующий рассеянное излучение в органическом материале на расстоянии Δl между двумя пучками;

Λ - средняя длина свободного пробега рассеянного излучения в органическом материале.

Коэффициент ослабления $A(\Lambda)$ задается:

$$A(\Lambda) = e^{-\Delta l / \Lambda} \quad (2)$$

Благодаря простой геометрии, представленной на Фиг.1, можно увидеть, что интенсивность падающего пучка рентгеновских лучей в двух вокселях равна ($I_1=I_2$). В данном случае уравнение (1) имеет вид

$$A(\Lambda) = S_2 / S_1, \quad (3)$$

и, таким образом, ослабление (и, следовательно, средняя длина свободного пробега излучения в органическом материале) может быть определено из отношения S_2/S_1 . Так как средняя длина свободного пробега для органических материалов пропорциональна массовой плотности, то может быть вычислена плотность материала.

Однако на практике, интенсивности I_1 и I_2 в основном не равны. Они могли бы быть равными, если бы, например, органический материал 12 поворачивался относительно пучков 10 и 11 или мешающий объект 20 блокировал один из падающих пучков, как показано на Фиг.2.

Рассмотрим случай, представленный на Фиг.2. Так как $I_1 \neq I_2$, то уравнение (1) указывает на то, что $A(\Lambda) \neq S_2/S_1$. В действительности, так как I_1 и I_2 неизвестны, то ослабление не может быть определено из уравнения (1).

Настоящее изобретение предлагает ранее отсутствующие решения данной проблемы, как описано ниже, со ссылкой на Фиг.3. Предпочтительные варианты осуществления настоящего изобретения включают две матрицы для детектирования бокового рассеянного излучения: верхняя матрица U для детектирования бокового рассеянного излучения и нижняя матрица L для детектирования бокового рассеянного излучения. Следует, конечно, понимать, что указание на нижнее и верхнее направления является произвольно выбранным и детекторные матрицы можно размещать в любых охватываемых данным изобретением направлениях, составляющая вектора которых в основном параллельна направлению распространения падающего пучка проникающего излучения. Таким образом, верхняя детекторная матрица U и нижняя детекторная матрица L, показанные на Фиг.3, могут с таким же успехом называться, например, левой и правой матрицами.

Отношение интенсивностей рассеянного излучения в выделенном детекторном элементе верхней детекторной матрицы в моменты времени t_1 и t_2 задается следующим уравнением:

$$U_2 / U_1 = (I_2 / I_1) \cdot A(\Lambda) \quad (4)$$

Аналогично, отношение сигналов в нижней детекторной матрице задается уравнением:

$$L_1 / L_2 = (I_1 / I_2) \cdot A(\Lambda) \quad (5)$$

Перемножая уравнения 4 и 5, получаем

$$A(\Lambda) = \sqrt{[L_1 U_2 / (L_2 U_1)]} \quad (6)$$

Можно видеть, что сейчас выражение для коэффициента ослабления в уравнении (6) свободно от неизвестных интенсивностей I_1 и I_2 пучка и не зависит от положения органического материала 12 в чемодане или от количества окружающих объектов 20, которые могут препятствовать прохождению падающих пучков. Единственным требованием является достаточная интенсивность двух падающих пучков и достаточно свободный путь для прохождения рассеянного излучения к каждой из двух детекторных матриц.

Другим важным аспектом данного изобретения является тот факт, что используются только отношения интенсивностей рассеянного излучения (например, только отношения L_1/L_2 и U_2/U_1 присутствуют в уравнении (6) и следовательно способ вычисления коэффициента ослабления, представленный в уравнении (6), не зависит от каких-либо окружающих объектов 20, которые могут ослабить рассеянное излучение до того, как оно достигнет одной или обеих детекторных матриц. Это показано схематически на Фиг.4, где два окружающих объекта 40 и 42 находятся между проверяемым органическим материалом 12 и верхней детекторной матрицей U и нижней детекторной матрицей L. В данном сценарии ослабление излучения в органическом блоке 12 (и, следовательно, его плотность) может быть все равно определено несмотря на окружающие "помехи", препятствующие прохождению как падающих пучков, так и рассеянного излучения.

