



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 293 893**

51 Int. Cl.:
H01J 47/02 (2006.01)
G01T 1/185 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **00907589 .6**
86 Fecha de presentación : **18.02.2000**
87 Número de publicación de la solicitud: **1153413**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **14.11.2001**

54 Título: **Cámara de ionización para haces de iones.**

30 Prioridad: **19.02.1999 DE 199 07 207**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.04.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.04.2008

73 Titular/es:
Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH
Planckstrasse 1
64291 Darmstadt, DE

72 Inventor/es: **Stelzer, Herbert y**
Voss, Bernd

74 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Cámara de ionización para haces de iones.

5 La invención se refiere a una cámara de ionización para haces de iones de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

10 Tales cámaras de ionización se conocen también como tubos de recuento de iones a partir del estado de la técnica. La carcasa de la cámara se forma habitualmente por un tubo, en el que una de las dos secciones extremas del tubo sirve como ventana de entrada del haz y el otro extremo del tubo sirve como ventana de salida del haz. El tubo está relleno con un gas de recuento a presión reducida y presenta un cátodo de alta tensión cilíndrico, que está dispuesto coaxial y aislado de la pared del tubo en el tubo de recuento. En el centro del tubo se encuentra un ánodo de alta tensión cilíndrico, que está aislado del cátodo de alta tensión y del tubo circundante. Entre el cátodo de alta tensión y el ánodo de alta tensión se aplica una tensión para el funcionamiento de la cámara de ionización y se mide la corriente entre el
15 cátodo y el ánodo. Si se conducen partículas cargadas como iones a través de la cámara de ionización o se capturan desde la cámara de ionización, entonces se eleva la corriente entre el cátodo y el ánodo en función del número de los iones, que pasan a través de la cámara de ionización. Las cámaras de ionización cilíndricas más complejas presentan una pluralidad de ánodos alineados axialmente, para medir, por ejemplo, el recorrido de una partícula cargada o de un ion a través de una cámara de ionización en forma de tubo con ánodos distribuidos sobre la sección transversal en
20 dirección axial.

Tales cámaras de ionización cilíndricas tienen el inconveniente de una extensión axial grande y de una estructura relativamente compleja de los ánodos de recuento. Además, la necesidad de espacio de tales cámaras de ionización en la dirección de la propagación de un rayo es relativamente grande. El espacio disponible en la salida del haz en una sala de tratamiento de pacientes está, sin embargo, estrechamente limitada. Además, en tales sistemas terapéuticos, en los
25 que un haz de iones es escaneado sobre toda la extensión de un tejido de tumor, debe estar disponible una cámara de ionización, que adopta medidas no conocidas hasta ahora en la dilatación transversal y en la dilatación longitudinal. En general, todas las mediciones en el haz deben realizarse delante del paciente en el modo de transmisión. En este caso, hay que evitar necesariamente un empeoramiento de la calidad del haz, como por ejemplo a través de fragmentación del proyectil y dispersión del ángulo de las partículas del haz.
30

El cometido de la invención es, por lo tanto, indicar una cámara de ionización para haces de iones, que soluciona los inconvenientes de las cámaras de ionización conocidas hasta ahora, que es adecuada para la supervisión y control de la radiación de un paciente en el marco de una terapia de tumor con iones pesados, que están concentrados con alta
35 energía en un haz de lápiz, que presenta dimensiones reducidas del detector en la dirección del haz, que posibilita una alta seguridad, especialmente con respecto a la formación de plasma y de chispas y que se puede emplear en el campo médico.

40 Este cometido se soluciona con el objeto de la reivindicación 1.

A tal fin, la cámara de ionización para haces de iones está constituida por una carcasa de cámara, una ventana de entrada del haz y una ventana de salida del haz, un volumen de la cámara relleno con gas de recuento y por un ánodo de alta tensión y un cátodo de alta tensión. La cámara de ionización está constituida plana y en forma de sándwich por estructuras en forma de placas de superficies grandes de estos componentes, que están alineados ortogonalmente
45 al eje del haz de iones. En este caso, un ánodo de recuento en forma de placa, alineado ortogonalmente, de superficie grande, dispuesto en el centro, está rodeado por ambos lados por un cátodo de alta tensión en forma de placas de superficie grande, que está constituido por dos placas de cátodos paralelas. La carcasa de la cámara está constituida por un bastidor de carcasa, que enmarca de forma casi cuadrada el volumen de la cámara de ionización, y sobre el que están colocadas de forma hermética al gas la ventana de entrada del haz y la ventana de la salida del haz.
50 Un dispositivo de este tipo tiene la ventana de una elevada facilidad de mantenimiento, puesto que la construcción de placas se puede extraer desde el bastidor de la carcasa a través de simple desmontaje o extracción de diferentes estructuras de placas y se puede sustituir. Las placas se pueden sustituir fácilmente y se pueden conservar en reserva en número de piezas correspondiente. La estructura de placas posibilita también una fabricación en masa de piezas individuales y de cámaras de ionización acabadas.
55

En una forma de realización preferida de la invención, el gas de recuento es una mezcla de argón o criptón y dióxido de carbono, que presenta con preferencia una relación entre la mezcla y el volumen de gas de 4 : 1, que está adaptada al haz de iones con respecto a la energía y la intensidad y se introduce en la cámara de ionización. Un gas de recuento compuestos de esta manera tiene, frente a las cámaras de ionización cilíndricas llenas de aire habituales, la
60 ventaja de una elevada capacidad de reproducción de las mediciones, puesto que aquí la humedad del aire no influye sobre la sensibilidad de la cámara de ionización. Con un gas de recuento de este tipo se asegura una relación entre señal y ruido buena y se pone a disposición una zona dinámicas alta en las tasas de las partículas. Además, con el gas de recuento preferido se asegura una resistencia al impacto suficiente.

65 Un gas de recuento de este tipo es con preferencia de la máxima pureza, puesto que la sensibilidad de la señal es influenciada negativamente en su altura y su desarrollo debido a las impurezas. Además, con preferencia, dentro del volumen de la cámara para los elementos individuales de la placa y otros elementos de protección y de aislamiento

ES 2 293 893 T3

así como para los agregados auxiliares y sensores se emplean materiales no gaseosos o se introducen elementos y componentes gaseosos en la resina epóxido.

En otra forma de realización preferida, la cámara de ionización presenta sensores, que están montados en orificios de paso cerrados a prueba de gas en el bastidor de la carcasa y que miden la presión del gas de recuento y la temperatura del gas de recuento. La cámara de ionización es accionada con sobrepresión ligera frente al aire ambiental, con lo que se dificulta de una manera ventajosa una penetración de gases extraños. A tal fin, el tamaño del reflujo de gas desde las cámaras es supervisado a través de una instalación de detección en la zona de salida de gas de recuento o bien en la salida. A través de la medición de la presión del gas y de la temperatura del gas se puede supervisar de una manera más ventajosa la densidad del gas, que entra directamente en la determinación del número de partículas del haz de iones y, en caso necesario, se puede mantener constante.

La ventana de entrada del haz y la ventana de salida del haz, que son esencialmente cuadradas, están constituidas esencialmente por láminas de plástico no polarizables resistentes a la radiación. Estas láminas están fijadas en bastidores metálicos en forma de placa, que cierran, por su parte, por medio de juntas tóricas en el bastidor de la carcasa el volumen de la cámara de ionización de forma hermética al gas hacia la ventana de entrada del haz y la ventana de salida del haz. La estructura hermética al gas mantiene las contaminaciones alejadas del gas de recuento y se reduce al mínimo el intercambio de gas del volumen de la cámara con el medio ambiente debido a difusión, también cuando las cámaras de ionización no están en servicio.

La ventana de entrada del haz y la ventana de salida del haz presentan con preferencia láminas de poliimida o de poliéster, con lo que va unida la ventaja de que se exponen exclusivamente materiales resistentes a la radiación y no polarizables al haz de iones y, se reduce al mínimo la repercusión sobre el haz de iones y la intensidad del haz de iones.

