



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2009119594/07, 06.09.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
06.09.2007

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
28.10.2006 DE 102006050953.6

(43) Дата публикации заявки: 10.12.2010 Бюл. № 34

(45) Опубликовано: 20.05.2014 Бюл. № 14

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 2663813 A, 22.12.1953. RU 2187913 C2, 20.08.2002. RU 2229773 C2, 27.05.2004. US 2394070 A, 05.02.1946. US 6201851 B1, 10.06.1997. US 2738421 A, 13.03.1956. US 5319314 A, 07.05.1994. US 2572414 A, 23.10.1951. US 200401788 A1, 12.10.2004. US 2006152177 A1, 13.07.2006. АНАНЬЕВ Л.М. Индукционный ускоритель электронов - бетатрон, Москва Госатомиздат, 1961, 226-227

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 28.05.2009

(86) Заявка РСТ:  
EP 2007/007765 (06.09.2007)(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2008/052614 (08.05.2008)

Адрес для переписки:

105082, Москва, Спартаковский пер., д. 2, стр. 1,  
секция 1, этаж 3, "ЕВРОМАРКПАТ"

(72) Автор(ы):

Йёрг БЕРМУТ (DE),  
Георг ГОЙС (DE),  
Грегор ХЕСС (DE),  
Урс ФИБЁКК (DE)

(73) Патентообладатель(и):

СМИТС ХАЙМАНН ГМБХ (DE)

**(54) БЕТАТРОН С КАТУШКОЙ СЖАТИЯ И РАСШИРЕНИЯ**

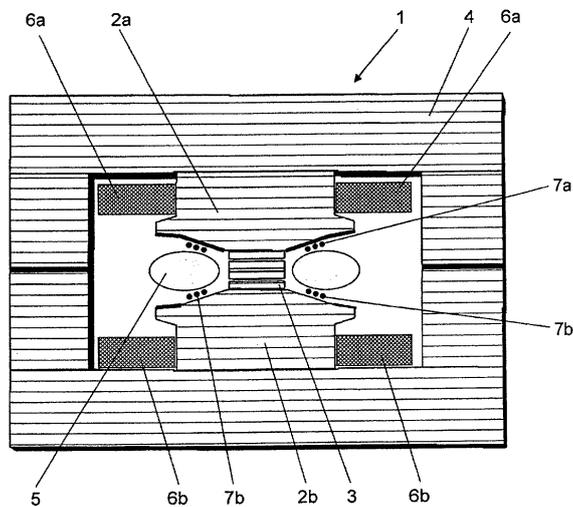
(57) Реферат:

Бетатрон (1), прежде всего, в рентгеновской досмотровой установке, с вращательно-симметричным внутренним ярмом из двух расположенных на расстоянии друг от друга частей (2а, 2b), внешним ярмом (4), соединяющим обе части (2а, 2b) внутреннего ярма, по меньшей мере одной катушкой (6а, 6b) основного поля, тороидальной камерой (5) бетатрона,

расположенной между частями (2а, 2b) внутреннего ярма, по меньшей мере одной катушкой сжатия и расширения (СР-катушкой) 7а, 7b, при этом соответственно ровно одна СР-катушка (7а, 7b) расположена между торцевой стороной части (2а, 2b) внутреннего ярма и камерой (5) бетатрона, а радиус СР-катушки (7а, 7b) равен, по существу, заданному радиусу

орбиты электронов в камере (5) бетатрона. Бетатрон содержит электронную схему (8) управления, выводы катушки (7а, 7b) сжатия и расширения соединены с источником (11) тока или напряжения, а, по меньшей мере, в одной линии между катушкой (7а, 7b) сжатия и расширения и источником (11) тока или напряжения расположен переключатель (9),

управляемый электронной схемой (8) управления, причем электронная схема (8) управления выполнена таким образом, чтобы во время выброса электронов вызывать прохождение тока через катушку сжатия и расширения, так что материал ярма находится на нелинейном участке кривой гистерезиса. Технический результат - повышение кпд. 2 н. и 5 з.п. ф-лы, 4 ил.