Уравнения (4) и (5) основаны на предположении, что воксели на пучках 1 и 2, являющиеся источником рассеянного излучения, находятся в основном на одинаковом расстоянии от каждой из детекторных матриц. В действительности, в общем случае, воксель на пучке 1 будет находиться на различном расстоянии от каждой из детекторных матриц, чем воксель на пучке 2. Для того чтобы откорректировать эти различия, уравнения (4) и (5) приводятся к следующему виду:

$$U_2 / U_1 = (I_2 / I_1) \cdot (d\Omega_{U2} / d\Omega_{U1}) \cdot A(\Lambda), \quad (7)$$

$$L_1 / L_2 = (I_1 / I_2) \cdot (d\Omega_{L1} / d\Omega_{L2}) \cdot A(\Lambda), \quad (8)$$

где, например, $d\Omega_{L1}$ - телесный угол детекторного элемента нижней матрицы для вокселя на пучке 1.

С поправками на телесный угол уравнение (6) приводится к следующему виду:

$$A(\Lambda) = \sqrt{[L_1 U_2 / (L_2 / U_2) \cdot d\Omega_{L2} d\Omega_{U1} / (d\Omega_{L1} / d\Omega_{U2})]} \quad (9)$$

В основном, коэффициент $d\Omega_{L2} d\Omega_{U1} / (d\Omega_{L1} / d\Omega_{U2})$, учитывающий поправку на телесный угол, достаточно мал и его величина обычно близка к единице.

Измерение ослабления (и следовательно плотности) спрятанных органических материалов на основе уравнения (9) может быть выполнено в любой системе, использующей острые пучки рентгеновских лучей и включающей две сегментные матрицы для детектирования рассеянного излучения. На Фиг.5 и 6 представлены две системы для сканирования багажа и небольших пакетов, в которых источник проникающего излучения включает соответственно кольцо 50 с апертурой сканирования рядом с рентгеновской трубкой 51 и рентгеновский источник 52 на основе углеродной нанотрубки, включающей дискретные элементы, которые могут быть выборочно активизированы, как описано, например, в находящейся на рассмотрении заявке США №11/737,317, поданной 19 апреля 2007 г. и включенной в данное описание в качестве ссылки. И в том, и в другом случае используются левая детекторная матрица 54 и правая детекторная матрица 56, как описано выше. Кроме

того, между источником изучения и проверяемым объектом может размещаться матрица обратного рассеяния 58, для обеспечения дополнительного изображения или информации о характеристиках материала.

Альтернативно, способ изобретения может также использоваться для проверки спрятанных в контейнере материалов, когда затруднен доступ к контейнеру (из-за расположения детекторных матриц). Подобная схема представлена на Фиг.7, где коллимированные детекторные матрицы 60 размещены под углом в направлении, противоположном рентгеновскому источнику 61. В варианте осуществления изобретения, представленном на Фиг.7, в качестве примера, рентгеновский источник 61 и детекторные матрицы 60 устанавливаются на подвижной системе формирования изображения обратного рассеяния рентгеновского излучения, например на платформе 62, используемой для контроля транспортных средств 64.

На Фиг.8 представлен альтернативный вариант осуществления изобретения для сканирования транспортных средств или контейнеров сверху. В данном случае детекторы 70 и 72 размещают по сторонам системы (которая может размещаться, например, на портале 74 или платформе), при этом рентгеновский источник 76 размещают над контролируемым объектом 78.

На Фиг.9 и 10 представлены два альтернативных варианта осуществления изобретения для обнаружения контрабандных органических материалов, перевозимых пассажирами в чемоданах или рюкзаках, или спрятанных под одеждой. На Фиг.9 представлен вариант осуществления изобретения, в котором пассажира 80 сканируют пучком рентгеновских лучей 82, падающим сверху. Пучок рентгеновских лучей 82 можно также установить в положение, обеспечивающее сканирование пассажира снизу. На Фиг.10 схематически представлен вариант, в виде сверху, сканирования пассажира 80 пучком рентгеновских лучей 82, который остается, в основном, в горизонтальной плоскости. В каждом случае, детекторные матрицы 72 размещают по обе стороны пассажира 80.