En otra forma de realización preferida de la invención, la ventana de entrada del haz y la ventana de salida del haz están metalizadas hacia el volumen de la cámara de ionización. Con una metalización de la ventana de entrada del haz y de la ventana de salida del haz se impide una carga de la ventana y, por lo tanto, una falsificación de los valores de medición, puesto que las cargas se pueden derivar directamente a través de la metalización de las ventanas y a través del marco de las ventanas hasta la carcasa de la cámara de ionización. La carcasa de la cámara de ionización está, por lo tanto, puesta a tierra.

Tales metalizaciones se pueden realizar a través de aluminización o a través de plaquado de níquel de uno de los lados de la ventana de entrada del haz o de la ventana de salida del haz. Tales láminas metalizadas con aluminio presentan una capa conductora para evitar densidades de campo eléctrico altas como puntos de activación de descargas de gas, de manera que se reduce al mínimo la aparición de descargas de gas. Además, las láminas metalizadas forman una superficie lisa, que sirve de la misma manera para evitar densidades de campo eléctrico altas a partir de puntos de activación de descargas de gas.

El ánodo de recuento en forma de placa de superficie grande y el cátodo de alta tensión en forma de placa de superficie grande están constituidos con preferencia por un tejido, que está empotrado en un bastidor, que se apoya, aislado eléctricamente, en un bastidor de la carcasa. En este caso, unos elementos distanciadores aislantes de electricidad definen la distancia entre el ánodo de recuento y el electrodo de alta tensión. El empleo de tejido en lugar de láminas para el ánodo y el cátodo tiene la ventaja de que se puede trabajar con una tensión previa mecánica mayor para los planos de detectores de material de tejido. En este caso, se mejora la uniformidad de la señal sobre el lugar y sobre la dilatación de la lámina del detector de la cámara de ionización, lo que repercute de una manera ventajosa especialmente con secciones transversales relativamente grandes de la cámara en las zonas marginales del volumen activo de las cámaras.

Frente a las láminas de superficies grandes como superficies de ánodos de recuento o de superficies de cátodos de recuento, los tejidos tienen la ventaja de que presentan, en virtud de la posibilidad de tensión previa más elevada, una flexión más reducida especialmente en el caso de que se aplique alta tensión. Una flexión de este tipo es provocada a través de la atracción electrostática mutua de las láminas extendidas paralelas entre sí o bien de los electrodos del tejido extendidos paralelos entre sí. Sin embargo, en el caso de empleo de tejidos, la distancia de los electrodos entre sí se mantiene relativamente constante, sobre todo en el centro, de manera que las densidades de campo se pueden mantener localmente constantes de una manera ventajosa.

En lugar de un tejido de fibras metálicas se empela con preferencia para el ánodo de recuento en forma de placa de superficie grande y para el cátodo de alta tensión en forma de placa de superficie grande un tejido de fibras de plástico recubiertas de metal. Un tejido de este tipo de fibras compuestas de recubrimiento de plástico y de metal tiene la ventaja de que, con un peso más reducido, se puede cargar con tensiones previas más elevadas y presenta un índice de carga nuclear reducido para los hilos de soporte. A través del recubrimiento metálico se realiza la función de los electrodos y a través del núcleo de plástico de las fibras se consigue una capacidad de carga mecánica alta, que es, por su parte, una condición previa para una tensión previa mecánica grande de los electrodos de placas de alta tensión.

El cátodo de alta tensión en forma de placa de superficie grande y el ánodo de recuento en forma de placa de superficie grande están constituidos de una manera preferida de tejido de plástico recubierto con níquel o de tejido de poliéster recubierto con níquel. Este material compuesto no sólo tiene la ventaja de que su porción de plástico está

constituida por materiales resistentes a la radiación y no polarizados, sino que garantiza también una superficie lisa, que permite la alta densidad de campo eléctrico, sin que se provoquen descargas de gas.

El gas de recuento es alimentado, en una forma de realización preferida, en la zona más baja con relación a la fuerza de la gravedad del volumen de la cámara de ionización y se descarga en la zona más alta. A tal fin, el bastidor de la carcasa de la cámara de ionización presenta un orificio de entrada de gas de recuento y un orificio de salida de gas de recuento. Con esta forma de realización preferida, se consigue de una manera ventajosa que se pueda asegurar un flujo laminar del gas de recuento a través de la cámara de ionización sobre el orificio de entrada de gas de recuento y sobre el orificio de salida de gas de recuento. En el interior de la cámara se conduce el gas de recuento con preferencia a través de tubos de acero noble con taladros de entrada y de salida variables.

Un sensor de flujo de gas está dispuesto con preferencia para la supervisión del flujo de gas de recuento fuera del volumen de la cámara de ionización, para mantener lo más pequeño posible el volumen de la cámara. Además de la simple supervisión del flujo de gas de recuento, se puede llevar a cabo también una regulación del gas de recuento con la ayuda de sensores de flujo de gas de este tipo en colaboración con sensores de presión y sensores de temperatura.

De una manera preferida, el ánodo de recuento central y el cátodo de alta tensión respectivo están dispuestos a una distancia de 3 a 13 mm, especialmente de 5 mm, entre sí y se pueden accionar a altas tensiones sobre 1.500 V. A tal fin, los electrodos en forma de placa deben aislarse por medio de piezas aislantes, como el bastidor, las piezas distanciadoras, masas de encolado y masas de relleno unos de otros, donde estas piezas aislantes poseen valores de resistencia eléctrica alta en el volumen y en la superficie entre 10^{12} y $10^{14} \Omega/\text{cm}^3$ o bien 10^{16} y $10^{18} \Omega/\text{cm}^3$. De esta manera se reducen de una forma ventajosa las corrientes de fuga o las corrientes parásitas, que falsificarían en otro caso la medición y empeorarían la sensibilidad de todo el sistema.

En otra forma de realización preferida, la cámara de ionización se configura en un sistema de cámaras de ionización para haces de iones. A tal fin, se disponen varias cámaras de ionización del tipo acorde con la invención unas detrás de otras en la dirección del haz y se emplean para formar un sistema para la supervisión de la intensidad de un haz terapéutico de iones de pesados. En virtud de las altas normas de seguridad, que deben cumplirse en los haces terapéuticos, se disponen al menos dos cámaras de ionización en la dirección del haz de ionización en serie unas detrás de otras para la supervisión de las dosis individuales de un elemento de volumen y de la dosis de capa de una capa escaneada y se emplean para la supervisión independiente de una dosis general de un ciclo de tratamiento de una manera independiente de la cámara de ionización para la supervisión de la dosis individual y de la dosis de capa.

En virtud del tipo de construcción plano de una cámara de ionización individual, este sistema de cámara de ionización tiene la ventaja de que presenta la necesidad de espacio mínimo en la dirección del haz, mientras que se extiende transversalmente al haz sobre toda la superficie de exploración. Puesto que con un escáner reticular, el haz de iones explora el volumen de destino por elementos de volumen y por capas, se supervisa de una manera ventajosa con una primera cámara de ionización en el sistema de cámaras de ionización la dosis individual por elemento de volumen y a través de la suma de todas las dosis individuales de una capa explorada se supervisa la dosis de la capa. Una segunda cámara de ionización independiente de la primera cámara de ionización puede supervisar de una manera ventajosa la dosis total de un ciclo de tratamiento. En lugar de las dos cámaras de ionización preferidas se pueden conectar también tres cámaras de ionización unas detrás de otras, que supervisan entonces en cada caso la dosis individual de un elemento del volumen, la dosis de capa de una capa explorada y la dosis total de un ciclo de tratamiento.

En otra forma de realización preferida, la primera y la segunda cámaras de ionización supervisan la dosis de píxeles y la dosis de capa. La segunda cámara de ionización supervisa de esta manera la primera cámara de ionización. Una tercera cámara de ionización está conectada en otra electrónica y supervisa valores integrales, para determinar si no se alcanza una dosis máxima en el plan de tratamiento.

