

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **038048**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.06.29(51) Int. Cl. **G01T 1/29** (2006.01)(21) Номер заявки
202000219(22) Дата подачи заявки
2020.08.25**(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРА ФОКУСНОГО ПЯТНА РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ**(31) **2019124945****УНИВЕРСИТЕТ "ЛЭТИ" ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)" (СПбГЭТУ "ЛЭТИ") (RU)**(32) **2019.08.05**(33) **RU**(43) **2021.02.28**

(72) Изобретатель:

**(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ "САНКТ-
ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ**

**Потрахов Николай Николаевич,
Мазуров Анатолий Иванович, Гук
Карина Константиновна, Потрахов
Юрий Николаевич (RU)**

**(56) RU-C1-2674567
US-A1-20070258564
US-B1-7249886
DE-A1-102012103974
DE-A1-102009033303**

(57) Способ измерения размера фокусного пятна рентгеновской трубки относится к рентгеновской технике и заключается в просвечивании рентгеновским излучением тест-объекта, приёме детектором рентгеновского излучения, прошедшего через тест-объект, и преобразовании его в цифровое рентгеновское изображение тест-объекта, причем просвечивание проводят неоднократно, первое просвечивание проводят при контактном расположении на детекторе тест-объекта, представляющего собой набор групп чередующихся рентгенонепрозрачных и рентгенопрозрачных полос с определенным числом полос одинаковой ширины на единицу длины тест-объекта в каждой группе, при этом ширина полос от группы к группе монотонно изменяется, и по полученному контактному изображению определяют разрешающую способность детектора R_n , которая будет соответствовать паре наиболее тонких линий, различаемых на изображении, а последующие просвечивания выполняют при постепенном удалении тест-объекта от детектора и приближении его к рентгеновской трубке до того момента, когда на рентгеновском изображении будет различаться максимальное число линий, далее измеряют расстояния от рентгеновской трубки до тест-объекта f_1 и от тест-объекта до детектора f_2 , вычисляют оптимальный коэффициент увеличения изображения m_0 как отношение суммы расстояний от рентгеновской трубки до тест-объекта и от тест-объекта до детектора к расстоянию от рентгеновской трубки до тест-объекта и далее определяют размер фокусного пятна d по выражению:

$$d = \sqrt{\frac{1}{R_n^2(m_0 - 1)}}$$

В результате сокращается время измерения фокусного пятна, а также удешевляется процесс измерения.

B1**038048****038048 B1**

Изобретение относится к рентгеновской технике и может быть использовано для измерения размеров эффективного фокусного пятна рентгеновских трубок.

Из уровня техники известен способ измерения размеров микрофокусных пятен рентгеновских трубок (New measurement methods of focal spot size and shape of X-ray tubes in digital radiological applications in comparison to current standards. K. Bavendiek, U. Ewert, A. Riedo, U. Heike, U. Zscherpel. - 18th World Conference on Nondestructive Testing, 16-20 April 2012, Durban, South Africa), в котором предлагается интегрирование линейного профиля изображения тест-объекта, а в качестве тест-объекта использовать стандартизированный индикатор качества изображения, представляющий из себя металлическую пластину с отверстием. Недостатком данного способа является недостаточная точность измерения размеров фокусного пятна.

Наиболее близким техническим решением к заявляемому способу является способ измерения размеров эффективного фокусного пятна микрофокусных рентгеновских трубок (патент RU № 2674567, опубл. 11.12.2018), сущность которого заключается в том, что выполняются просвечивание рентгеновским излучением тест-объекта, приём детектором рентгеновского излучения, прошедшего через тест-объект, и преобразование излучения в цифровое рентгеновское изображение тест-объекта, при этом полученные линейные профили рентгеновского цифрового изображения тест-объекта подвергаются дифференцированию с последующим получением графиков дифференцированных линейных профилей по осям X и Y, используемых для дальнейших вычислений; по результатам вычислений за одно исследование определяются несколько промежуточных значений размера микрофокусного пятна рентгеновской трубки по оси X и несколько значений по оси Y, что дает возможность определить среднее значение размера микрофокусного пятна и разброс значений в процентах; при этом тест-объект выполняется в виде крестообразной комбинации нескольких металлических объектов, находящихся в одной плоскости, имеющих проекцию круговой формы на эту плоскость, имеющих одинаковый диаметр и разнесенных друг от друга на конечные расстояния, сравнимые с диаметром объекта; в частности в качестве тест-объекта могут применяться четыре или пять металлических шариков одного диаметра, закрепленных на общем основании, а также четыре или пять сквозных отверстий одного диаметра в тонкой металлической пластине; для обеспечения позиционирования тест-объекта на изображении он снабжен меткой в виде свинцовой буквы.