На Фиг.11 представлен альтернативный вариант осуществления изобретения, в котором используется ручное устройство для проверки. В данном варианте осуществления изобретения устройство 90 содержит два отдельных коллимированных детекторных элемента 94 рентгеновского излучения, каждый из которых включает детектор 92 и 93. Кроме того, устройство 90 включает источник 95, излучающий сканирующие пучки 96 и 97 рентгеновских лучей, как описано выше, или, альтернативно, он может излучать, как показано на фигуре, два неподвижных пучка, причем только один из них может быть активным в заданный момент времени. Пучки 96 и 97 могут быть активизированы последовательно путем использования, например, заслонок. Излучаемые пучки чередуются по времени, что позволяет определить коэффициент ослабления спрятанных органических материалов 98, в соответствии с уравнением (6).

Выражение для коэффициента ослабления, приведенное в уравнении (6)

$$A(I) = \sqrt{[L_1 U_2 / (L_2 U_1)]},$$

позволяет измерить среднюю длину Λ свободного пробега рассеянного излучения отдельной части спрятанного органического материала. Путем изменения энергии сканирующего острого пучка средняя длина Λ свободного пробега в материале может быть измерена для нескольких различных диапазонов энергий рентгеновских лучей. На основе анализа изменений средней длины Λ свободного пробега в материале в зависимости от энергии рентгеновских лучей можно в дополнение к измерению плотности материала определить приблизительный эффективный атомный номер Z

материала. Например, по сравнению с материалами с более низким Z средняя длина свободного пробега для материалов с более высоким Z будет уменьшаться быстрее с уменьшением энергии фотонов, что обусловлено сильной зависимостью фотоэлектрического эффекта (поглощающего рентгеновские лучи) от эффективного атомного номера материала. Поперечное сечение фотоэлектрического поглощения быстро увеличивается с увеличением эффективного атомного номера материала и с уменьшением энергии фотонов рентгеновского излучения.

Альтернативно, вместо изменения энергии сканирующего пучка рентгеновского излучения можно использовать чувствительные к изменению энергии детекторные элементы в детекторных матрицах. В качестве примера можно привести использование CdZnTe-детекторов, позволяющих измерить энергию каждого детекторного рентгеновского луча. Затем энергии детекторных рентгеновских лучей могут быть исключены и рассчитан коэффициент ослабления, задаваемый уравнением (6), для нескольких различных диапазонов энергий рентгеновских лучей, что позволяет измерить как плотность материала, так и его эффективный атомный номер. Используя данные обоих измерений, можно более точно идентифицировать материал, составляющий органический объект, увеличить скорость обнаружения и уменьшить частоту ложных тревог. Следует отметить, что каждый из вышеописанных альтернативных вариантов осуществления изобретения может дополнительно включать двуэнергетический режим.

Согласно дальнейшим вариантам осуществления изобретения материал может быть идентифицирован как представляющее угрозу вещество на основе сравнения средней длины свободного пробега, вычисленной в соответствии с вышеуказанными идеями, с таблицей измеренных значений. Правильность вычисленного ослабления излучения может быть подтверждена путем повторного зондирования векселя детекторными элементами с противоположащими полями обзора.

Все вышеописанные варианты должны рассматриваться только в качестве примеров осуществления изобретения. Специалисту обычной квалификации в соответствующей области техники очевидно, что возможны различные варианты и модификации, не выходящие за пределы настоящего изобретения, согласно прилагаемой формуле изобретения.

