



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012140470/07, 02.02.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
02.02.2011

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
24.02.2010 DE 102010009010.7

(43) Дата публикации заявки: 27.03.2014 Бюл. № 9

(45) Опубликовано: 10.07.2016 Бюл. № 19

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: WO2008003526 A2, 10.01.2008.
US2005205772 A1, 22. 09. 2005. RU 2135234 C1,
27.08.1999.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 24.09.2012

(86) Заявка РСТ:
EP 2011/051465 (02.02.2011)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2011/107313 (09.09.2011)

Адрес для переписки:

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

(72) Автор(ы):

ХАЙД Оливер (DE)

(73) Патентообладатель(и):

СИМЕНС АКЦИЕНГЕЗЕЛЛЬШАФТ (DE)

(54) УСТРОЙСТВО ОБЛУЧЕНИЯ И СПОСОБ ОБЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ВВОДА ДОЗЫ В ЦЕЛЕВОЙ ОБЪЕМ

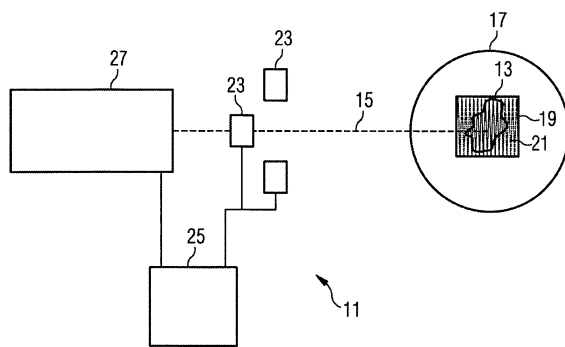
(57) Реферат:

Изобретение относится к устройству облучения для ввода распределения дозы в подлежащем облучению целевом объеме, а также к способу облучения, соответствующему устройству облучения. Заявленное устройство (11) содержит ускорительное устройство (27) для предоставления пучка (15) частиц для облучения целевого объема (13), сканирующее устройство (25, 23) для модификации свойства пучка у пучка (15) частиц, так что при работе ускорительного устройства (11) пучок (15) частиц последовательно направляется в различные места в заранее установленном объеме (19)

сканирования и таким образом сканируется по объему (19) сканирования. При этом сканирующее устройство (25, 23) выполнено таким образом, чтобы сканировать объем (19) сканирования вдоль постоянной, установленной независимо от целевого объема (13) траектории сканирования и обеспечивать согласование вводимого распределения дозы с целевым объемом (13) тем, что во время сканирования пучка (15) частиц вдоль траектории (21) сканирования интенсивность пучка (15) частиц модулируется. Техническим результатом является возможность регулирования и оптимизации

распределения дозы облучения в целевом объеме посредством управления установкой во время

облучения. 2 н. и 11 з. п. ф-лы, 2 ил.



Фиг.1

RU 2590892 C2

RU 2590892 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2012140470/07, 02.02.2011**

(24) Effective date for property rights:
02.02.2011

Priority:

(30) Convention priority:
24.02.2010 DE 102010009010.7

(43) Application published: **27.03.2014 Bull. № 9**

(45) Date of publication: **10.07.2016 Bull. № 19**

(85) Commencement of national phase: **24.09.2012**

(86) PCT application:
EP 2011/051465 (02.02.2011)

(87) PCT publication:
WO 2011/107313 (09.09.2011)

Mail address:

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

(72) Inventor(s):
KHAJD Oliver (DE)

(73) Proprietor(s):
SIMENS AKTSIENGEZELLSHAFT (DE)

(54) RADIATION DEVICE AND RADIATION METHOD FOR DOSE INPUT IN DESIRED VOLUME

(57) Abstract:

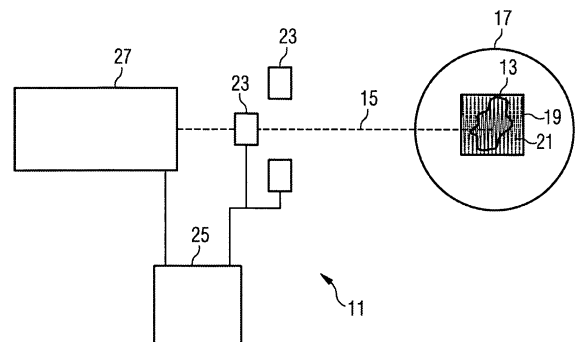
FIELD: medicine.