Фиг.1

RU 2516293 C2

RU 2516293 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2009119594/07, 06.09.2007**(24) Effective date for property rights:  
**06.09.2007**

Priority:

(30) Convention priority:  
**28.10.2006 DE 102006050953.6**(43) Application published: **10.12.2010** Bull. № 34(45) Date of publication: **20.05.2014** Bull. № 14(85) Commencement of national phase: **28.05.2009**(86) PCT application:  
**EP 2007/007765 (06.09.2007)**(87) PCT publication:  
**WO 2008/052614 (08.05.2008)**

Mail address:

**105082, Moskva, Spartakovskij per., d. 2, str. 1,  
seksija 1, ehtazh 3, "EVROMARKPAT"**

(72) Inventor(s):

**Jerg BERMUT (DE),  
Georg GOJS (DE),  
Gregor KhESS (DE),  
Urs FIBEKK (DE)**

(73) Proprietor(s):

**SMITS KhAJMANN GMBKh (DE)**(54) **BETATRON WITH CONTRACTION AND EXPANSION COIL**

(57) Abstract:

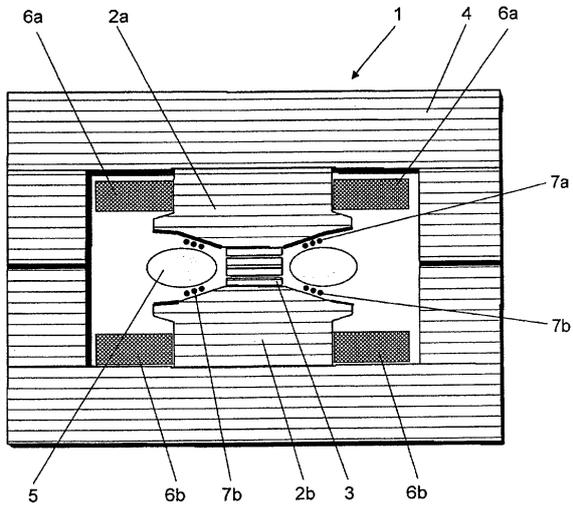
FIELD: physics.

SUBSTANCE: Betatron (1), especially in X-ray testing apparatus, having a rotationally symmetrical inner yoke having two interspaced parts (2a, 2b), an outer yoke (4) connecting the two inner yoke parts (2a, 2b), at least one main field coil (6a, 6b), a toroidal betatron tube (5) placed between the inner yoke parts (2a, 2b), at least one contraction and expansion coil (CE coil) 7a, 7b, wherein exactly one CE coil (7a, 7b) is respectively placed between the front side of the inner yoke part (2a, 2b) and the betatron tube (5), and the radius of the CE coil (7a, 7b) is essentially equal to the given orbital radius of the electrons in the betatron tube (5). The betatron has an electronic control circuit (8); contraction and expansion coil (7a, 7b) leads are connected to a current or voltage source (11), and in at least one line between the contraction and expansion coil (7a, 7b) and the current or voltage source (11), there is a switch (9) which is controlled by the electronic control circuit (8), wherein the electronic control circuit (8) is

configured to cause flow of current through the contraction and expansion coil, during emission of electrons, such that yoke material is situated on the nonlinear portion of a hysteresis curve.

EFFECT: high efficiency.

7 cl, 4 dwg



RU 2516293 C2

RU 2516293 C2

Настоящее изобретение относится к бетатрону с катушкой сжатия и расширения, прежде всего, для формирования рентгеновских лучей в рентгеновской досмотровой установке.

При проверке крупногабаритных предметов, таких как контейнеры и транспортные средства, на наличие недопустимого содержимого, такого как оружие, взрывчатые вещества или контрабандные товары, известным образом используют рентгеновские досмотровые установки. При этом формируют рентгеновские лучи и направляют их на предмет. Ослабленные предметом рентгеновские лучи измеряют посредством детектора и анализируют в анализаторе. Таким образом, можно сделать заключение о свойствах предмета. Такая рентгеновская досмотровая установка известна, например, из публикации европейского патента EP 0412190 B1.

Для формирования рентгеновских лучей с необходимой для проверки энергией более 1 МэВ используют бетатроны. При этом речь идет о циклических ускорителях, в которых электроны ускоряются на круговой орбите. Ускоренные электроны направляются на мишень, где они при попадании создают тормозное излучение, спектр которого также зависит от энергии электронов.

Известный из публикации патентной заявки DE 2357126 A1 бетатрон состоит из двухкомпонентного внутреннего ярма, в котором торцевые стороны обеих частей ярма расположены на расстоянии напротив друг друга. Посредством двух катушек основного поля во внутреннем ярме создают магнитное поле. Внешнее ярмо соединяет оба удаленных друг от друга конца частей внутреннего ярма и замыкает магнитный контур.