Формула изобретения

1. Способ определения характеристик объекта на основе средней длины свободного пробега проникающего излучения, включающий формирование падающего пучка проникающего излучения, характеризующегося направлением распространения и распределением энергии, размещение группы детекторных элементов в зоне пучка проникающего излучения, в которой каждый из детекторных элементов характеризуется полем обзора, коллимирование поля обзора каждого детекторного элемента, детектирование излучения, рассеянного группой вокселей проверяемого объекта, в котором каждый воксель является пересечением поля обзора по меньшей мере одного из детекторных элементов с направлением распространения падающего пучка проникающего излучения, и вычисление ослабления рассеянного проникающего излучения между парами вокселей, в котором каждый воксель из указанной пары соответствует по меньшей мере одному из двух направлений распространения падающего пучка проникающего излучения.

2. Способ по п.1, в котором дополнительно изменяют направление распространения падающего пучка проникающего излучения, последовательно

облучая проверяемый объект в точках падения.

3. Способ по п.1, в котором детектирование излучения включает детектирование отдельных компонентов энергии рассеянного проникающего излучения падающего пучка.

5 4. Способ по п.1, в котором дополнительно сканируют падающим пучком в направлении, перпендикулярном направлению его распространения посредством облучения падающим пучком проверяемого объекта в точках падения.

10 5. Способ по п.1, в котором дополнительно представляют ослабление проникающего излучения посредством функции положения проверяемого объекта.

6. Способ по п.1, в котором размещение детекторов в зоне падающего пучка проникающего излучения включает размещение детекторных матриц рассеянного излучения в направлениях, составляющая вектора которых параллельна направлению распространения падающего пучка.

15 7. Способ по п.1, в котором размещение детекторов рядом с падающим пучком проникающего излучения включает размещение детекторов на плоскости, перпендикулярной пучку проникающего излучения.

20 8. Способ по п.1, в котором вычисление ослабления проникающего излучения включает определение средней длины свободного пробега рассеянного излучения посредством функции положения проверяемого объекта.

9. Способ по п.1, в котором коллимирование включает ограничение поля обзора каждого детекторного элемента направлением, включающим определенный диапазон углов относительно направления распространения падающего пучка.

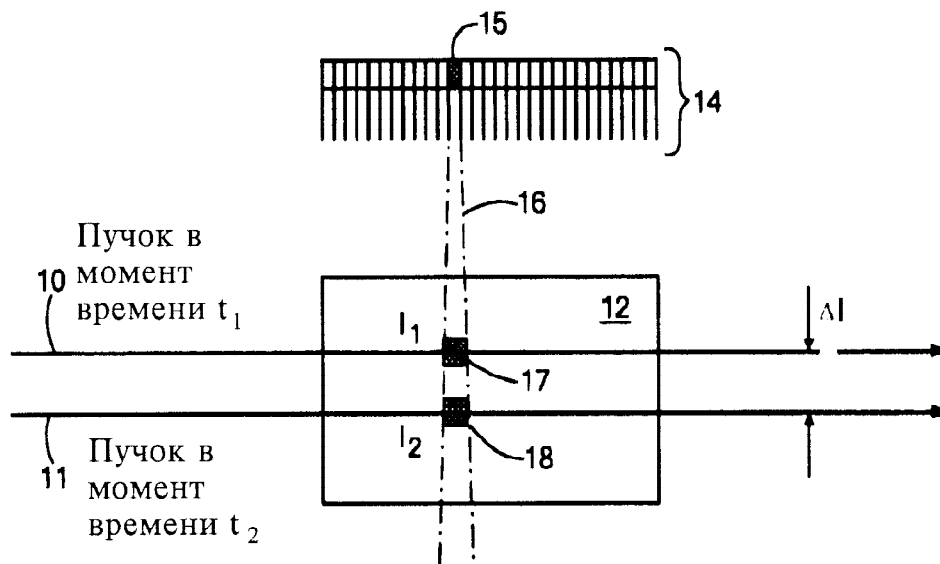
25 10. Способ по п.1, в котором дополнительно изменяют распределение энергии падающего пучка проникающего излучения.

11. Способ по п.1, в котором включают сканирование апертуры относительно рентгеновской трубки.