Недостатком прототипа является использование дорогостоящего тест-объекта и сложного математического вычисления для определения размера фокусного пятна по положению изображения тест-объекта. В результате увеличивается время измерения размера фокусного пятна рентгеновской трубки, а также происходит удорожание процесса измерения.

Задачей, на решение которой направлен заявляемый способ, является определение размеров фокусного пятна рентгеновской трубки и получение технического результата, заключающегося в сокращении времени измерения фокусного пятна, а также удешевлении процесса измерения.

Для получения указанного технического результата в способе измерения размера фокусного пятна рентгеновской трубки, заключающемся в просвечивании рентгеновским излучением тест-объекта, приёме детектором рентгеновского излучения, прошедшего через тест-объект, и преобразовании его в цифровое рентгеновское изображение тест-объекта, просвечивание проводят неоднократно, первое просвечивание проводят при контактном расположении на детекторе тест-объекта, представляющего собой набор групп чередующихся рентгенонепрозрачных и рентгенопрозрачных полос с определенным числом полос одинаковой ширины на единицу длины тест-объекта в каждой группе, при этом ширина полос от группы к группе монотонно изменяется, и по полученному контактному изображению определяют разрешающую способность детектора R_n , которая будет соответствовать паре наиболее тонких линий различаемых на изображении, а последующие просвечивания выполняют при постепенном удалении тест-объекта от детектора и приближении его к рентгеновской трубке до того момента, когда на рентгеновском изображении будет различаться максимальное число линий, далее измеряют расстояния от рентгеновской трубки до тест-объекта f_1 и от тест-объекта до детектора f_2 , вычисляют оптимальный коэффициент увеличения изображения m_0 , как отношение суммы расстояний от рентгеновской трубки до тест-объекта и от тест-объекта до детектора к расстоянию от рентгеновской трубки до тест-объекта и далее определяют размер фокусного пятна d по выражению:

$$d = \sqrt{\frac{1}{R_n^2(m_0 - 1)}}.$$

Сущность заявляемого способа поясняется с помощью графических материалов, где на фиг. 1 изображена схема реализации способа, а на фиг. 2 - тест объект "мира пространственного разрешения".

Способ реализуется следующим образом.

Рентгеновская трубка (РТ) 1 с фокусным пятном d и цифровой детектор (ЦД) 2, который принимает рентгеновское излучение и преобразует его в цифровое рентгеновское изображение, располагаются друг напротив друга. Ось пучка рентгеновского излучения, генерируемого РТ1, направляется в центр ЦД2, перпендикулярно его плоскости (фиг. 1).

На оси пучка в пространстве между РТ1 и ЦД2 располагается тест-объект (ТО) 3 - мира простран-

ственного разрешения. Расстояние от РТ1 до ТОЗ составляет f_1 , расстояние от ТОЗ до ЦД2 составляет f_2 . Суммарное расстояние (f_1+f_2) между РТ1 и ЦД2 с целью исключения влияния конечных размеров фокусного пятна на результат измерения разрешающей способности по меньшей мере в 10^5 раз превышает ожидаемый размер фокусного пятна рентгеновской трубки d.

Тест-объект 3 представляет собой набор групп чередующихся рентгенонепрозрачных и рентгенопрозрачных полос с определённым числом полос одинаковой ширины на единицу длины ТОЗ в каждой группе, при этом ширина полос от группы к группе монотонно изменяется (фиг. 2). Этот параметр ТОЗ обозначается как частота $[мм^{-1}]$. Для тест-объекта миры пространственного разрешения, представленного на фиг. 2, частота соответствует $0,7 мм^{-1}$ - $5,0 мм^{-1}$ (Блинов Н.Н. Основы рентгенодиагностической техники/Под ред. Н.Н. Блинова: Учебное пособие. - М.: Медицина, 2002. 392 с). Использование стандартного тест-объекта значительно удешевляет процесс измерения.

ТОЗ для определения размеров фокусного пятна выбирают из условия: суммарная ширина пары $2t$ наиболее тонких полос ТОЗ должна быть меньше размера (ширины) пикселя T $[мм]$ детектора:

$$2t < T. \quad (1)$$

На первом этапе измерений выполняют контактный цифровой рентгеновский снимок ТОЗ. Для этого ТОЗ располагается вплотную к плоскости ЦД2. Расстояние ТОЗ - рентгеночувствительная плоскость ЦД2 выбирается минимально возможным и обычно составляет несколько мм. В этом случае коэффициент увеличения рентгеновского изображения m линий ТОЗ, который определяется из выражения:

$$m = \frac{f_2 + f_1}{f_1} \quad (2)$$

приблизительно равен 1.