Para la elevación de la seguridad, se puede medirla dosis individual para un elemento de volumen en la primera y en la segunda cámara de ionización de un sistema de cámaras de ionización, que comprende tres cámaras de ionización y se comparan los resultados de la primera y de la segunda cámaras de ionización, de manera que en el caso de una desviación de los datos de medición de la primera y de la segunda cámara de ionización más allá de una zona de tolerancia predeterminada, se puede activar una desconexión rápida del sistema terapéutico de iones. Una comparación de este tipo eleva la seguridad funcional de la primera y de la segunda cámaras de ionización. De la misma manera, se puede medir y comparar la dosis de capa de una capa a irradiar (llamada también capa de radiación) con la segunda y la tercera cámaras de ionización del sistema de cámaras de ionización con tres cámaras de ionización, de manera que en el caso de que se exceda una zona de tolerancia predeterminada de los resultados de la medición de la segunda y de la tercera cámaras de ionización, se puede activar una desconexión de seguridad del sistema terapéutico de haces de iones.

Un dispositivo para la supervisión de un haz de iones pesados con cámaras de ionización de acuerdo con la invención o con el sistema de cámaras de ionización de acuerdo con la invención presenta las siguientes características:

- a) medios para la medición de la dosis de intensidad de un elemento de volumen de radiación de un retículo de radiación planificado para una capa de radiación por medio de una primera cámara de ionización,

- b) medios para la supervisión del valor medido de la dosis de intensidad de un elemento de volumen de radiación a través de una segunda cámara de ionización dispuestas en serie detrás de la primera cámara de ionización,
- 5 c) medios para la comparación del valor de medición de la primera cámara de ionización con el valor de supervisión de la segunda cámara de ionización y liberación para la radiación del siguiente elemento del volumen de radiación de un retículo de radiación planificado de una capa de radiación en el caso de coincidencia con una amplitud predeterminada del valor teórico de la intensidad de la radiación de los dos valores,
- 10 d) medios para la desconexión de emergencia del tratamiento de radiación en el caso de que se exceda la amplitud de los valores teóricos predeterminados y regulación posterior de la intensidad en el caso de que no se alcance la amplitud predeterminada del valor teórico,
- 15 e) medios para la repetición de las etapas para las capas de tratamiento planificadas siguientes, hasta que se ha explorado el volumen de tejido a irradiar,
- f) medios para la integración de todas las dosis de radiación medidas de los valores de supervisión en una tercera cámara de ionización, que está dispuesta en serie detrás de la primera y de la segunda cámaras de ionización, para la supervisión de la carga total de radiación de un volumen de tejido durante un ciclo de tratamiento.
- 20

Con este dispositivo se mide de una manera ventajosa el número de las partículas o iones pesados, que se extraen por segundo desde un acelerador y se emplean como haz de iones para la terapia del tumor. El número de las partículas está sometido a fuertes oscilaciones temporales y, por lo tanto, debe medirse en tiempo real directamente con estas
25 cámaras de ionización durante la radiación. La corriente, que se mide en la salida de las cámaras, es proporcional a la corriente de haces de iones manteniendo la energía de las partículas. Con corrientes típicas del haz del acelerador, las corrientes, que proceden desde las cámaras de ionización, están en el intervalo de μA .

La velocidad de reacción de las cámaras de ionización se limita a través del tiempo de desviación de las moléculas ionizadas del gas de recuento en la cámara de ionización y tiene una constante de retardo en el orden de magnitud de aproximadamente $10 \mu s$. Una electrónica de medición convierte la corriente que procede desde la cámara de ionización en una frecuencia proporcional de impulsos. A tal fin, se generan a partir de la señal de la corriente señales de tensión y a través de una conversión de la frecuencia de la amplitud se forman a partir de la señal de la tensión unos impulsos, cuya frecuencia es proporcional a la tensión. De acuerdo con ello, un impulso corresponde a una carga determinada,
35 que ha sido generada en la cámara de ionización, siendo generada ésta por un índice de partículas determinado del haz de iones. El número de los impulsos es, por lo tanto, proporcional al número de los iones, que fluyen a través de la cámara de ionización.

Por lo tanto, con el dispositivo se pueden supervisar de una manera ventajosa la dosis de intensidad de un elemento de volumen de radiación, la dosis de intensidad de toda la capa de radiación y, por último, la dosis de intensidad de un ciclo de tratamiento completo. El dispositivo contiene también una redundancia relevante para la seguridad, siendo medidas en la práctica en dos cámaras de ionización tanto la dosis de intensidad de un elemento de volumen de radiación como también la dosis de intensidad de una capa de radiación y siendo comparados los valores medidos directamente entre sí, de manera que en el caso de desviaciones no tolerables, se puede provocar una desconexión de
45 emergencia de la instalación. También es posible montar en cada una de las tres cámaras de ionización una electrónica de suma, de manera que todas las tres cámaras de ionización pueden supervisar al mismo tiempo y en paralelo la dosis total de un ciclo de radiación de un volumen de radiación. De esta manera, se consigue a través de las cámaras de ionización de acuerdo con la invención y especialmente a través de l sistema de cámaras de ionización de tres cámaras de haces de iones dispuestas unas detrás de otras en la dirección del haz de iones una seguridad y una fiabilidad
50 máximas posibles durante la radiación de un volumen de tumor con haces de iones.

En un desarrollo preferido, se realiza la función de supervisión de la primera y de la segunda cámaras de ionización por una única cámara de ionización. De esta manera, se reduce, en efecto, la redundancia de la supervisión de la intensidad, pero se reduce de una manera ventajosa la necesidad de espacio para el sistema de detector en forma de
55 cámaras de ionización.

Otras ventajas, características y posibilidades de aplicación de la invención se explican en detalle ahora con la ayuda de ejemplos de realización con referencia a los dibujos adjuntos.

60 La figura 1 muestra una estructura de principio en vista en perspectiva de una forma de realización preferida de la cámara de ionización de acuerdo con la invención.

La figura 2 muestra una sección transversal esquemática de la forma de realización preferida según la figura 1.

65 La figura 3 muestra la homogeneidad del comportamiento de reacción local de una forma de realización de la cámara de ionización de acuerdo con la invención en dirección-Y.

ES 2 293 893 T3

La figura 4 muestra la homogeneidad del comportamiento de reacción de una forma de realización de la cámara de ionización de acuerdo con la invención.

La figura 5 muestra la estructura de principio de un sistema de cámaras de ionización en la sección transversal.

La figura 1 muestra una estructura de principio en vista en perspectiva de una forma de realización preferida de la cámara de ionización 8 de acuerdo con la invención. La cámara de ionización de placas 8 paralelas mostrada aquí sirve para la supervisión y control de la radiación del paciente en el marco de la terapia de tumor con iones pesados. Está constituida esencialmente por una carcasa de cámara 2, una ventana de entrada del haz 3 y una ventana de salida del haz 4, por un volumen de la cámara 5 lleno con gas de recuento, por un ánodo de alta tensión 6 y por un cátodo de alta tensión 7, que está dispuesto a ambos lados del ánodo de alta tensión 6. La cámara de ionización está pensada para el sector médico y está constituida en forma de sándwich plana por estructuras en forma de placas de superficies grandes de los componentes individuales, que están alineados ortogonalmente al haz de iones 1. A los componentes pertenece un ánodo de recuento 9 en forma de placa de superficie grande, dispuesto en el centro, alineado ortogonalmente, que está rodeado por un cátodo de alta tensión 7 en forma de placa de superficie grande, que está constituido por dos placas de cátodos paralelas 10. La carcasa de la cámara 2 está constituida esencialmente por un bastidor de carcasa 11, que enmarca un volumen de cámara de ionización cuadrada 12 y sobre el que están colocadas de una manera hermética al gas la ventana de entrada de haz 3 y la ventana de salida del haz 4. Una cámara de ionización 8 de este tipo debe presentar en el sector médico una alta seguridad, una alta fiabilidad y una facilidad de mantenimiento grande. Por lo tanto, la presente forma de realización cumple las siguientes condiciones y requerimientos básicos, siendo decisivos para esta forma de realización los siguientes parámetros de la radiación:

Tipos de haces:	Protones, carbono, oxígeno	$^{13}\text{C}^{6+}$ (preferente)
- Energía	80 ... 430 MeV/u	en 253 etapas
- Foco:	4 ... 10 mm	en 4 a 7 etapas
- Intensidad:	$2 \cdot 10^6 - 4 \cdot 10^{19}$ partículas/ extracción	en 10 a 20 etapas
Geometría de la radiación:	200 x 200 mm ²	en el plano del isocentro
Tiempos característicos:	1 – 10 s	tiempo de extracción del haz de iones
	2 – 4 s	pausa del haz
	$\geq 1000 \mu\text{s}$	por punto de radiación de un elemento del volumen
	$< 1000 \mu\text{s}$	para la irrupción del haz
	100 μs - 250 μs	por medición de la posición
	10 μs - 15 μs	por medición de la intensidad

Durante una fase de extracción de aproximadamente 2 s, los iones de carbono extraídos desde un sistema acelerador de iones, como un sincrotrón de iones pesados, fluyen a través de la cámara de ionización y emite, al chocar con el gas de recuento, una parte de su energía cinética a este gas de recuento. Una parte de esta energía conduce a la generación de parejas de electrón - ion. El número de las parejas de electrón - ion es proporcional a la cantidad de los iones en circulación de la corriente de iones. Las cargas generadas de esta manera en el volumen de la cámara de ionización activa 12 son separadas en un campo eléctrico aplicado y son registradas y evaluadas por la electrónica de medición siguiente. A tal fin, la zona activa está constituida solamente por los espacios entre los electrodos. Solamente de registran y se miden las cargas generadas allí. Las cargas generadas en las zonas entre electrodos y ventanas de las cámaras son aspiradas sobre los planos de alta tensión 7 o bien sobre las ventanas 3, 4 y de esta manera no contribuyen a la formación de la señal. Se excluyen de la medición, puesto que en estas zonas las inhomogeneidades de campo condicionadas por la geometría no permiten mediciones representativas de la intensidad.

En un sistema de cámaras de ionización 30 de tres cámaras de ionización 22, 23 y 24 se lleva a cabo la evaluación en dos de estas cámaras de ionización 22 y 23 cada 12 μ s. A través de una comparación de estos valores con los valores teóricos calculados previamente en el marco de una planificación de la radiación, esta información sirve para la regulación de la velocidad de exploración de un escáner reticular en el lugar de tratamiento. La tercera cámara de ionización 24 mostrada en la figura 5 es del mismo tipo de construcción y sirve para la determinación del número total de partículas para una etapa de isoenergía, es decir, para una capa de radiación, así como para toda la dosis de radiación de un ciclo de radiación para un volumen de tumor. A través de la supervisión de estos valores integrales, a saber, de la capa de radiación y del volumen de radiación se consigue una seguridad adicional para la exploración del volumen del tumor en el paciente.

A través del aparato de exploración, un escáner, se cubre en el lugar de las cámaras de ionización 22, 23, 24 una zona de aproximadamente 190 x 190 mm². Por lo tanto, las cámaras de ionización 22, 23, 24 de esta forma de realización preferida presentan una sección transversal activa grande con una anchura de la abertura para la ventana de entrada del haz 3 y para la ventana de la salida del haz 4 de 210 x 210 mm². A través del empleo de materiales con módulo de elasticidad relativamente alto se pueden dominar con ventaja estas dimensiones especialmente en la estructura del contador.

Las cámaras de ionización 8, 22, 23, 24 están configuradas en cada caso como jaula de Faraday, con lo que se evitan de una manera ventajosa las dispersiones electromagnéticas. En el cableado de los electrodos de alta tensión 6 y 7 en forma de placas de superficie grande se evitan con la construcción los bucles de toma de tierra fuera de las cámaras de ionización, para reducir al mínimo las dispersiones electromagnéticas.

El bastidor de la carcasa 11 de la cámara de ionización 8 está constituido en esta forma de realización por un material macizo de aluminio, los marcos de las ventanas 18 están constituidos por acero noble y las láminas de la ventana de entrada del haz 3 y de la ventana de salida del haz 4 están constituidas por láminas de plástico metalizadas de aproximadamente 25 μ m de espesor, que están encoladas de forma conductora de electricidad en el marco 18 de las ventanas. Todas las partes conductoras, que no conducen tensiones eléctricas, están puestas a tierra en el centro a través de la conexión de puesta a tierra 25. En la medida de lo posible, para los materiales, a través de los cuales debe pasar el haz de iones 1 en el volumen de la cámara de ionización activa 12, se emplean materiales con índices de carga nuclear bajo, con preferencia plásticos de hidrógeno y carbono y con un espesor lo más reducido posible y, por lo tanto, con una ocupación de masa en la trayectoria propiamente dicha de los haces de iones. Esto tiene la ventaja de que se reduce al mínimo un empeoramiento de la calidad del haz a través de estos materiales, como por ejemplo debido a la fragmentación del proyectil y a la dispersión angular de las partículas de haz. Además, para tales materiales solamente se han empleado en esta forma de realización materiales resistentes a la radiación y no polarizables.

Las partes aislantes, que se muestran en la figura 2, como el bastidor 20 del ánodo de recuento 6 y del cátodo de alta tensión 7 así como los elementos distanciadores entre este bastidor y las masas adhesivas y las masas de relleno presentan un valor de resistencia eléctrica alta en el volumen y en la superficie entre 10^{12} y 10^{14} Ω/cm^3 o bien 10^{16} y 10^{18} Ω/cm^3 . Esta alta resistencia de la superficie y del volumen tiene la ventaja de la reducción de las corrientes oscuras, que falsificarían las mediciones y empeorarían la sensibilidad de todo el sistema.

Las partes conductoras están equipadas, en esta forma de realización con superficies lisas, con lo que se evitan de una manera ventajosa densidades de campo eléctrico altas como puntos de activación de descargas de gas. Las láminas para la ventana de entrada del haz 3 y para la ventana de salida del haz 4 están metalizadas, por lo tanto, con aluminio y el ánodo de alta tensión 6 o bien el ánodo de recuento 9 y el cátodo de alta tensión 7 o bien las placas de cátodos de alta tensión 10 están fabricados, por lo tanto, de tejido con un índice de malla alto y están recubiertos con níquel, para realizar también aquí superficies relativamente lisas.

La figura 2 muestra una sección transversal esquemática de la forma de realización preferida de acuerdo con la figura 1. De acuerdo con la geometría plana de la radiación, la cámara de ionización 8, como se muestra en la vista en perspectiva de la figura 1, está configurada como cámara de ionización de placas paralelas 8, 22, 23, 24. La cámara de ionización 8, como se muestra en la figura 2, tiene una estructura simétrica de su ánodo de recuento 9 entre dos placas de cátodos de alta tensión 10 con una distancia de 5 mm, respectivamente, en la dirección del haz. Esto garantiza de una manera ventajosa una definición exacta del volumen activo. Además, con el mismo tiempo de desviación de las parejas de electrón y ion, la señal y, por lo tanto, también la relación entre la señal y el ruido tienen de una manera más ventajosa doble tamaño que en el caso de una estructura no simétrica de dos láminas, por ejemplo. La zona inactiva

ES 2 293 893 T3

y, por lo tanto, muerta de la cámara de ionización tiene entre 8 y 22 mm en la dirección del haz, de manera que en la dirección del haz existe una extensión total de la cámara de ionización 8 entre 18 y 32 mm en esta forma de realización.

Los ánodos de recuento 9, los elementos distanciadores 21 y los planos de los cátodos de alta tensión 10 están alineados entre sí, con el fin de conseguir una definición exacta del volumen activo 12. A tal fin, se disponen estos planos paralelos al plano y perpendiculares al haz de iones 1 por medio de puntos de suspensión comunes, de tolerancias estrechas, de los planos en la dirección del haz a través de piezas distanciadoras correspondientes.