Между торцевыми сторонами обеих частей внутреннего ярма расположена вакуумная камера бетатрона, в которой по кругу движутся подлежащие ускорению электроны. Торцевые стороны частей внутреннего ярма выполнены таким образом, что созданное катушкой основного поля магнитное поле вынуждает электроны двигаться по круговой орбите и, помимо этого, фокусирует их в плоскости, в которой находится эта круговая орбита. Для управления магнитным потоком известно расположение ферромагнитной вставки между торцевыми сторонами частей внутреннего ярма внутри камеры бетатрона.

Электроны инжектируются, например, посредством электронной пушки в камеру бетатрона и посредством катушки основного поля увеличивается ток, а тем самым, и сила магнитного поля. Посредством изменяющегося магнитного поля формируется электрическое поле, которое ускоряет электроны на их круговой орбите. Одновременно с силой магнитного поля равным образом увеличивается действующая на электроны сила Лоренца. Вследствие этого электроны удерживаются на постоянном радиусе орбиты. Электрон движется по круговой орбите, если сила Лоренца, направленная к центру круговой орбиты, и центробежная сила, направленная в противоположном направлении, взаимно компенсируются. Из этого следует условие Видероз:

$$\frac{1}{2} \frac{d}{dt} \langle B(r_s) \rangle = \frac{d}{dt} B(r_s)$$

$$C \langle B(r_s) \rangle = \frac{1}{\pi \cdot r_s^2} \iint_A B(r) dA$$

где  $r_s$  - это заданный радиус орбиты электрона,  $A$  - площадь поверхности, ограниченная заданным радиусом орбиты  $r_s$ , и  $\langle B(r_s) \rangle$  - усредненная по площади  $A$  сила магнитного.

Недостатком указанного бетатрона является тот факт, что, например, в силу

производственных допусков или рассеивания электронной пушки лишь малая часть инжектированных в камеру бетатрона электронов фокусируется на необходимой круговой орбите и, тем самым, ускоряется до конечной энергии. В результате получают уменьшенный коэффициент полезного действия. Кроме того, возникает проблема выброса ускоренных электронов, то есть направления их с заданной орбиты на мишень.

Поэтому задача данного изобретения заключается в разработке бетатрона, который не имеет вышеописанных недостатков.

Согласно изобретению эта задача решена посредством признаков пункта 1 формулы изобретения. Предпочтительные формы осуществления приведены в зависимых пунктах формулы 2-6. Пункт 7 формулы изобретения относится к рентгеновской досмотровой установке с применением предлагаемого бетатрона.

Объектом изобретения является бетатрон для генерации рентгеновского излучения, прежде всего в рентгеновской досмотровой установке, содержащий:

- вращательно-симметричное внутреннее ярмо из двух расположенных на расстоянии друг от друга частей,

- внешнее ярмо, соединяющее обе части внутреннего ярма,

- по меньшей мере одну катушку основного поля,

- тороидальную камеру бетатрона, расположенную между противоположными торцевыми сторонами частей внутреннего ярма,

- по меньшей мере одну катушку сжатия и расширения (СР-катушку), причем между торцевой стороной соответствующей части внутреннего ярма и камерой бетатрона расположена ровно одна катушка сжатия и расширения, а радиус катушки сжатия и расширения по существу равен заданному радиусу орбиты электронов в камере бетатрона,

- электронную пушку, инжектирующую электроны в камеру бетатрона.

Предлагаемый в изобретении бетатрон содержит электронную схему управления, причем выводы катушки сжатия и расширения соединены с источником тока или напряжения, а по меньшей мере в одной линии между катушкой сжатия и расширения и источником тока или напряжения расположен переключатель, приводимый в действие электронной схемой управления, причем электронная схема управления выполнена таким образом, чтобы во время выброса электронов вызывать прохождение тока через катушку сжатия и расширения, когда материал ярма находится на нелинейном участке кривой гистерезиса.

Если радиус инжекции электронов в камеру бетатрона больше заданного радиуса орбиты во время ускорения, то за счет магнитного поля СР-катушки условие Видероз выполняется на меньшем заданном радиусе орбиты. Это приводит к тому, что электроны в течение импульса сжатия движутся по орбите, которая приближается к желаемому заданному радиусу орбиты.

В конце процесса ускорения электроны на фазе выброса направляются на мишень.