SUBSTANCE: invention relates to a device for inputting radiation dose distribution in irradiation target volume, as well as to a method of irradiation, corresponding to device radiation. Disclosed device (11) comprises accelerating device (27) for providing beam (15) of particles for irradiating target volume (13), scanning device (25, 23) for modifying properties of beam in beam (15) of particles, so that during operation of accelerating device (11) beam (15) of particles is successively directed into different points in preset volume (19) of scanning and thereby scanned by volume (19) of scanning. Scanning device (25, 23) is configured to scan volume (19) scanning along constant installed irrespective of target volume (13) scanning path and to ensure matching of injected dose distribution with target volume (13) due to that when scanning beam (15)

particles along a path (21) scanning beam intensity (15) of particles is modulated.

EFFECT: enabling control and optimisation of radiation dose distribution in target volume by means of apparatus control during irradiation.

13 cl, 2 dwg



Фиг. 1

RU 2 590 892 C2

RU 2 590 892 C2

Изобретение относится к устройству облучения и способу облучения, с помощью которых посредством пучка частиц в целевой объем может вводиться распределение дозы. Подобное устройство облучения или подобный способ облучения обычно используются в рамках терапии с использованием корпускулярного излучения, чтобы, например, облучать патологически измененную ткань.

В обычных установках терапии с использованием корпускулярного излучения является возможным заполнять облучаемый целевой объем желательным распределением дозы, при этом пучок частиц расширяется и затем посредством вставки, например с помощью коллиматора, и, при необходимости, посредством шарика, просвечиваемого пучком частиц, согласуется с соответствующей формой целевого объема. Это применение также обозначается как пассивное применение пучка.

Наряду с подобным, также называемым пассивным применением пучка, является возможным сравнительно тонким пучком частиц активно сканировать целевой объем. При этом пучок частиц целенаправленно последовательно направляется на те точки раstra, в которых в целевом объеме должна вводиться доза, до тех пор, пока не будет достигнуто желательное распределение дозы в целевом объеме. Сканирование также обозначается как активное применение пучка. При этом, в общем случае, проходится криволинейно ограниченный целевой объем. Это означает, что «траектория записи», вдоль которой пучок частиц сканирует целевой объем, - например, посредством построчного зондирования - согласуется с конкретной формой целевого объема.

Задачей изобретения является предложить устройство облучения и способ облучения, с помощью которых желательное распределение дозы в целевом объеме может обеспечиваться при одновременном предпочтительном управлении установкой.

Эта задача решается признаками независимых пунктов формулы изобретения. Предпочтительные варианты осуществления изобретения реализуются признаками зависимых пунктов формулы изобретения.

Соответствующее изобретению устройство облучения для ввода распределения дозы в подлежащем облучению целевом объеме содержит:

- ускорительное устройство для предоставления пучка частиц для облучения целевого объема,

- сканирующее устройство для модификации свойства пучка у пучка частиц, так что при работе устройства облучения пучок частиц последовательно направляется на различные места в заранее установленном объеме сканирования, и таким образом осуществляется сканирование по объему сканирования,

причем сканирующее устройство выполнено таким образом, чтобы

- сканировать объем сканирования вдоль постоянной, установленной независимо от целевого объема траектории сканирования и

- обеспечивать согласование вводимого распределения дозы с целевым объемом тем, что во время сканирования пучка частиц вдоль траектории сканирования интенсивность пучка частиц модулируется.

С помощью устройства облучения целевой объем можно быстро зондировать пучком частиц.

При этом в основе изобретения лежит знание о том, что зондирование с траекторией сканирования, которая согласована с целевым объемом, - как это выполняется в обычных установках, - связано с недостатками. Траектория сканирования, которая согласована с целевым объемом, означает то, что сканирующее устройство таким образом устанавливает отклонение и глубину пучка частиц, что пучок частиц в принципе направляется только на точки раstra целевого объема.

Если точка растра достаточно облучена, сканирующее устройство устанавливает следующую точку растра целевого объема, так что она затем облучается. Таким способом можно целевой объем обычных установок заполнять желательной дозой.

5 Так как облучаемый целевой объем обычно по своему положению, величине и форме является переменным и индивидуально различающимся, сканирующее устройство должно постоянно согласовывать траекторию сканирования с целевым объемом. Эта гибкость должна отражаться в системе управления установкой, которая из-за этого является сравнительно затратной, чтобы предоставлять возможность постоянно согласовывать траекторию сканирования с индивидуальными, облучаемыми объемами сканирования.