Las corrientes de fuga inevitables entre las partes conductoras de alta tensión, como las placas de cátodos 10 y el ánodo de recuento 9, se mantienen alejadas de los electrodos de las señales y desviadas a través de electrodos de protección de puesta a tierra.

Para la realización de los planos de las cámaras, como las placas de cátodos 10 y el ánodo de recuento 9, se ha empelado en esta forma de realización un tejido de poliéster recubierto con níquel. De esta manera se consigue una alta resistencia de los planos de las cámaras, especialmente de los electrodos de las cámaras, contra densidades de ionización grandes debido a las altas densidades de las partículas y a las altas tasas de las partículas en el haz de iones 1 durante la extracción desde un sincrotrón.

El tejido de poliéster recubierto de níquel de los electrodos está constituido de una manera preferida por un tejido impreso con tamiz de seda con un espesor de las fibras de 38 μm , una distancia entre las fibras de 54 μm y una superficie abierta de 34,45%. En este caso, el espesor de las fibras de compone de un núcleo de poliéster de 36 μm con un recubrimiento de níquel de 1 μm de espesor. El espesor medio del tejido de poliéster recubierto de níquel tiene 62 μm y el alcance máximo equivalente de las partículas de haz de carbono en este tejido tiene aproximadamente 100 μm .

Tanto el empleo de tejido en sí como también la selección de poliéster como soporte y de níquel como material de recubrimiento ofrecen ventajas, que se describen a continuación.

Por una parte, en caso de utilización de planos de tejido frente a láminas, se obtienen las siguientes ventajas:

- a) La configuración de los planos de detección implicados en la formación de la señal de material de tejido permite una tensión previa mecánica mayor de más de 10 Ncm frente a los planos de láminas.
- b) De esta manera, se mejora la uniformidad de la señal sobre el lugar, lo que repercute de forma positiva especialmente en las secciones transversales relativamente grandes de las cámaras en las zonas marginales del volumen activo de la cámara de ionización 8.

La figura 3 muestra a tal fin la homogeneidad del comportamiento de reacción local de una forma de realización de la cámara de ionización 8 de acuerdo con la invención en dirección-Y y la figura 4 muestra a tal fin la homogeneidad del comportamiento de reacción local de una forma de realización de la cámara de ionización 8 de acuerdo con la invención en dirección-X.

En las figuras 3 y 4 se representa sobre la abscisa la distancia respectiva en mm desde el centro de la cámara de ionización 8 y sobre la ordenada se muestra la altura de la señal relativa alcanzada en %. La línea de puntos en la zona superior de las figuras 3 y 4 simboliza el tejido recubierto con níquel de los electrodos 26 y 27, que se extiende entre el bastidor 20, que presenta una anchura interior w de 210 mm. Se puede reconocer claramente que sobre una anchura de volumen activa b de 190 mm, el comportamiento de reacción local de la cámara, es decir, la señal, es extraordinariamente homogéneo, y solamente hacia el borde, es decir, hacia el bastidor de empotramiento del tejido 26 y 26 cae de forma empinada. Esta uniformidad y homogeneidad de la señal se aprecia especialmente con valores absolutos grandes de la alta tensión aplicada, en los que las cámaras de ionización con láminas tienden ya a una flexión apreciable de los planos debido a la atracción electrostática mutua. Debido a la tensión previa mecánica elevada del tejido en sus bastidores 20, la flexión de tales electrodos es menor que en los electrodos de láminas. Especialmente porque apenas se reduce la distancia de los electrodos entre sí en el centro frente a los electrodos de láminas y, por lo tanto, en los electrodos de tejido las densidades de campo se mantienen localmente constantes.

La provocación de chispas especialmente en el punto de flexión máxima en el centro de la cámara de ionización 8 se desplaza hacia altas tensiones mayores, en las que se podría producir una destrucción de la metalización en el caso de cámaras de láminas dentro de un tiempo mínimo.

Esto tiene comparativamente la ventaja de tensiones de funcionamiento máximas más elevadas de las cámaras de tejido de aproximadamente 1.900 V frente a las cámaras de tejido con la misma distancia entre los electrodos de láminas de aproximadamente 1.000 V. Tales tensiones de funcionamiento más elevadas repercuten de una manera favorable sobre el comportamiento de acumulación de carga de la cámara de ionización 8, puesto que se acortan los tiempos de desviación, con lo que se posibilita de una manera ventajosa un tiempo de respuesta/reacción reducido de todo el sistema. esta ventaja es importante sobre todo por razones de seguridad, para las que se requiere una interrupción rápida de la extracción en caso de fallo.

Por otro lado, a través de la tensión mecánica más elevada y la masa mayor de los electrodos de tejido en esta forma de realización preferida, se desplaza la frecuencia propia de la cámara de ionización 8 hacia frecuencias más elevadas. En las cámaras de ionización con electrodos de tejido de esta forma de realización está aproximadamente en 500 Hz. Esta frecuencia alta es esencialmente más favorable que en las cámaras de ionización con electrodos de láminas, en las que ya las vibraciones mínimas debidas a locución alta o a oscilaciones inevitables del sonido corporal a través de las bombas de vacío pueden conducir a una falsificación parcialmente considerable de la señal de medición.

De esta manera, a través de los electrodos de tejido de esta forma de realización preferida de la invención se evita el efecto de microfonía por otro lado perturbador en las cámaras de ionización 8, 22, 23, 24.

Otra ventaja de los electrodos de tejido reside en la permeabilidad al gas de esta construcción. De esta manera se mejora considerablemente el flujo laminar del gas de recuento a través y entre los planos de alta tensión y los planos de la señal, lo que sirve de la misma manera para la estabilidad de larga duración. Además de estas ventajas, el empleo de tejidos de poliéster metalizados frente a tejidos de metales macizos ofrece la ventaja de una influencia más reducida sobre el haz, puesto que debido al índice de carga nuclear menor del material compuesto y a la ocupación de masa más reducida en el centro, se producen menos productos secundarios o fragmentos durante el paso del haz de iones a través del tejido y también se reduce la dispersión angular, lo que reduce la carga de tejido sano durante una radiación del tumor o durante una terapia del tumor.

En virtud del punto de fusión alto y de la adherencia característica de una metalización de níquel, el tejido recubierto con níquel tiene, además, la ventaja de mayor seguridad funcional, puesto que el daño a través de las chispas ocasionales aparece menor que en el caso de un recubrimiento de aluminio. De esta manera, también la buena resistencia química del recubrimiento de níquel reduce los efectos de envejecimiento debido a los gases de recuento craqueados, como se producen en la activación de descargas de gas. De este modo, la resistencia química del níquel o del recubrimiento de níquel conduce a la elevación de la duración de uso o duración de vida útil de los electrodos de tejido empleados y, por lo tanto, a la elevación de la duración de vida útil de las cámaras de ionización.

El tejido de impresión con tamiz de seda empleado en esta forma de realización es de coste extraordinariamente favorable frente a los tejidos metálicos, por ejemplo de titanio. Además, los tejidos de impresión con tamiz de seda presentan una calidad constante, lo que representa de la misma manera una gran ventaja para la fabricación de cámaras de ionización 8, 22, 23, 24.

La figura 5 muestra la estructura de principio de un sistema de cámaras de ionización 30 en la sección transversal. Este sistema de cámaras de ionización 30 está compuesto por tres cámaras de ionización 22, 23 y 24, colocadas unas detrás de las otras en la dirección de un haz de iones 1, que corresponden a las cámaras de ionización 8 representadas en las figuras 1 y 2. Con estas tres cámaras de ionización 22, 23 y 24 independientes entre sí se consigue una redundancia necesaria según la técnica de seguridad de la medición de la corriente del haz.