Для этого на катушку сжатия и расширения снова подается ток. Прохождение тока через СР-катушку во время выброса электронов также называют импульсом расширения. В этот момент катушки основного поля создают более сильное магнитное поле, чем во время фазы инжекции. Материал частей ярма и круглых пластин находится на нелинейном участке кривой гистерезиса, которая описывает взаимосвязь между возбуждающим магнитным потоком и магнитным потоком в материале. Поэтому на магнитный поток в материале, по отношению к магнитному потоку в воздухе (промежутке) между частями внутреннего ярма, катушкой сжатия и расширения оказывается другое влияние, чем во время фазы инжекции. Это приводит к нарушению

условия Видероз, которое теперь снова выполняется измененным заданным радиусом орбиты. Электроны движутся по имеющей форму спирали орбите в направлении измененного заданного радиуса орбиты и при этом движении попадают на мишень.

5 Если мишень находится, например, за пределами заданного радиуса орбиты, то магнитное поле СР-катушки изменяет магнитный поток таким образом, что условие Видероз выполняется на большем радиусе. Таким образом электроны дрейфуют наружу, пока не попадут на мишень.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения бетатрон имеет дополнительно по меньшей мере одну круглую пластину, расположенную между 10 частями внутреннего ярма таким образом, что ее продольная ось совпадает с осью вращательной симметрии внутреннего ярма.

Электронная пушка, которая инжектирует электроны в камеру бетатрона, испускает электроны в имеющей форму воронки области пространственного угла с определенной вероятностью распределения. По длительности импульса сжатия можно установить, 15 из какой части этой области пространственного угла электроны фокусируются на заданной круговой орбите. Кроме того, одновременно можно скомпенсировать монтажные допуски электронной пушки.

Выводы СР-катушки соединены с источником тока или напряжения, и по меньшей мере в одной линии между СР-катушкой и источником тока или напряжения расположен 20 выполненный с возможностью приведения в действие электронной схемой управления переключатель. Переключатель является, например, высокомоощным полупроводниковым переключателем, таким как IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor - биполярный транзистор с изолированным затвором). Переключатель определяет как момент, так и продолжительность прохождения тока через катушку. Посредством 25 изменения продолжительности импульса сжатия и/или расширения устанавливается амплитуда максимального тока катушки и, тем самым, максимальное изменение магнитного поля. Для этого электронная схема управления, предпочтительно, выполнена таким образом, что момент включения и продолжительность включения переключателя, то есть начало и продолжительность импульса сжатия или расширения, 30 могут изменяться.

Согласно изобретению одна и та же катушка сжатия и расширения используется как для фокусирования электронов на заданной круговой орбите во время фазы инжекции, так и для выброса электронов на мишень. Таким образом минимизируется занимаемое место по сравнению с двумя отдельными катушками, за счет чего можно достичь лучшей 35 изоляции обмотки катушки. Кроме того, можно сэкономить на силовых электронных устройствах для питания катушек.

Бетатрон имеет детектор для определения интенсивности сгенерированного рентгеновского излучения. Предпочтительно, детектор связан с электронной схемой 40 управления для того, чтобы можно было определять момент включения и продолжительность включения переключателя посредством электронной схемы управления по выходному сигналу детектора. Получают систему регулирования, которая выбирает импульс сжатия так, чтобы достичь желаемой интенсивности излучения.

Предпочтительно, противоположные торцевые стороны частей внутреннего ярма 45 выполнены и расположены зеркально-симметрично по отношению друг к другу. Преимущественно, плоскость симметрии при этом ориентирована так, чтобы ось вращательной симметрии внутреннего ярма была расположена к ней перпендикулярно. Это приводит к предпочтительному распределению поля в воздушном зазоре между

торцевыми сторонами, за счет которого электроны в камере бетатрона удерживаются на круговой орбите.

Кроме того, предпочтительно, если по меньшей мере одна катушка основного поля расположена на внутреннем ярме, прежде всего на сужении или заплечике внутреннего ярма. Это приводит к тому, что по существу весь магнитный поток, сформированный катушкой основного поля, проходит через внутреннее ярмо. Преимущественным способом бетатрон имеет две катушки основного поля, при этом на каждой из частей внутреннего ярма расположена одна катушка основного поля. Это приводит к преимущественному распределению магнитного потока по частям внутреннего ярма.

Предпочтительно, предлагаемый бетатрон используется в рентгеновской досмотровой установке для проверки безопасности объектов. Электроны инжектируются в бетатрон и ускоряются до того, как они будут направлены на мишень, состоящую, например, из тантала. Там электроны генерируют рентгеновское излучение с известным спектром. Рентгеновское излучение направляется на объект, предпочтительно контейнер и/или транспортное средство, и там модифицируется, например, за счет рассеивания или трансмиссионного затухания. Модифицированное рентгеновское излучение измеряют рентгеновским детектором и анализируют посредством анализатора (устройства обработки данных). По результатам делают заключение о свойствах или содержимом объекта.