10 В соответствующем изобретению устройстве облучения, напротив, траектория сканирования устанавливается независимо от облучаемого целевого объема. Траектория сканирования может, например, в сканирующем устройстве или в его управляющем устройстве сохраняться заранее установленной. Это означает, что способ, каким сканируется сканируемый объем, устанавливается уже заранее и без точного знания точной геометрии, то есть величины, формы и положения целевого объема.

15 Также объем сканирования может устанавливаться заранее, например, посредством загрузки в управляющее устройство. Объем сканирования может также устанавливаться заранее независимо от целевого объема, то есть и здесь без точного знания его точной геометрии.

Это имеет преимущество, заключающееся в том, что отклонение луча и глубина модуляции могут выполняться с постоянным оптимизированным расположением.

20 Это также включает то, что могут устанавливаться несколько различных объемов сканирования, например с различной формой, величиной и положением, и что затем выбирается один из объемов сканирования. То же самое справедливо и для траектории сканирования. И здесь может устанавливаться несколько траекторий сканирования, а для облучения затем выбирается одна траектория сканирования. Несколько объемов сканирования и несколько траекторий сканирования установлены независимо от точных геометрических размеров целевого объема, например, на подготовительном этапе.

30 В одной форме выполнения сканирующее устройство может выполняться таким образом, чтобы зондировать траекторию сканирования со скоростью зондирования, независимой от целевого объема. Это означает, что временная последовательность зондирования устанавливается независимо от целевого объема.

35 Согласование затем вводимой, локальной дозы с желательным распределением заданной дозы для целевого объема теперь определяется не через геометрию процесса сканирования, а через модуляцию интенсивности пучка, с помощью которого в течение процесса сканирования облучается целевой объем.

40 При этом может произойти, что к определенным моментам времени в течение процесса облучения при зондировании траектории сканирования сканирующее устройство устанавливается таким образом, что пучок частиц выходит за пределы целевого объема. Это имеет место тогда, когда целевой объем меньше, чем объем сканирования. Однако в эти моменты времени интенсивность устанавливается в нуль, так что облучение при этом не происходит. Интенсивность только тогда вновь устанавливается на значения, отличные от нуля, когда сканирующее устройство вновь устанавливается таким образом, чтобы пучок частиц при зондировании траектории сканирования вновь облучал бы внутри целевого объема. Поэтому сканирующее устройство устанавливается при сканировании для зондирования траектории пучка, а именно, независимо от того, нацеливался бы пучок частиц внутри или вне целевого

объема. Корректное заполнение дозой достигается только посредством модуляции интенсивности.

В целом, процесс сканирования, то есть объем сканирования, траектория сканирования и/или скорость зондирования, выполняется независимо от целевого объема. Это позволяет осуществить заметно более простое выполнение управления устройством облучения. Устройство облучения может тогда оптимизироваться для траектории сканирования, так что эта траектория сканирования может тогда зондироваться особенно эффективно.

Например, сканирующее устройство может иметь один или несколько отклоняющих электромагнитов, с помощью которых пучок частиц может отклоняться изменяемым образом в своем боковом направлении. Отклоняющий электромагнит при работе устройства облучения может работать теперь с постоянной частотой зондирования.

Отклоняющий(е) магнит(ы) может тогда оптимизироваться для этой постоянной частоты отклонения, например, отклоняющий электромагнит может функционировать при электрическом резонансе. Тем самым при невысоких затратах может достигаться очень быстрое и интенсивное отклонение.

В одной форме выполнения сканирующее устройство может выполнять изменение энергии пучка частиц для модуляции глубины проникновения согласно предварительно заданному образцу. Так, в ускорительном устройстве, которое обеспечивает возможность ускорения заряженных частиц с помощью высокочастотного (ВЧ) поля, можно управлять модуляцией энергии пучка частиц и, тем самым, глубины проникновения за счет модуляции ВЧ мощности и/или ВЧ фазы. Эта модуляция может управляться посредством сканирующего устройства.

Постоянная программа для управления энергией и, тем самым, глубиной проникновения является особенно предпочтительной, так как гибкое управление ускорительным устройством для достижения различных ступеней энергии технически обычно может быть реализовано лишь с трудом и относительно негибким образом.