El lugar disponible en la salida del haz en un espacio de radiación delante de un paciente es estrechamente reducido. Por lo tanto, estas cámaras de ionización 22, 23, 24 están instaladas estrechas en la dirección del haz (con 35 mm de profundidad, respectivamente) y en una estructura compacta. El sistema de cámaras de ionización 30 está montado sobre una placa de base común colocada lateralmente, no mostrada, de manera que la placa de base no cubre la superficie del detector o bien la ventana de entrada del haz 3 o la ventana de salida del haz 4.

Sobre la placa de base común se pueden sustituir de forma separada las cámaras de ionización 8, 22, 23, 24. Para la alineación sobre el centro del haz, se hacen coincidir las fisuras iniciales centrales en el bastidor respectivo de la carcasa 11 y sobre las ventanas de las cámaras de ionización 22, 23 y 24 con el sistema de coordenadas reproducido por un sistema de laboratorio en el espacio de radiación médica. En este caso, se coloca el sistema de cámaras de ionización 30 como un conjunto por medio de tornillos de ajuste aislantes en la placa de base. La exactitud alcanzable en este caso es ± 1 mm.

En cada cámara de aislamiento 8, 22, 23, 24 están dispuestos unos dispositivos de ajuste, que garantizan una reproducción del ajuste después de una eventual ampliación de cámaras de ionización 22, 23, 24 individuales. Cada una de las cámaras de ionización 22, 23 y 24 presenta en dos lugares unas piezas roscadas de latón encoladas de forma conductora con una resistencia de paso menor que 3Ω . Por medio de estas piezas roscadas de latón se garantiza una buena puesta a tierra de todo el sistema.

La alimentación de alta tensión de los cátodos de alta tensión 7 dispuestos de forma simétrica es conducida a través de aberturas de alta tensión 32 correspondientes en el bastidor de la carcasa 11, en los cátodos de alta tensión 7, que están dispuestos como placas de cátodos 10 simétricamente al ánodo de recuento 9 del volumen de la cámara de ionización activa 12. La supervisión de la alta tensión a través del elemento sensor 39 descrito a continuación incluye también la determinación de una rotura del cable dentro de la cámara a través de la medición de la resistencia de paso entre las conexiones 11 y el divisor de la tensión (no representado) en el plano 10. La alta tensión se estabiliza a través de un elemento de filtro 31 con condensador tampón 33, 34, como se muestra en las figuras 1, 2 y 5, estando dispuesto el elemento de filtro 31 en la cámara de ionización 8, 22, 23, 24. Con este elemento de filtro 31 en la cámara de ionización 8, 22, 23, 24 se evitan de una manera ventajosa las oscilaciones de la señal y las falsificaciones del valor de medición debido a las oscilaciones de las tensiones de funcionamiento en el caso de altas corrientes de medición.

ES 2 293 893 T3

La resistencia de salida de la alimentación de alta tensión es típicamente 10 M Ω . La constante de tiempo de la combinación del aparato de alta tensión más el cable más la cámara de ionización está en el orden de magnitud de 1 ms, que es esencialmente más largo que la constante de tiempo típica de la infraestructura de extracción, que está formada, por ejemplo, por un sincrotrón de algunos 100 μ s. Como carga acumulada aparecen en 1 ms aproximadamente 10⁻⁸ As. Con una caída máxima de la tensión por debajo de 1 V en el condensador tampón 33, 34, es suficiente la capacidad de 10 nF. En las formas de realización preferidas de las figuras 1, 2 y 3, están dispuestos condensadores de alta tensión con 50 nF como condensadores tampón 33, 34. Adicionalmente, la cámara de ionización 8, 22, 23, 24 de la forma de realización según las figuras 1, 2 y 5 presenta en el volumen de la cámara 5 un filtro T 35, que está constituido por dos resistencias 36, 37 de 1 M Ω cada uno y un condensador 38, por ejemplo, de 1,2 nF. Este filtro F 35 tiene la ventaja de que mantiene las dispersiones de zumbidos alejadas de los electrodos de alta tensión a través de tamices.

Para la medición y supervisión de la alta tensión se realiza la alta tensión a través de un divisor de tensión fijo de alta tensión con relación de división fija (por ejemplo 1 : 1000) en la forma de realización de acuerdo con las figuras 1, 2 y 5. La medición de la tensión de funcionamiento se realiza directamente en el cátodo de alta tensión 7 por medio de un sensor de alta tensión 39. La supervisión de la alta tensión por medio del sensor 39 se emplea con preferencia para la supervisión de la eficiencia de acumulación de la carga de la cámara de ionización 8, 22, 23, 24, puesto que de la altura de la tensión de funcionamiento depende el índice de partículas del haz registrado.

En las formas de realización según las figuras 1, 2 y 3, la cámara de ionización 8, 22, 23, 24 presenta una alimentación de gas especial con gas de recuento de calidad y composición constantes. Frente a un relleno de aire, que influye, en virtud de la humedad del aire, sobre la sensibilidad de una cámara de ionización y que reduce la capacidad de reproducción de las mediciones, se emplea aquí como gas de recuento una mezcla de gas seco. Como gas de recuento o gas de la cámara se utiliza en esta forma de realización según las figuras 1, 2 y 5 un argón o una mezcla de criptón y CO₂ 80/20%. Esta mezcla de gas tiene la ventaja de que presenta un valor W suficiente como gas de recuento. Este valor W de esta mezcla de gas es suficientemente bajo para la consecución de señales suficiente con tasas de partículas pequeñas (por ejemplo, mínimo 10⁶ T/s) y para una buena relación entre la señal y el ruido así como suficientemente alto para la cobertura de una zona dinámica mayor en las tasas de partículas (por ejemplo factor 100, es decir, máximo 10⁸ T/s).

El volumen de la cámara 5 está cerrado de forma hermética frente al medio ambiente, de manera que el gas de recuento se puede mantener puro debido a la sensibilidad de la señal frente a la contaminación. Por lo tanto, también cuando no se utiliza, no puede tener lugar un intercambio de gas debido a la difusión con el medio ambiente o sólo en una medida mínima. La obturación hermética del volumen de la cámara 5 se consigue por medio de juntas tóricas 19 de la ventana de entrada del haz 3 y de la ventana de salida del haz 4 frente al bastidor de la carcasa 11.

Además, en el bastidor de la carcasa 11 están previstas conducciones de gas de cierre automático, a prueba de confusión en los orificios de entrada de gas de recuento 13 y en los orificios de salida de gas de recuento 14 así como están incorporados orificios de paso eléctricos herméticos 32 y orificios de paso 45 para la instalación de detección en el bastidor de la carcasa 11. Las láminas de ventana 40 de la ventana de entrada del haz 3 y de la ventana de salida del haz 4 están encoladas de forma hermética al gas en el marco 18 de las ventanas. Para todos los componentes, que se emplean en el volumen de las cámaras 5, se utilizan materiales no gaseosos.

El orificio de entrada del gas de recuento 13 está dispuesto en la parte inferior con respecto a la fuerza de la gravedad y el orificio de salida del gas de recuento 14 está dispuesto de una manera correspondiente en la parte superior. Además, las cámaras de ionización 8, 22, 23, 24 presentan tubos con taladros de diferente diámetro, de manera que en colaboración de estos taladros en la disposición del orificio de entrada del gas de recuento 13 y del orificio de salida del gas de recuento 14 se puede garantizar un flujo laminar entre los planos de detección. Un flujo laminar suficiente del gas de recuento de más de dos l/h a través de las cámaras de ionización tiene la ventaja de conseguir valores de medición reproducibles y estables a largo plazo. Puesto que la densidad de la mezcla de gas utilizada es más alta que la del aire normal, la disposición especial del orificio de entrada del gas de recuento 13 y del orificio de salida del gas de recuento 14 es importante, además, para la consecución de un flujo laminar, puesto que en otro caso los colchones de aire no eliminables impedirían un flujo laminar y reducirían la pureza del gas de recuento.

Para dificultar una contaminación del gas de recuento a través de la penetración de gases extraños, se accionan las cámaras de ionización 8, 22, 23, 24 con sobrepresión reducida frente al aire ambiental. La magnitud del reflujo de gas desde las cámaras de ionización 8, 22, 23, 24 es supervisada por medio de un sensor en la salida, de manera que se pueden determinar las fugas.