Настоящее изобретение более подробно поясняется на примере его осуществления со ссылкой на чертежи, на которых показано:

на фигуре 1 - схематическое изображение предлагаемого бетатрона в разрезе,

на фигуре 2 - качественная характеристика изменения силы магнитного поля в зависимости от радиуса во время фазы инъекции,

на фигуре 3 - качественная характеристика изменения силы магнитного поля в зависимости от радиуса во время фазы выброса, и

на фигуре 4 - электрическая схема для управления СР-катушкой.

На фигуре 1 показано в разрезе схематичное построение предпочтительного бетатрона 1. Среди прочего, он состоит из вращательно-симметричного внутреннего ярма из двух расположенных на расстоянии друг от друга частей 2a, 2b, четырех круглых пластин 3a-3d между частями 2a, 2b внутреннего ярма, при этом продольная ось круглых пластин 3a-3d соответствует оси вращательной симметрии внутреннего ярма, соединяющего обе части внутреннего ярма 2a, 2b наружного ярма 4, расположенной между частями 2a, 2b внутреннего ярма тороидальной камеры 5 бетатрона, двух катушек 6a и 6b основного поля, а также не изображенной на фигуре 1 электронной схемы 8 управления. Катушки 6a и 6b расположены на заплечиках частей 2a или же 2b внутреннего ярма. Формируемое ими магнитное поле пронизывает части 2a и 2b внутреннего ярма, при этом магнитная цепь замкнута посредством наружного ярма 4. Форма внутреннего и/или наружного ярма может быть выбрана специалистом в зависимости от случая применения и может отличаться от представленной на фигуре 1 формы. Также, могут присутствовать только одна или больше чем две катушки основного поля. Другое количество и/или форма круглых пластин также является возможным.

Между торцевыми сторонами частей 2a и 2b внутреннего ярма магнитное поле частично проходит через круглые пластины 3a-3d, а в остальном - через воздушный зазор. В этом воздушном зазоре расположена камера 5 бетатрона. При этом речь идет о вакуумной камере, в которой ускоряются электроны. Торцевые стороны частей 2a и 2b внутреннего ярма имеют форму, которая выбрана так, что магнитное поле между

ними фокусирует электроны на круговой орбите. Форма торцевых сторон известна специалисту и поэтому более подробно не поясняется. В конце процесса ускорения электроны попадают на мишень и вследствие этого генерируют рентгеновское излучение, спектр которого, среди прочего, зависит от конечной энергии электронов и материала мишени.

Для ускорения электроны с начальной энергией инжектируются в камеру 5 бетатрона. Во время фазы ускорения магнитное поле в бетатроне 1 посредством катушек 6а и 6б основного поля непрерывно увеличивается. Вследствие этого формируется электрическое поле, которое оказывает ускоряющее воздействие на электроны. Одновременно с этим, электроны вследствие силы Лоренца дрейфуют на заданную круговую орбиту внутри камеры 5 бетатрона.

Ускорение электронов периодически повторяется, вследствие чего образуется импульсное рентгеновское излучение. В каждом периоде электроны на первом этапе инжектируются в камеру 5 бетатрона. На втором этапе электроны ускоряются в направлении их круговой орбиты благодаря увеличивающемуся току в катушках 6а и 6б основного поля и, таким образом, возрастающему магнитному полю в воздушном зазоре между частями 2а и 2б внутреннего ярма. На третьем этапе ускоренные электроны выбрасываются на мишень для формирования рентгеновского излучения. Затем происходит опциональная пауза перед тем, как электроны заново инжектируются в камеру 5 бетатрона.

Для орбиты электронов в камере 5 бетатрона действует вышеуказанное условие Видероз, определяющееся из того, что центростремительная сила компенсирует силу Лоренца. Тот радиус  $r_s$ , который удовлетворяет уравнению

$$\frac{1}{2} \frac{d}{dt} \langle V(r_s) \rangle = \frac{d}{dt} V(r_s)$$

является стабильным заданным радиусом орбиты, по которой движутся электроны.

Электронная пушка инжектирует электроны с известным углом открытия, при этом распределение электронов по этому углу открытия обычно не является постоянным.

