



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2 479 329** (13) **C2**

(51) МПК  
A61N 5/10 (2006.01)

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011113900/14, 08.04.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
08.04.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 08.04.2011

(43) Дата публикации заявки: 20.10.2012 Бюл. № 29

(45) Опубликовано: 20.04.2013 Бюл. № 11

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2234943 C1, 27.08.2004. RU 2097072 C1, 27.11.1997. RU 2191488 C1, 20.10.2002. EP 11414 B1, 20.07.1983. US 6212255 B1, 03.04.2001. JP 2011050526 A, 17.03.2011.

Адрес для переписки:

620016, г.Екатеринбург, ул. Амундсена, 106,  
Институт электрофизики УрО РАН,  
патентная группа

(72) Автор(ы):

Соковнин Сергей Юрьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Учреждение Российской академии наук  
Институт электрофизики Уральского  
отделения РАН (ИЭФ УрО РАН) (RU)

## (54) УСТАНОВКА ДЛЯ РАДИАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ КРОВИ НАНОСЕКУНДНЫМ РЕНТГЕНОВСКИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

(57) Реферат:

Изобретение относится к медицинской технике, в частности к рентгенотехнике, а именно к способам облучения биологических объектов, в частности крови и ее компонентов, ионизирующим излучением. Установка для радиационной обработки крови рентгеновским излучением содержит камеру облучения с биологической защитой для размещения крови, генератор рентгеновского излучения, детектор рентгеновского излучения и пульт управления для установки требуемой для облучения

поглощенной дозы. Генератор рентгеновского излучения выполнен в виде наносекундного частотного ускорителя электронов с полупроводниковым прерывателем тока и вакуумным диодом с металлокерамическим катодом, а детектор рентгеновского излучения выполнен с возможностью измерения поглощенной дозы импульсного рентгеновского излучения. Применение изобретения позволит повысить скорость набора дозы в сочетании с относительно невысокой энергией квантов.



Изобретение относится к области медицины и рентгенотехники, а именно к способам облучения биологических объектов, в частности крови и ее компонентов, ионизирующим излучением.

5 Сущность изобретения заключается в том, что биологические объекты, в частности кровь и ее компоненты, облучаются импульсным рентгеновским излучением, генерируемым наносекундным частотным ускорителем электронов с полупроводниковым прерывателем тока и вакуумным диодом с металлокерамическим катодом.

10 Облучение крови применяется в случаях, когда необходимо произвести переливание крови для того, чтобы удалить из переливаемого материала любые возможные чужеродные клетки.

Реципиенты интенсивной химиотерапии, иммуносупрессивной терапии и, особенно, аллогенных трансплантаций гемопоэтических стволовых клеток в течение нескольких 15 месяцев страдают от жесточайшего клеточного иммунодефицита, в значительной степени обуславливающего их жизненный прогноз.

Одной из серьезных опасностей для этой группы больных является развитие посттранфузионной реакции "трансплантат-против-хозяина". Это стопроцентно 20 летальное осложнение является результатом агрессии жизнеспособных лимфоцитов, контаминирующих тромбоцитную взвесь, эритроцитную массу и гранулоцитарную взвесь, против органов и тканей реципиента. Единственным методом борьбы с данным осложнением является облучение препаратов крови. Помимо реципиентов трансплантации гемопоэтических стволовых клеток, облучение препаратов крови 25 необходимо также для детей, получающих иммуносупрессивную терапию, а также трансфузии от родителей и других родственников. В развитых странах облучение клеточных препаратов крови является обязательным вообще перед любой трансфузией у детей.

30 Отраслевой классификатор "Консервированная кровь человека и ее компоненты", утвержденный приказом Минздрава России 31 января 2002 г. (№25), предусматривает изготовление 18 трансфузионных сред, подвергаемых облучению с целью обеспложивания Т-лимфоцитов и профилактики развития болезни "трансплантат против хозяина" [4]:

35 Известно изобретение [1]. Сущность изобретения заключается в том, что биологические объекты, в частности кровь и ее компоненты, облучаются импульсным рентгеновским излучением, при этом поглощенная в воздухе доза вблизи выходного 40 окна облучателя составляет 1-5 Гр за импульс. Необходимая для подавления лимфоидных клеток доза (12-20 Гр) достигается в пятне диаметром 12 см на расстоянии 5 см от окна за 16 мин при работе облучателя с частотой 0,5 Гц. Способ реализуется с помощью малогабаритного импульсного ускорителя АРСА, разработанного во Всероссийском научно-исследовательском институте 45 экспериментальной физики Министерства Российской Федерации по атомной энергии. Длительность импульса рентгеновского излучения на полувысоте 10 нс, средняя энергия в спектре 130 кэВ, доза в воздухе вблизи выходного окна 5 Гр. К недостаткам данного ускорителя можно отнести высокую энергию ускоренных электронов - 1 МэВ [2], что существенно усложняет создание биологической защиты, а также низкую 50 частоту работы ускорителя.

Ближайшим аналогом изобретения (прототип) является установка RADGIL производства компании "GILARDONI S.p.A.", Италия [3], которая используется для облучения компонентов крови рентгеновскими лучами. Для облучения материала в



дозе 30 Гр при фокусном расстоянии 30 см время облучения составляет приблизительно 30 минут, при фокусном расстоянии 40 см - около 45 минут, при мощности 5,5 кВт. Установка RADGIL не требует создания специальных защищенных помещений, т.к. содержит встроенную биологическую защиту - свинец 12 мм.