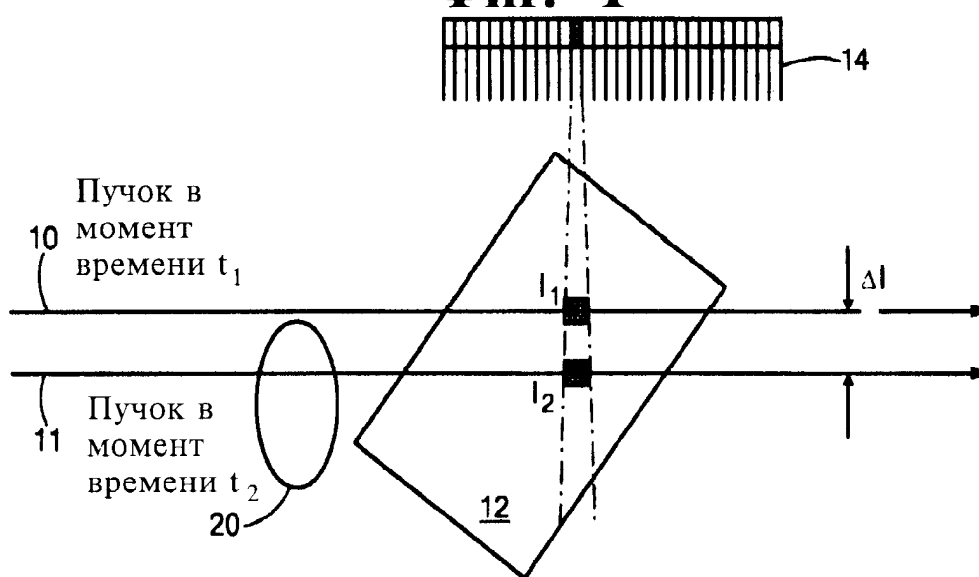
30 12. Способ по п.1, в котором сканирование включает активизацию дискретных элементов матрицы излучателей.

13. Способ по п.1, в котором дополнительно идентифицируют материал как представляющее угрозу вещество посредством сравнения средней длины свободного пробега с таблицей измеренных значений.

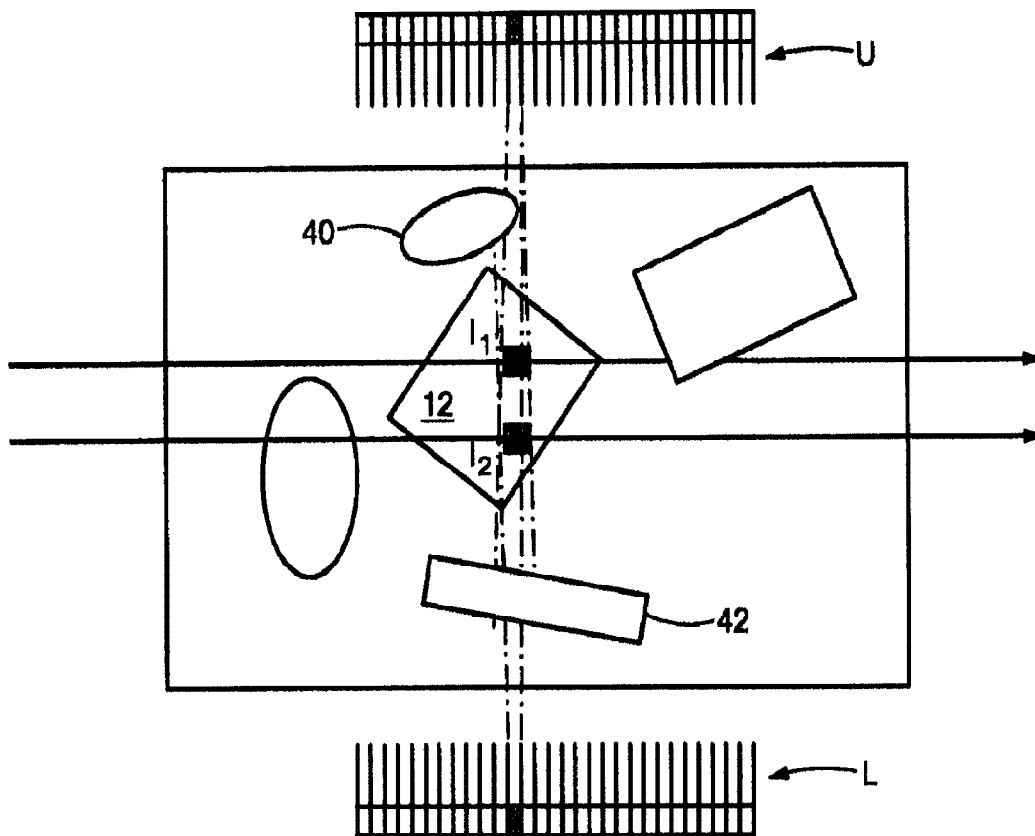
35 14. Способ по п.1, в котором дополнительно подтверждают правильность вычисления ослабления посредством повторного зондирования вокселя детекторными элементами с противоположащими полями обзора.