За счет постоянной программы зондирования можно оптимизировать компоненты сканирующего устройства для быстрого зондирования. При необходимости может выполняться сканирование всего объема сканирования в единственной импульсной операции ускорителя, которая может длиться лишь несколько микросекунд, например, менее 50 мкс или меньше, чем 20 мкс или 10 мкс. За счет этого можно эффективным образом избегать артефактов движения, которые приводят к неверным распределениям дозы, которые возможны при обычных, сравнительно медленных, согласованных с целью сканированиях.

Сканирующее устройство может быть, в частности, выполнено так, чтобы пучок частиц многократно сканировать в объеме сканирования, например, многократно вдоль траектории сканирования. Объем сканирования при этом многократно перезаписывается. За счет этого можно достичь лучшего распределения дозы при недостаточно точной модуляции интенсивности пучка. Но также можно аккумулировать достаточно высокую дозу, если при однократном зондировании траектории сканирования может быть введена доза, слишком низкая, чтобы достичь заданного распределения дозы.

Соответствующий изобретению способ облучения для ввода распределения дозы в облучаемом целевом объеме содержит следующие этапы:

предоставление пучка частиц и направление пучка частиц в облучаемый целевой объем,

причем в течение облучения по меньшей мере одно свойство пучка у пучка частиц

изменяется, так что пучок частиц последовательно направляется на различные места в предварительно установленном объеме сканирования и за счет этого сканируется по объему сканирования,

5 причем пучок частиц сканируется по объему сканирования вдоль постоянной, независимо от целевого объема заранее установленной траектории сканирования, и причем в целевом объеме достигается желательное подлежащее вводу распределение дозы, причем в течение сканирования пучка частиц вдоль траектории сканирования интенсивность пучка частиц модулируется.

10 Траектория сканирования может зондироваться с заранее установленной, независимой от целевого объема скоростью зондирования.

Пучок частиц может отклоняться посредством отклоняющего электромагнита переменным образом, причем отклоняющий электромагнит работает с постоянной частотой отклонения. Отклоняющий электромагнит может работать при электрическом резонансе.

15 Вариация энергии пучка частиц для модуляции глубины проникновения может выполняться согласно предварительно определенной программе. Вариация энергии может осуществляться посредством модуляции ВЧ мощности и/или ВЧ фазы пучка частиц ускорительного устройства.

Пучок частиц может сканироваться многократно вдоль траектории сканирования.

20 Приведенное выше и изложенное далее описание отдельных признаков, их преимуществ и их воздействий относится как к категории устройства, так и к категории способа, без отдельного упоминания об этом в явном виде; отдельно раскрытые признаки могут также быть существенными для изобретения в других комбинациях, чем показанные.

25 Формы выполнения изобретения поясняются далее более подробно, однако не предусматривается ограничение ими. На чертежах показано следующее:

фиг.1 - схематичный вид устройства облучения для облучения целевого объема, фиг.2 - схематичная диаграмма последовательности операций формы выполнения соответствующего изобретению способа.

30 На фиг.1 показан схематичный вид компонентов устройства 11 облучения, с помощью которого облучается целевой объем 13 с помощью пучка 15 частиц.

35 Целевой объем 13, который должен нагружаться заданной дозой, находится в объекте 17. Целевой объем 13 может, например, быть неравномерно сформированной опухолью в организме пациента; но также возможно, что облучается муляж для исследовательских целей или муляж для целей тестирования или калибровки.

Для облучения целевого объема 13 пучок 15 частиц направляется по объему сканирования, который больше, чем неравномерно сформированный целевой объем 13. Пучок частиц направляется при этом вдоль траектории 21 сканирования.

40 Сканирующее устройство 11 облучения имеет при этом две пары 23 отклоняющих магнитов, с помощью которых пучок 15 частиц может отклоняться в двух ортогональных друг другу направлениях перпендикулярно его направлению хода. Управляющее устройство 25 управляет, в том числе, парами 23 отклоняющих магнитов. Отклонение осуществляется согласно заранее установленной программе.

45 К тому же ускорительное устройство 27 устройства 11 облучения может с помощью управляющего устройства 25 управляться таким образом, что пучок 15 частиц варьируется по своей энергии в соответствии с установленной программой.

За счет комбинации отклоняющих магнитов 23 и вариации энергии посредством ускорительного устройства 27 пучок 15 частиц направляется по объему сканирования

вдоль траектории 21 сканирования. Само сканирование, то есть пространственное направление пучка 15 частиц, осуществляется независимо от облучаемого целевого объема 13.