Кроме того, электронная пушка инжектирует электроны на радиус  $r_1$  отличающийся от заданного радиуса  $r_s$  орбиты. Поэтому, прежде всего, необходимо перевести электроны с радиуса инжекции  $r_1$  на заданный радиус орбиты  $r_s$ . Для этого служат обе катушки 7а и 7б сжатия и расширения (СР-катушки), которые расположены между торцевыми сторонами частей 2а или 2б внутреннего ярма и камерой 5 бетатрона. СР-катушки обозначены на фигуре 1 тремя спиральными витками, при этом, однако, возможно любое другое осуществление. Радиус СР-катушек 7а и 7б по существу равен заданному радиусу  $r_s$  орбиты электронов в камере 5 бетатрона. В силу

пространственного растянутого расположения СР-катушек 7а и 7б их внешние края незначительно простираются за заданный радиус  $r_s$  орбиты. Точный размер и расположение СР-катушек отдается на усмотрение осуществляющего изобретение специалиста. Однако следует соблюдать условие, что внутренний радиус СР-катушек 7а и 7б является большим внешнего радиуса круглых пластин 3 для того, чтобы созданное ими магнитное поле проходило также и через части участка вне круглых пластин 3.

Срединные оси СР-катушек 7а и 7б совпадают с осью вращательной симметрии внутреннего ярма. В силу такого расположения и размера СР-катушек 7а и 7б созданное ими магнитное поле проходит через круговую поверхность, радиус которой больше

радиуса круглых пластин 3 и находится примерно в области заданного радиуса  $r_s$  орбиты.

На фигуре 2 показана качественная характеристика изменения силы представленного непрерывной линией магнитного поля  $B$  в зависимости от радиуса, отсчитываемого от 5 оси вращательной симметрии внутреннего ярма, а также радиус  $r_1$  инжекции электронов. По причине магнитоактивного материала круглых пластин 3 получают примерно постоянное магнитное поле внутри круглых пластин 3. Магнитное поле в воздухе вне круглых пластин существенно меньше и, помимо этого, уменьшается с увеличением 10 радиуса. При представленном магнитном поле показанный на фигуре 2 заданный радиус  $r_s$  орбиты удовлетворяет условию Видероз.

Если ток, так называемый импульс сжатия, подается в СР-катушки 7а и 7б, то получают показанную на фигуре 2 штриховой линией качественную характеристику 15  $B'(r)$  силы магнитного поля в зависимости от радиуса, как наложение магнитных полей катушек 6а, 6б основного поля и СР-катушек 7а, 7б. При таком результирующем магнитном поле условие Видероз выполняется на измененном заданном радиусе  $r_s'$  орбиты. Из этого следует, что электроны увлекаются по имеющей форму спирали орбите от радиуса  $r_1$  инжекции на измененный заданный радиус  $r_s'$  орбиты. При этом электроны пересекают, например, в зависимости от угла их инжекции в камеру 5 20 бетатрона, желаемый заданный радиус  $r_s$  орбиты в различное время. Электроны, которые в конце импульса сжатия находятся на желаемом заданном радиусе  $r_s$  орбиты или рядом с ним, ускоряются затем на этом радиусе.

Тем самым, путем выбора момента окончания импульса сжатия можно выбрать, из 25 какой части угла открытия электронной пушки выходят электроны, которые ускоряются до желаемой конечной энергии.

Таким образом, можно максимально увеличить и регулировать интенсивность рентгеновского излучения, сгенерированного бетатроном 1.

В конце процесса ускорения катушки 6а и 6б основного поля формируют магнитное 30 поле  $B(r)$ , качественно показанное на фигуре 3 непрерывной линией, характеристика которого по существу соответствует магнитному полю на фигуре 2. Однако, в силу большей силы тока через катушки 6а и 6б основного поля, магнитное поле существенно сильнее. Помимо этого, материал ярма и/или круглых пластин находится на нелинейном участке кривой гистерезиса. Следовательно, при подаче тока на СР-катушки 7а и 7б 35 посредством так называемого импульса расширения получают показанное штрих-линией на фигуре 3 приложенное магнитное поле  $B''(r)$ . Исходя из такого приложенного магнитного поля, измененный заданный радиус  $r_s''$  орбиты удовлетворяет условию Видероз. Из этого следует, что электроны на имеющей форму спирали орбите дрейфуют от действительного во время ускорения заданного радиуса  $r_s$  орбиты в направлении 40 измененного заданного радиуса  $r_s''$  орбиты. Во время этого дрейфового перемещения электроны попадают в мишень и генерируют при этом рентгеновское излучение.

Не показанный на фигурах рентгеновский детектор детектирует интенсивность сформировавшегося рентгеновского излучения и регулярно передает информацию об 45 интенсивности в электронную схему 8 управления. Он оценивает интенсивность и определяет на основании этой оценки продолжительность и момент импульса сжатия и расширения для следующего периода ускорения электронов.