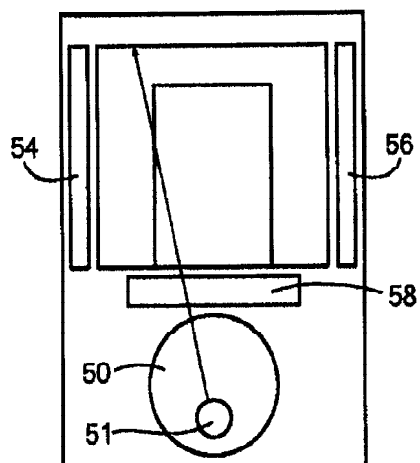
Фиг. 1



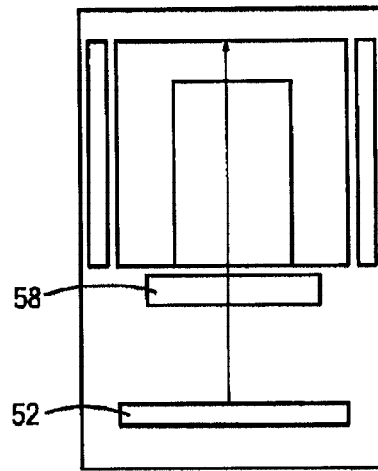
Фиг. 2



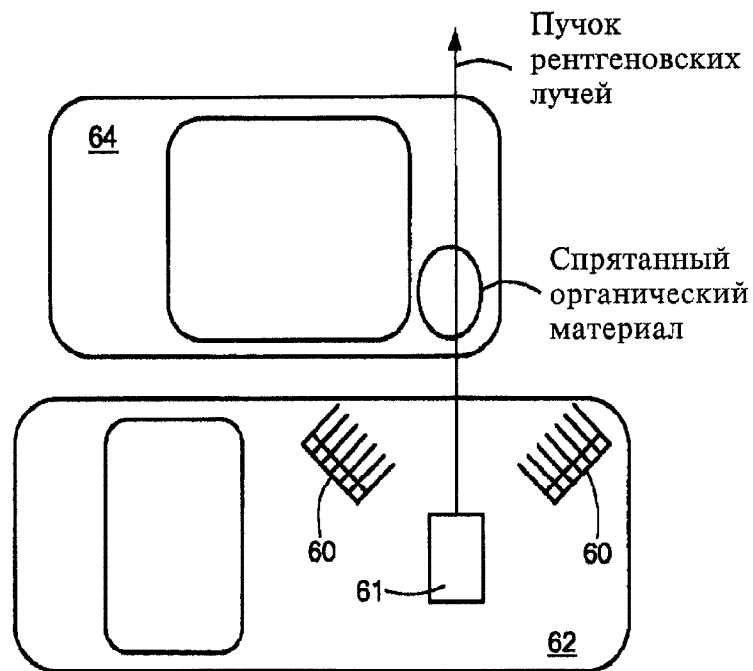