5 Однако для того чтобы в целевой объем 13 вводилось желательное распределение дозы, осуществляется модуляция интенсивности пучка 15 частиц во время сканирования пучка вдоль траектории 21 сканирования. В тех местах, в которых пучок 15 частиц попадал бы в область вне целевого объема 13 в объеме 19 сканирования, интенсивность пучка 15 частиц регулируется до нуля.

10 Как только пучок 15 частиц посредством сканирующего устройства направляется в точки внутри целевого объема 13, интенсивность пучка 15 частиц устанавливается на значение, отличающееся от нуля, так что в этих точках действительно вводится доза облучения.

15 Согласование вводимого распределения дозы с индивидуальными условиями целевого объема 13 осуществляется таким образом только посредством целенаправленного управления интенсивностью пучка 13 частиц. Пространственные свойства траектории 21 сканирования выбираются независимо от целевого объема 13.

Фиг.2 показывает схематичное представление этапов способа, которые выполняются в одной форме выполнения способа, соответствующего изобретению.

20 На первом этапе устанавливается объем сканирования независимо от формы, величины и/или положения облучаемого целевого объема (этап 41).

Также определяется траектория сканирования, на которую устанавливается сканирующее устройство устройства облучения, так что пучок частиц направляется вдоль траектории сканирования. Это осуществляется также независимо от формы, величины и/или положения облучаемого целевого объема (этап 43).

25 Также скорость сканирования устанавливается независимо от целевого объема (этап 45).

Затем с помощью ускорительного устройства генерируется пучок частиц и направляется в объем сканирования. Зондирование объема сканирования осуществляется вдоль траектории сканирования. Всегда, в том случае, когда пучок частиц сканирует 30 в пределах объема сканирования через целевой объем, интенсивность устанавливается на значение, отличное от нуля, так что действительно в целевой объем вводится доза облучения (этап 47).

35 При сканировании пучка частиц могут, например, применяться отклоняющие электромагниты, которые работают с постоянной частотой отклонения в электрическом резонансе, чтобы отклонять пучок частиц в поперечном направлении (этап 49).

Также может выполняться управление глубиной проникновения пучка частиц посредством постоянной программы для управления энергией пучка частиц, при котором фаза или ВЧ мощность ускорителя частиц соответственно модулируется (этап 51).

40 Согласование распределения дозы в целевом объеме осуществляется посредством интенсивности пучка частиц, которая модулируется во время сканирования (этап 53).

Объем сканирования может многократно сканироваться до тех пор, пока в целевом объеме не будет достигнуто желательное распределение дозы (этап 55).

Перечень ссылочных позиций

- 45 11 устройство облучения
13 целевой объем
15 пучок частиц
17 объект

- 19 объем сканирования
 21 траектория сканирования
 23 отклоняющий магнит
 25 управляющее устройство
 5 27 ускорительное устройство
 41 этап 41
 43 этап 43
 45 этап 45
 47 этап 47
 10 49 этап 49
 51 этап 51
 53 этап 53
 55 этап 55

15 Формула изобретения

1. Устройство (11) облучения для ввода распределения дозы в подлежащем облучению целевом объеме (13), содержащее:

- ускорительное устройство (27) для предоставления пучка (15) частиц для облучения целевого объема (13),
- 20 - сканирующее устройство (25, 23) для модификации свойства пучка у пучка (15) частиц, так что при работе ускорительного устройства (11) пучок (15) частиц последовательно направляется в различные места в заранее установленном объеме (19) сканирования и таким образом осуществляется сканирование в объеме (19) сканирования,
- 25 - причем сканирующее устройство (25, 23) выполнено таким образом, чтобы
 - сканировать объем (19) сканирования вдоль постоянной, установленной независимо от целевого объема (13) траектории (21) сканирования и
 - обеспечивать согласование вводимого распределения дозы с целевым объемом (13) тем, что во время сканирования пучка (15) частиц вдоль траектории (21)
- 30 сканирования интенсивность пучка (15) частиц модулируется посредством сканирующего устройства (25, 23).

2. Устройство (11) облучения по п. 1, причем сканирующее устройство (23, 25) выполнено таким образом, чтобы зондировать траекторию (21) сканирования со скоростью зондирования, заранее установленной
 35 независимо от целевого объема (13).

3. Устройство (11) облучения по п. 1 или 2, причем сканирующее устройство содержит по меньшей мере один отклоняющий электромагнит (23), с помощью которого пучок (15) частиц может отклоняться
 40 изменяемым образом, причем отклоняющий электромагнит (23) при работе устройства (11) облучения работает с постоянной частотой зондирования.