По полученному рентгеновскому изображению ТОЗ, которое представляет собой последовательность пар темных и светлых полос переменной ширины, определяют разрешающую способность детектора R_n . В соответствии с выражением:

$$R_n [\text{пар лин/мм}] = 1/2t [мм^{-1}] \quad (3)$$

R_n обратно пропорциональна суммарной ширине пары $2t$ наиболее тонких из различимых на изображении полос.

На втором этапе выполняют цифровые рентгеновские снимки ТОЗ с увеличением изображения. Для этого ТОЗ постепенно удаляют от ЦД2 и приближают к рентгеновской трубке 1.

На увеличенных рентгеновских изображениях ТОЗ снова определяют суммарную ширину пары наиболее тонких из различимых полос. С ростом коэффициента увеличения m на рентгеновском изображении ТОЗ будут различаться все более тонкие линии. Это свидетельствует об увеличении суммарной разрешающей способности R_Σ рентгенографической системы. Однако при некотором оптимальном коэффициенте увеличения m_0 будет достигнут предел увеличения суммарной разрешающей способности $R_{\Sigma \max}$. С дальнейшим ростом коэффициента увеличения m суммарная разрешающая способность рентгенографической системы R_Σ начнет снижаться.

По полученным результатам измерений: R_n - на первом этапе и m_0 - на втором этапе в соответствии с выражением:

$$d = \sqrt{\frac{1}{R_n^2(m_0-1)}} \quad (4)$$

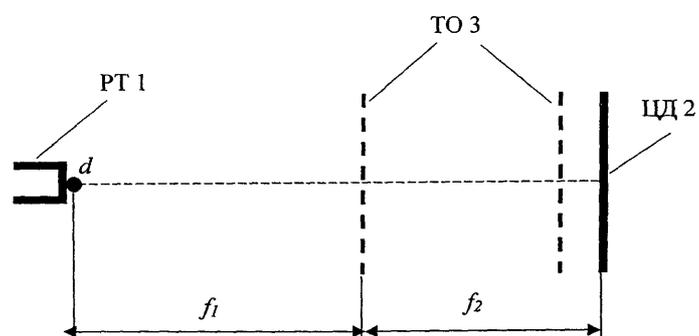
рассчитывается размер фокусного пятна рентгеновской трубки d.

В результате осуществления данного способа, значительно сокращается время измерения фокусного пятна, а также удешевляется процесс измерения.

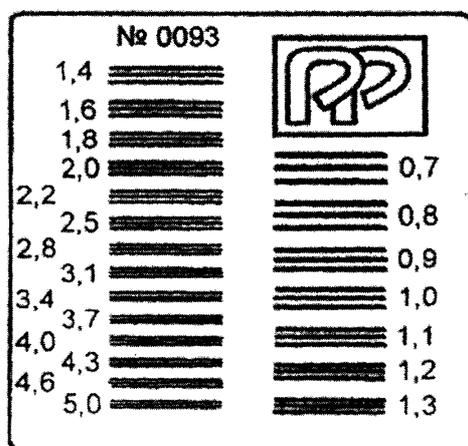
ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ измерения размера фокусного пятна рентгеновской трубки, заключающийся в просвечивании рентгеновским излучением тест-объекта, приёме детектором рентгеновского излучения, прошедшего через тест-объект, и преобразовании его в цифровое рентгеновское изображение тест-объекта, отличающийся тем, что просвечивание проводят неоднократно, первое просвечивание проводят при контактном расположении на детекторе тест-объекта, представляющего собой набор групп чередующихся рентгенонепрозрачных и рентгенопрозрачных полос с определённым числом полос одинаковой ширины на единицу длины тест-объекта в каждой группе, при этом ширина полос от группы к группе монотонно изменяется, и по полученному контактному изображению определяют разрешающую способность детектора R_n , которая обратно пропорциональна суммарной ширине пары наиболее тонких линий, различимых на изображении, а последующие просвечивания выполняют при постепенном удалении тест-объекта от детектора и приближении его к рентгеновской трубке до того момента, когда на рентгеновском изображении будет различаться максимальное число линий, далее измеряют расстояния от рентгеновской трубки до тест-объекта f_1 и от тест-объекта до детектора f_2 , вычисляют оптимальный коэффициент увеличения изображения m_0 как отношение суммы расстояний от рентгеновской трубки до тест-объекта и от тест-объекта до детектора к расстоянию от рентгеновской трубки до тест-объекта и далее определяют размер фокусного пятна d по выражению:

$$d = \sqrt{\frac{1}{R_n^2(m_0 - 1)}}$$



Фиг. 1



Фиг. 2