Фиг. 4



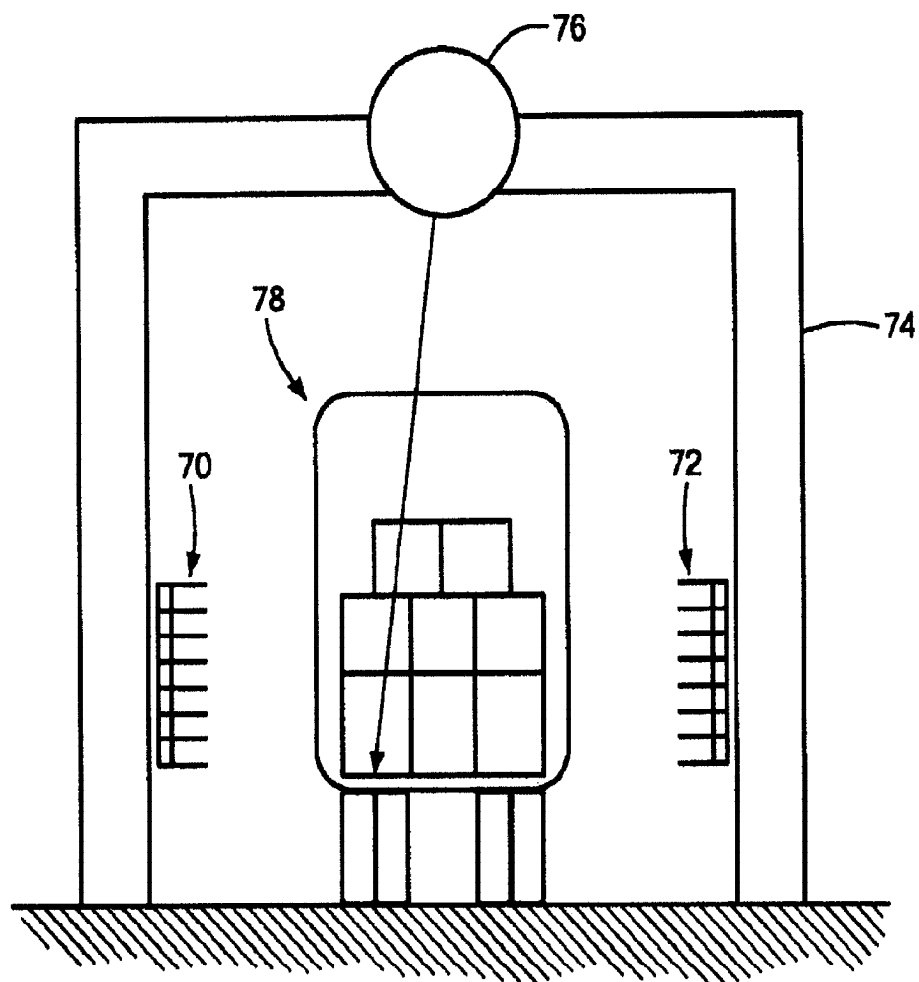
Фиг. 5



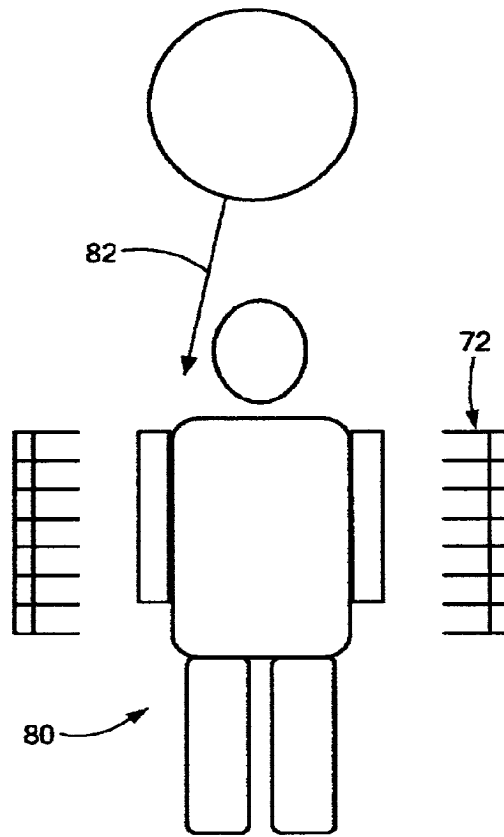
Фиг. 6



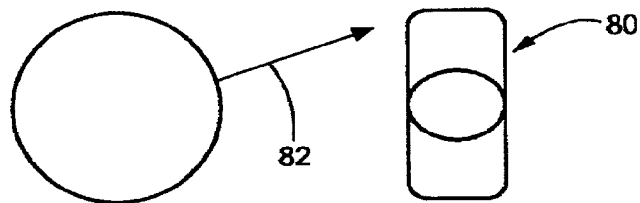