На фигуре 4 показана в качестве примера электрическая схема для подачи тока на СР-катушку 7а, которая является идентично переносимой на СР-катушку 7б. СР-катушка

7а соединяется посредством управляемого управляющим электронной схемой 8 управления переключателя 9 с источником 11 напряжения. По выбору несколько СР-катушек соединяются посредством одного или нескольких переключателей с совместным источником напряжения. Кроме того, альтернативно каждая СР-катушка соединяется 5 посредством отдельного переключателя с соотнесенным с СР-катушкой источником напряжения.

#### Формула изобретения

1. Бетатрон (1) для генерации рентгеновского излучения, прежде всего в 10 рентгеновской досмотровой установке, содержащий:

- вращательно-симметричное внутреннее ярмо из двух расположенных на расстоянии друг от друга частей (2а, 2b),

внешнее ярмо (4), соединяющее обе части (2а, 2b) внутреннего ярма, по меньшей мере одну катушку (6а, 6b) основного поля, тороидальную камеру (5) бетатрона, 15 расположенную между противоположными торцевыми сторонами частей (2а, 2b) внутреннего ярма, по меньшей мере, одну катушку (7а, 7b) сжатия и расширения, причем между торцевой стороной соответствующей части (2а, 2b) внутреннего ярма и камерой (5) бетатрона расположена ровно одна катушка (7а, 7b) сжатия и расширения, а радиус катушки (7а, 7b) сжатия и расширения по существу равен заданному радиусу орбиты 20 электронов в камере (5) бетатрона, электронную пушку, инжектирующую электроны в камеру (5) бетатрона, отличающийся тем, что он содержит электронную схему (8) управления, выводы катушки (7а, 7b) сжатия и расширения соединены с источником (11) тока или напряжения, а по меньшей мере в одной линии между катушкой (7а, 7b) сжатия и расширения и источником (11) тока или напряжения расположен переключатель 25 (9), управляемый электронной схемой (8) управления, причем электронная схема (8) управления выполнена таким образом, чтобы во время выброса электронов вызывать прохождение тока через катушку сжатия и расширения, когда материал ярма находится на нелинейном участке кривой гистерезиса.

2. Бетатрон (1) по п.1, отличающийся тем, что противоположные торцевые стороны 30 частей (2а, 2b) внутреннего ярма выполнены и расположены зеркально-симметрично по отношению друг к другу.

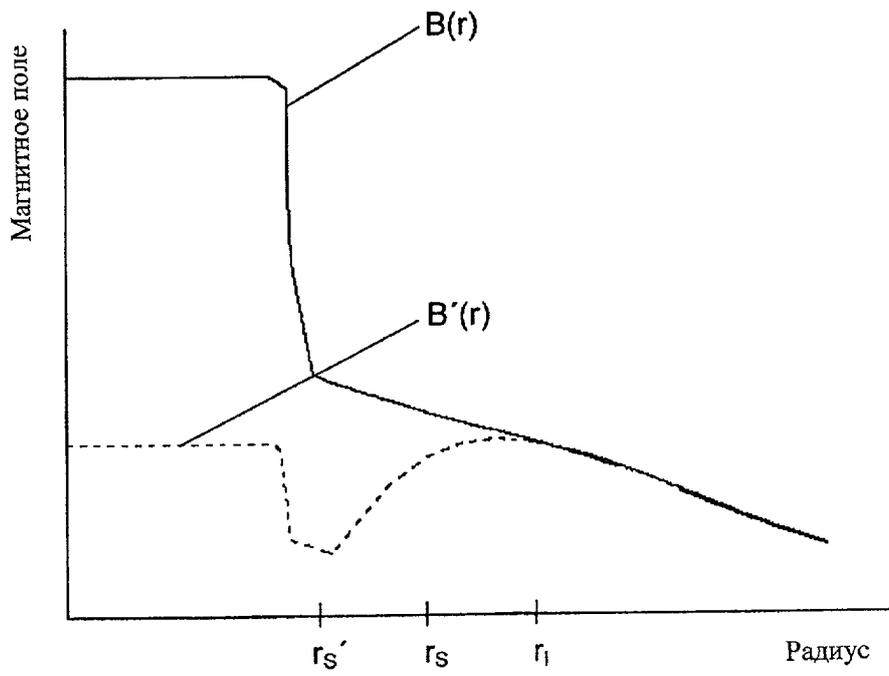
3. Бетатрон (1) по п.1 или 2, отличающийся тем, что на внутреннем ярме, прежде всего на сужении или заплечике внутреннего ярма, расположена по меньшей мере одна катушка (6а, 6b) основного поля.