En las cámaras de ionización 8, 22, 23, 24 están incorporados en el volumen de la cámara 5 unos sensores para la presión del gas 15 y para la temperatura del gas 16. A partir de estos valores de medición se puede determinar directamente la densidad del gas, que entra de nuevo en el valor del índice de partículas del haz. A través del sensor para la presión del gas 15 y del sensor para la temperatura 16 se puede supervisar de esta manera el llenado en las cámaras de ionización 8, 22, 23, 24 con gas de recuento y se puede mantener constante o bien se puede tener en cuenta en el cálculo durante la evaluación.

REIVINDICACIONES

1. Cámara de ionización para haces de iones (1) con una carcasa de cámara (2), con una ventana de entrada de haces (3), con un volumen de cámara (5) relleno de gas de recuento, con un ánodo de alta tensión (6) y con un cátodo de alta tensión (7), en la que la cámara de ionización (8) está constituida en forma de sándwich a partir de estructuras planas de superficies grandes de los componentes anteriores, que están alineados ortogonalmente al eje del haz de iones, en la que un ánodo de recuento (9) plano de superficie grande, alineado ortogonalmente, dispuesto en el centro está rodeado por ambos lados por un cátodo de alta tensión (7) plano de superficie grande, que está constituido por dos superficies paralelas de cátodos (10) y la carcasa de la cámara (2) está constituida por un bastidor de carcasa (11), que enmarca de forma casi cuadrada un volumen de la cámara de ionización (12), **caracterizada** porque una ventana de entrada del haz (3) y una ventana de salida del haz (4) están colocadas en alineación ortogonal con respecto al haz de iones (1) de forma hermética al gas y de forma conductora de electricidad sobre el bastidor de la carcasa (11), en la que la ventana de entrada del haz (3) y la ventana de salida del haz (4) están metalizadas hacia el volumen de la cámara de ionización (12) y en la que el ánodo de recuento (9) y el cátodo de alta tensión (7) están constituidos por un tejido que presenta fibras de plástico recubiertas de metal y están empotrados en bastidores (20), que se apoyan, aislados eléctricamente, en el bastidor de la carcasa (11), en la que unos elementos distanciadores (21) aislantes de electricidad definen la distancia entre el ánodo de recuento (9) y el cátodo de alta tensión (7).

2. Cámara de ionización de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque el gas de recuento está constituido por una mezcla de gas de argón o criptón y dióxido de carbono, con preferencia en una relación de mezcla y del volumen de la cámara de gas de 4 : 1.

3. Cámara de ionización de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **caracterizada** porque el bastidor de la carcasa (11) presenta un orificio de entrada de gas de recuento (13) de efecto hermético propio y un orificio de salida de gas de recuento (14) de efecto hermético propio.

4. Cámara de ionización de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque la cámara de ionización (8) presenta sensores (15, 16), que están montados en orificios (17) cerrados de forma hermética al gas en el bastidor de la carcasa (11), para la presión del gas de recuento (15) y/o para la temperatura del gas de recuento (16) y/o la alta tensión (39).

5. Cámara de ionización de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque la ventana de entrada del haz (3) y la ventana de salida del haz (4) están constituidas por láminas de plástico resistentes a la radiación, no polarizadas, que están fijadas en bastidores (18) metálicos, en forma de placas, que cierran, por su parte, por medio de juntas tóricas (19) en el bastidor de la carcasa (11) el volumen de la cámara de ionización de forma hermética al gas hacia la ventana de entrada del haz (3) y hacia la ventana de salida del haz (4).

6. Cámara de ionización de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque la ventana de entrada del haz (3) y la ventana de salida del haz (4) presentan láminas de poliimida o láminas de poliéster.

7. Cámara de ionización de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque la ventana de entrada del haz (3) y la ventana de salida del haz (4) están aluminizadas hacia el volumen de la cámara de ionización (12) y están plakeadas con níquel.

8. Cámara de ionización de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque el ánodo de recuento (9) y el cátodo de alta tensión (7) están constituidos por tejido de plástico recubierto con níquel, con preferencia por tejido de poliéster recubierto con níquel.

9. Cámara de ionización de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque a través de orificios (13, 14) en el bastidor de la carcasa se puede alimentar el gas de recuento en la zona inferior con respecto a la fuerza de la gravedad del volumen de la cámara de ionización y se puede descargar en la zona superior.

10. Cámara de ionización de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque un sensor del flujo de gas para la supervisión del flujo de gas de recuento está dispuesto fuera del volumen de la cámara de ionización (12).

11. Cámara de ionización de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque la cámara de ionización (1) se puede accionar a una distancia de 5 mm entre el cátodo de alta tensión (7) y el ánodo de recuento central (9) con una tensión alta sobre 1.500 V, en virtud de la distancia entre el cátodo de alta tensión (7) y el ánodo de recuento central (9) así como en virtud de la composición del gas de recuento, que está formado por una mezcla de argón/dióxido de carbono o criptón/dióxido de carbono en la relación 80 : 20%.

12. Sistema de cámaras de ionización para haces de iones que está constituido por varias cámaras de ionización (22, 23, 24) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el sistema se puede aplicar para la supervisión de la intensidad de un haz de iones pesados, en el que al menos dos cámaras de ionización (22, 24) están dispuestas en la dirección del haz de iones en serie una detrás de otra para la supervisión de la dosis individual de un elemento de volumen y de la dosis de capa de una capa explorada, así como para la supervisión de una dosis

ES 2 293 893 T3

general de un ciclo de tratamiento de una manera independiente de la cámara de ionización para la supervisión de la dosis individual y de la dosis de capa.

13. Dispositivo para la supervisión de la intensidad de un haz terapéutico de iones pesados con cámaras de ionización de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, con:

- a) medios para la medición de la dosis de intensidad de un elemento de volumen de radiación de un retículo de radiación planificado para una capa de radiación por medio de una primera cámara de ionización (22),
- b) medios para la supervisión del valor medido de la dosis de intensidad de un elemento de volumen de radiación a través de una segunda cámara de ionización (23) dispuesta en serie detrás de la primera cámara de ionización,
- c) medios para la comparación del valor de medición de la primera cámara de ionización con el valor de supervisión de la segunda cámara de ionización y liberación para la radiación del siguiente elemento del volumen de radiación de un retículo de radiación planificado de una capa de radiación en el caso de coincidencia con una amplitud predeterminada del valor teórico de la intensidad de la radiación de los dos valores,
- d) medios para la desconexión de emergencia del tratamiento de radiación en el caso de que se exceda la amplitud de los valores teóricos predeterminados y regulación posterior de la intensidad en el caso de que no se alcance la amplitud predeterminada del valor teórico,
- e) medios para la repetición de las etapas para las capas de tratamiento planificadas siguientes, hasta que se ha explorado el volumen de tejido a irradiar,
- f) medios para la integración de todas las dosis de radiación medidas de los valores de supervisión en una tercera cámara de ionización (24), que está dispuesta en serie detrás de la primera y de la segunda cámaras de ionización, para la supervisión de la carga total de radiación de un volumen de tejido durante un ciclo de tratamiento.

14. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado** porque la función de supervisión de la primera (22) y de la segunda cámara de ionización (23) se realiza desde una única cámara de ionización.

15. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 13 ó 14, **caracterizado** porque el dispositivo está configurado para la supervisión de intensidades de iones para haces de iones con iones más pesados que protones.