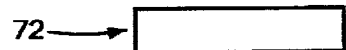
Фиг. 7



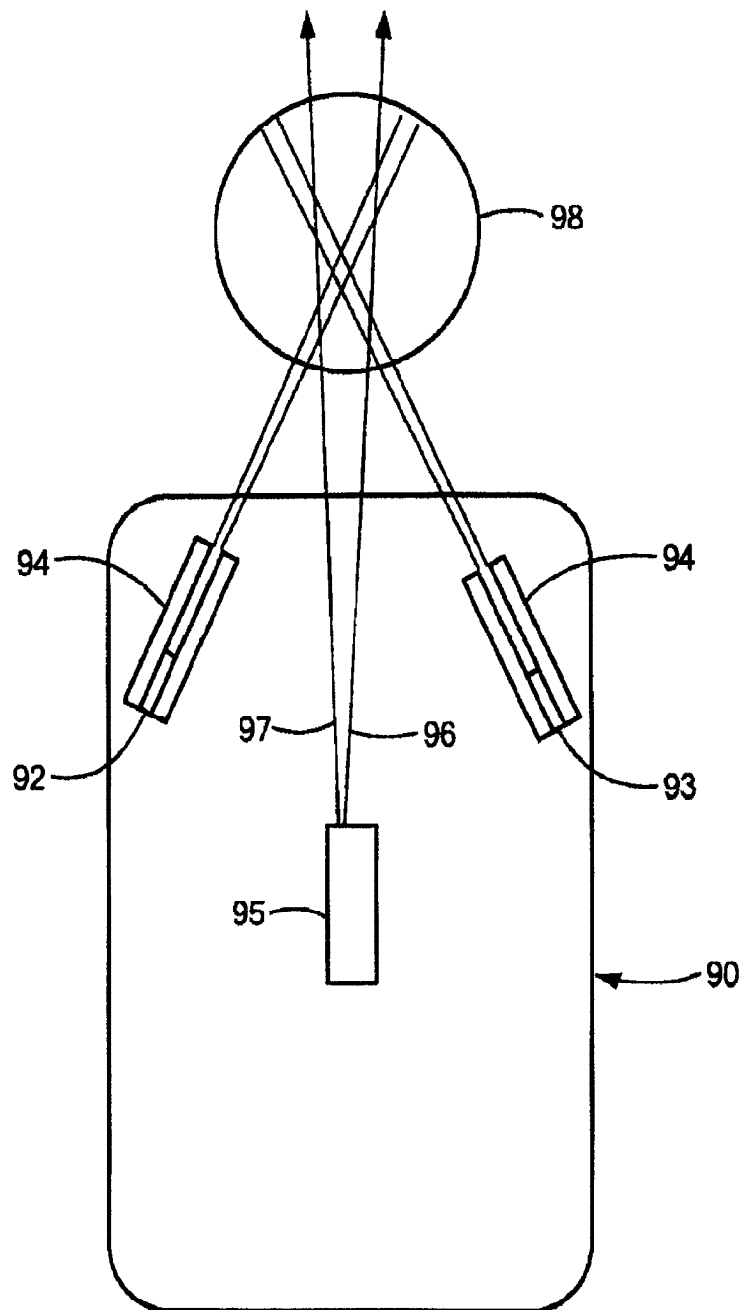
Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11