4. Бетатрон (1) по п.3, отличающийся наличием двух катушек (6а, 6b) основного 35 поля, при этом на каждой из частей (2а, 2b) внутреннего ярма расположена одна катушка (6а, 6b) основного поля.

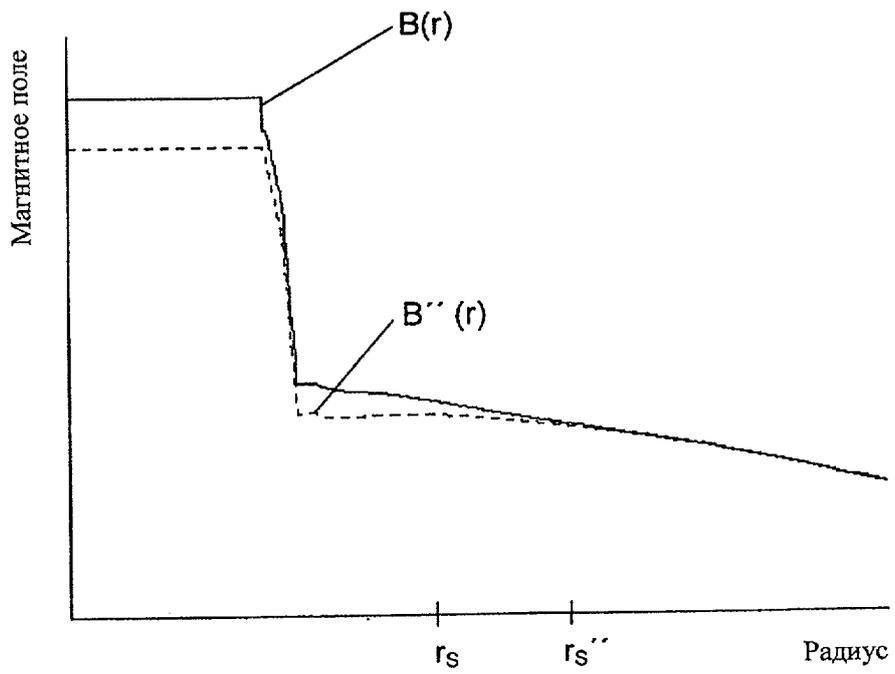
5. Бетатрон по п.1, отличающийся наличием по меньшей мере одной круглой пластины (3), расположенной между частями (2а, 2b) внутреннего ярма таким образом, что ее 40 продольная ось совпадает с осью вращательной симметрии внутреннего ярма.

6. Бетатрон (1) по п.1, отличающийся тем, что переключатель (9) представляет собой полупроводниковый переключатель, в частности биполярный транзистор с изолированным затвором.

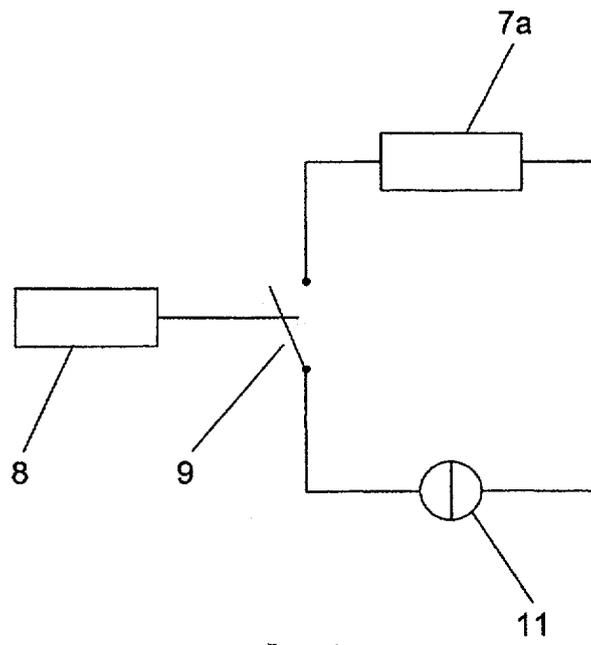
7. Рентгеновская досмотровая установка для проверки безопасности предметов, 45 имеющая бетатрон (1) по одному из пп.1-6 и мишень для генерации рентгеновского излучения, а также рентгеновский детектор и анализатор.



Фиг.2



Фиг.3



Фиг.4