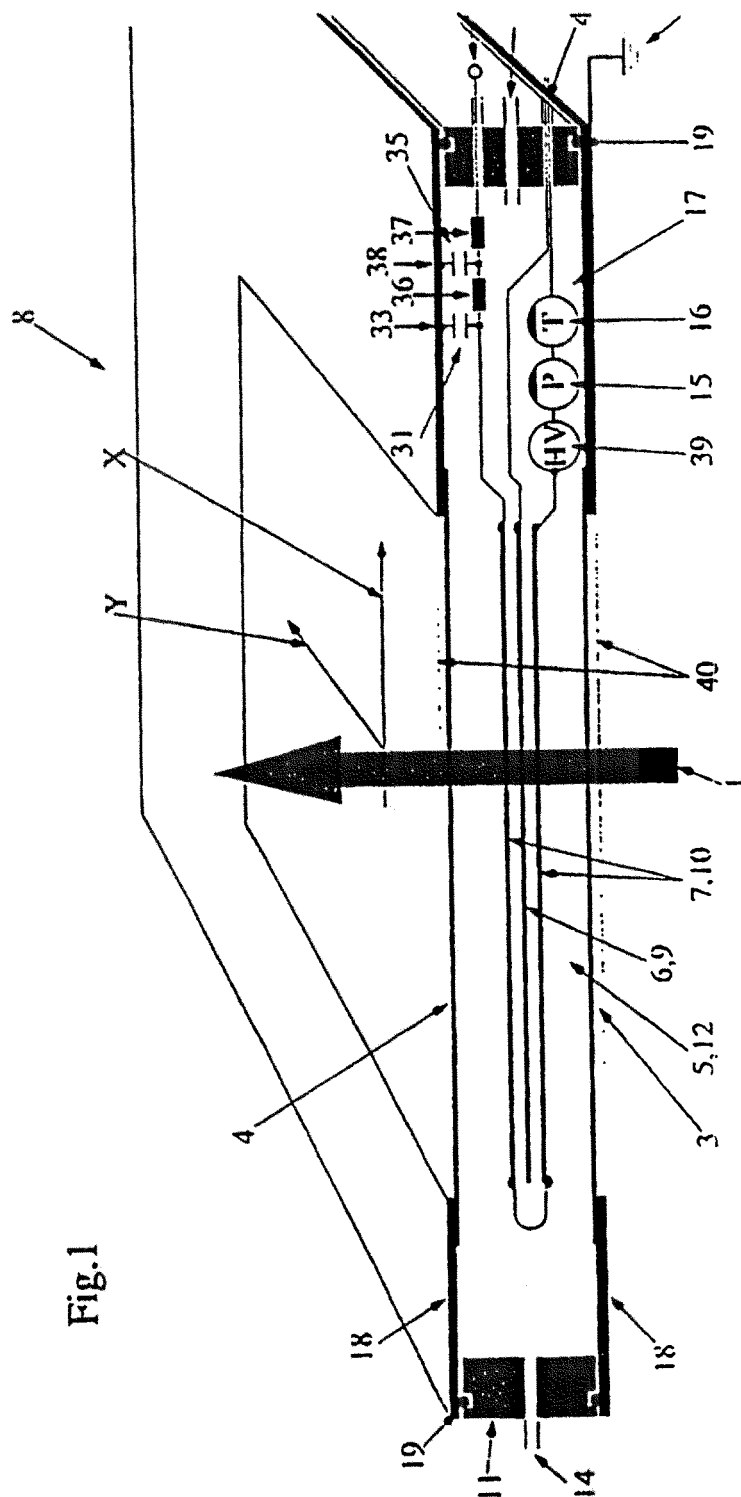


Fig.2

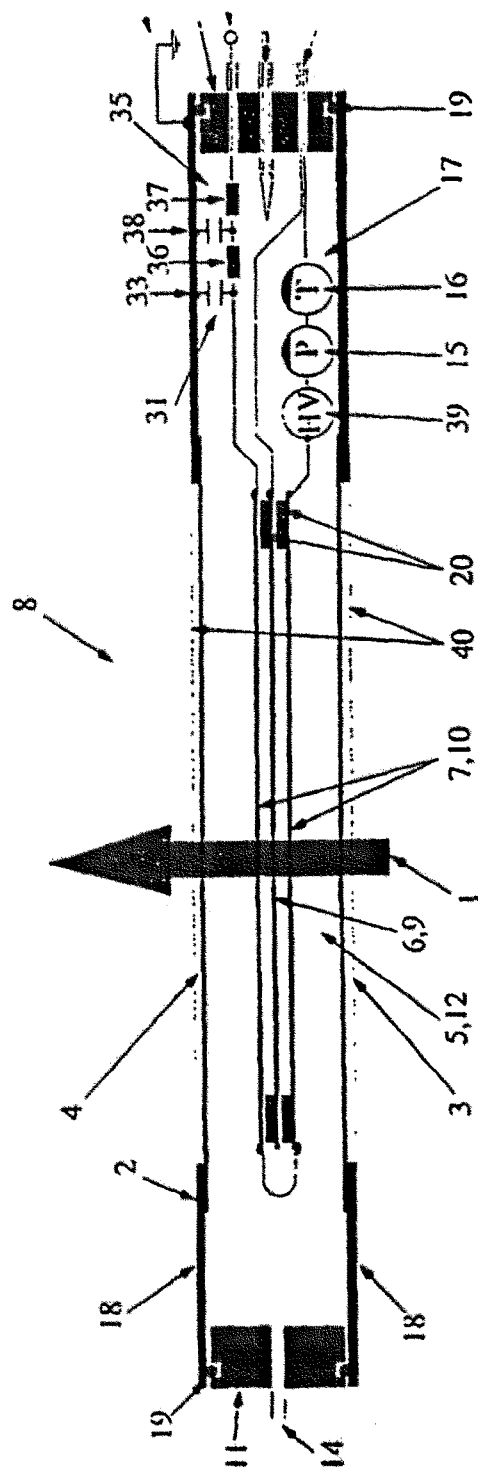


Fig.3

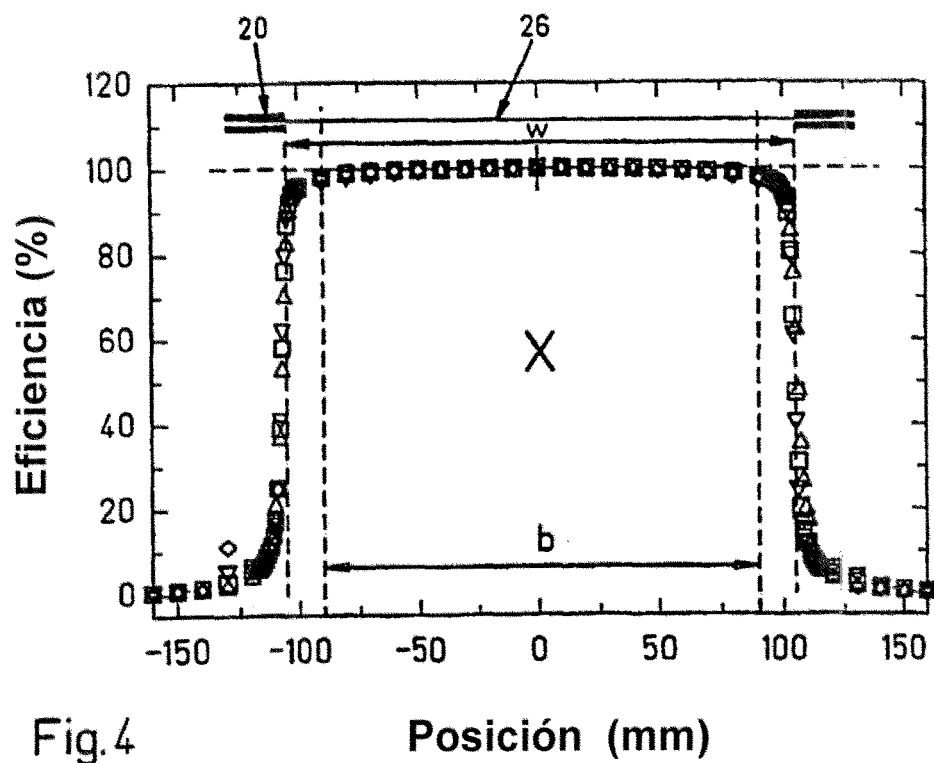


Fig.4