4. Устройство (11) облучения по п. 1 или 2, причем посредством сканирующего устройства (25, 23) может выполняться изменение энергии пучка (15) частиц для модуляции глубины проникновения согласно заранее определенному образцу.

5. Устройство (11) облучения по п. 4, причем посредством сканирующего устройства (25, 23) может индуцироваться модуляция ВЧ мощности и/или ВЧ фазы ускорительного
 45 устройства (27).

6. Устройство (11) облучения по п. 1 или 2, причем сканирующее устройство (25, 23) выполнено таким образом, чтобы посредством пучка (15) частиц осуществлять

многократное сканирование по объему (19) сканирования.

7. Способ облучения для ввода распределения дозы в облучаемом целевом объеме (13), содержащий следующие этапы:

- предоставление пучка (15) частиц и

5 - направление пучка (15) частиц в облучаемый целевой объем (13),

причем в течение облучения по меньшей мере одно свойство пучка у пучка (15) частиц изменяется, так что пучок (15) частиц последовательно направляется на различные места в предварительно установленном объеме (19) сканирования и за счет этого осуществляют сканирование по объему (19) сканирования,

10 причем обеспечивают сканирование пуском (15) частиц по объему (19) сканирования вдоль постоянной, заранее установленной независимо от целевого объема (13) траектории (21) сканирования, и

причем в целевом объеме (13) достигают желательного подлежащего вводу распределения дозы, причем в течение сканирования пучка (15) частиц вдоль траектории (21) сканирования интенсивность пучка (15) частиц модулируют посредством сканирующего устройства (25, 23).

8. Способ облучения по п. 7, причем траекторию (21) сканирования зондируют с заранее установленной, независимой от целевого объема (13) скоростью зондирования.

9. Способ облучения по п. 7 или 8, в котором пучок (15) частиц отклоняют 20 посредством отклоняющего электромагнита (23) переменным образом, причем отклоняющий электромагнит (23) приводится в действие с постоянной частотой отклонения.

10. Способ облучения по п. 9, в котором отклоняющий электромагнит (23) приводят в действие с постоянной частотой отклонения в электрическом резонансе.

25 11. Способ облучения по п. 7 или 8, в котором вариацию энергии пучка (15) частиц для модуляции глубины проникновения выполняют согласно предварительно определенному образцу.

12. Способ облучения по п. 11, причем вариацию энергии осуществляют посредством модуляции ВЧ мощности и/или ВЧ фазы ускорительного устройства (27).

30 13. Способ облучения по п. 7 или 8, причем осуществляют многократное сканирование пучком (15) частиц по объему (19) сканирования.

35

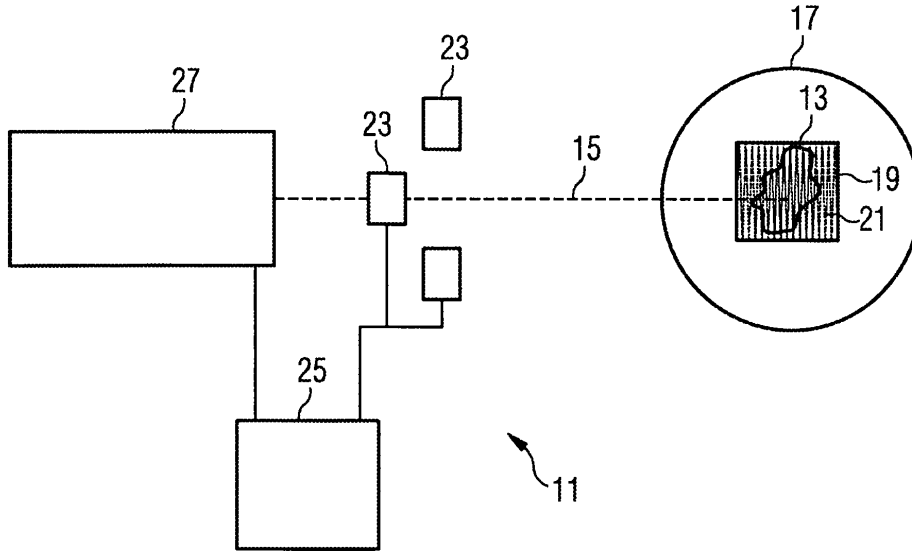
40

45

188050

1/1

Фиг.1



Фиг.2