Основная проблема при создании подобных установок состоит в том, что используются рентгеновские трубки постоянного тока с накаливаемыми катодами, работающие в высоком вакууме. Эти трубки обладают относительно небольшим ресурсом и требуют замены после нескольких тысяч часов работы. При этом ремонт этих трубок невозможен, а стоимость составляет десятки тысяч евро. Кроме того, используемые высоковольтные источники питания рентгеновских трубок обладают большим весом и стоимостью.

Технической задачей, решаемой в данном изобретении, было создание рентгеновского облучателя, сочетающего относительно невысокую энергию квантов, высокую скорость набора дозы, невысокую цену и хорошую ремонтпригодность.

В настоящее время разработаны наносекундные импульсно-периодические ускорители электронов [5] и генераторы рентгеновского излучения с полупроводниковым прерывателем тока [6], которые имеют существенно меньшие габариты и стоимость (примерно в два раза), чем ускорители и генераторы постоянного тока. Кроме того, в вакуумных диодах и рентгеновских трубках этих установок можно использовать ненакаливаемые катоды большого размера, в том числе металлокерамические [7]. С одной стороны, это позволяет использовать относительно низкий вакуум и перейти к разборным откачиваемым конструкциям вакуумных диодов, что дает возможность восстанавливать ресурс катодов. С другой стороны, большой размер катода позволяет реализовать выгодные геометрии облучения пакетов с кровью, в том числе облучение с двух сторон, что поможет уменьшить неоднородность набора дозы и избежать вредного переоблучения других компонентов крови.

Решением поставленной задачи было то, что биологические объекты, в частности кровь и ее компоненты, облучаются импульсным рентгеновским излучением, генерируемым наносекундным частотным ускорителем электронов с полупроводниковым прерывателем тока и вакуумным диодом с металлокерамическим катодом большого размера.

Установка для радиационной обработки крови содержит генератор рентгеновского излучения, который выполнен в виде наносекундного частотного ускорителя электронов с полупроводниковым прерывателем тока и вакуумным диодом с металлокерамическим катодом, камеру облучения с биологической защитой для размещения крови, детектор рентгеновского излучения выполнен с возможностью измерения поглощенной дозы импульсного рентгеновского излучения и пульт управления для установки требуемой для облучения поглощенной дозы.

Чем созданное изобретение лучше прототипа...

Большой размер катода позволяет получать равномерное поле рентгеновского излучения, необходимое для однородного облучения стандартного пакета с кровью (размером около  $150 \times 150 \text{ мм}^2$ ) без отдаления на фокусное расстояние 30-40 см, как в прототипе. Это существенно улучшает использование формируемого рентгеновского излучения, снижает энергозатраты и время облучения. Кроме того, вакуумный диод такого ускорителя работает при невысоком вакууме - не лучше  $10^{-2}$  Па, имеет разборное исполнение и может легко быть отремонтирован путем замены катода или другого комплектующего.

Установка работает следующим образом. В камеру облучения помещается пакет с кровью, на пульте управления устанавливается требуемая для облучения поглощенная доза и включается ускоритель. Происходит облучение пакета, при этом детектор измеряет величину получаемой дозы. Когда требуемая величина дозы достигается, ускоритель отключается.

Пример конкретного выполнения более подробно с указанием улучшенных характеристик...

Работа установки была проверена экспериментально, при этом в качестве ускорителя использовался ускоритель УРТ-0,2 [5], который в режиме генератора рентгеновского излучения, при длине катода 200 мм, создает на расстоянии 5 см дозу 70,5 мкГр за импульс. Это позволяет при работе на частоте 250 Гц набирать требуемую дозу 30 Гр за 28 минут при потребляемой энергии около 3 кВт. При возможной модернизации ускорителя с увеличением частоты работы до 500 Гц и ускоряющего напряжения до 250-300 кВ, время облучения не будет превышать 10 мин, при энергопотреблении не более, чем у прототипа. Для измерений поглощенной дозы был использован дозиметр типа ДКС-АТ1123.

#### Литература

1. Патент РФ 2097072.
2. Н.И.Терентьев // ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИЗЛУЧЕНИЯ УСКОРИТЕЛЯ АРСА ВБЛИЗИ ВЫХОДНОГО ОКНА / ВАНТ, серия: «физика радиационного воздействия на радиоэлектронную аппаратуру». 2010. В 3. С.101-103.
3. <http://www.gilardoni.it>.
4. <http://www.ital-rentgen.ru>.
5. С.Ю.Соковнин / Наносекундные ускорители электронов и радиационные технологии на их основе. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 225 с. ISBN 5-7691-1840-7.
6. Рукин С.Н. Генераторы мощных наносекундных импульсов с полупроводниковыми прерывателями тока // ПТЭ. 1999. №4. С.5-36.
7. Патент РФ №2191488, кл. 7 H05H 5/02, H01J 1/30.

#### Формула изобретения

Установка для радиационной обработки крови рентгеновским излучением, содержащая камеру облучения с биологической защитой для размещения крови, генератор рентгеновского излучения, выполненный с возможностью облучения крови, размещенной в камере облучения, детектор рентгеновского излучения, выполненный с возможностью измерения поглощенной дозы рентгеновского излучения, и пульт управления для установки требуемой для облучения поглощенной дозы, отличающаяся тем, что генератор рентгеновского излучения выполнен в виде наносекундного частотного ускорителя электронов с полупроводниковым прерывателем тока и вакуумным диодом с металлокерамическим катодом, а детектор рентгеновского излучения выполнен с возможностью измерения поглощенной дозы импульсного рентгеновского излучения.