



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 275 644**

51 Int. Cl.:

**A61N 5/10** (2006.01)

**G21K 5/04** (2006.01)

**H05H 7/22** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **01830747 .0**

86 Fecha de presentación : **06.12.2001**

87 Número de publicación de la solicitud: **1317944**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **11.06.2003**

54

Título: **Aparato para la terapia de radiación intraoperativa para la aceleración lineal de electrones.**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.06.2007**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.06.2007**

73

Titular/es: **HITESYS S.p.A.**  
**Via Dell'Industria, 1/A**  
**04011 Aprilia, Latina, IT**

72

Inventor/es: **Venier, Luigi;**  
**Santoni, Felice y**  
**Sagripanti, Alberto**

74

Agente: **No consta**

**ES 2 275 644 T3**

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).

# ES 2 275 644 T3

## DESCRIPCIÓN

Aparato para la terapia de radiación intraoperativa para la aceleración lineal de electrones.

5 La presente invención hace referencia a las innovaciones tecnológicas del “Aparato para la aceleración lineal de electrones, particularmente para la terapia de radiación intraoperativa” que Hitesys S.p.a. presentó (cuya patente nº 01281184, otorgada en Italia a fecha de 17.02.1998, y US-A-5635721, otorgada en Estados Unidos el 03.06.1997, y la solicitud de la Oficina Europea de Patentes EP-A-0702 982).

10 La presente invención y las patentes mencionadas y nombradas son aplicadas a la terapia de radiación intraoperativa que es un método terapéutico utilizado para tratar neoplasias profundas y que consiste en entregar una única dosis intensa de radiación sobre una masa tumoral, impidiendo que la dosis afecte a los tejidos sanos que la rodean. Utilizando la presente invención, entregando la dosis de radiación directamente sobre el tumor o sobre el residuo tumoral macroscópico o microscópico, es posible salvar los tejidos sanos peritumorales que en su lugar son afectados por la radiación en la terapia por radiación convencional con haces externos.

15 Su campo de utilización abarca desde los tumores inoperables quirúrgicamente, a los residuos tumorales después de la exéresis quirúrgica parcial, a un lecho tumoral después de una eliminación quirúrgica completa. Para una amplia gama de tumores, particularmente los que afectan al abdomen, la pelvis y el pecho, y generalmente afectando el uso de la terapia de haces de electrones ofrece una elevada versatilidad en el tratamiento de residuos tumorales después de la extracción quirúrgica así como las masas tumorales consideradas inoperables.

20 La presente invención mejora mucho las principales características de trabajo descritas en las patentes mencionadas y nombradas, cuya contribución para desarrollar la terapia de radiación intraoperativa se encuentra en investigaciones realizadas por la Sociedad solicitante, de las cuales se informa posteriormente en la presente descripción.

25 Las patentes mencionadas y nombradas pretenden eliminar muchas desventajas y/o riesgos para el usuario de los electrones acelerados linealmente, en el campo específico de la terapia de radiación intraoperativa, que:

30 -- La necesidad de transferir al paciente a un lugar distinto del quirófano provoca problemas relacionados con los riesgos de transferir el paciente bajo anestesia y al tiempo que transcurre entre la exéresis quirúrgica y la subsiguiente terapia de radiación;

35 -- La necesidad de programar estrictamente cada operación dependiendo de la disponibilidad de acceso del lugar de la terapia de radiación, y esto aumenta los requisitos de tiempo de trabajo y reduce el número de pacientes que pueden utilizar esta terapia de radiación;

40 -- El elevado coste de fabricación y la gran carga del aparato; el impedimento de colocar la cabeza de radiación en el espacio y ser movido de manera flexible, de forma que los haces de electrones traten toda la masa tumoral involucrada, independientemente de la forma irregular que pueda tener dicha masa;

45 -- La eliminación de la intensa radiación producida, que no puede confinarse con simples paneles móviles, y por lo tanto la necesidad consiguiente de lugares de trabajo muy protegidos.

50 Para la eliminación de las desventajas y/o riesgos, la patente mencionada a continuación muestra y da forma a la realización del aparato para la aceleración lineal de electrones, particularmente para la terapia de radiación intraoperativa, que:

55 - puede utilizarse directamente en el quirófano sin medidas especiales de protección contra la radiación; lo cual permite el movimiento flexible y preciso en el espacio del haz de electrones para tratar las masas tumorales teniendo formas variables y diferentes;

60 - permite proveer la sección de aceleración de electrones separadamente de la sección de generación de radiofrecuencia y control;

65 - permite conseguir un nivel muy bajo de rayos X que puede ser fácilmente protegido; lo cual permite variar espacialmente la dosis de radiación que es incidente a un área tumoral dada; teniendo un tamaño y peso moderados;

70 - evita la necesidad de dispositivos de enfoque y centrado externos para el haz de electrones emitido;

- evita eliminar el cátodo de la estructura de aceleración.

75 Todas las innovaciones de las patentes, en adelante mencionadas y nombradas, y lo que está en el campo específico de la terapia de radiación intraoperativa definen el estado de la técnica actual, encuentran en la presente invención todas las indicaciones para mejorar las características de trabajo y/o de los requisitos de trabajo en respuesta a las necesidades presentes de la terapia de radiación intraoperativa.

## ES 2 275 644 T3

Particularmente la presente invención mantiene funciones y/o la capacidad de trabajo de las patentes mencionadas y nombradas, introduciendo de todas formas algunas mejoras como resultado de las investigaciones detalladas en el campo médico.

5 En breve las mejoras hacen referencia a:

- la presencia de una protección contra la radiación debajo de la camilla de tratamiento, cuyo sistema de centrado depende de un sistema de transductores por ultrasonidos o similares;
- 10 - la nueva configuración de la estructura articulada, pretendiendo facilitar la transmisión RF (de radiofrecuencia) a la estructura de aceleración, sin introducir oposiciones mecánicas a los movimientos descendentes de la cabeza de radiación y movimientos rotatorios de todo el grupo;
- 15 - la nueva configuración de la cabeza de radiación realizando el movimiento esférico de la cabeza de radiación con su centro en el eje de la estructura de aceleración y teniendo preferiblemente una posición baricéntrica para minimizar el movimiento de inercia;
- la colocación del modulador en cualquier parte del sistema movable y de cualquier forma en el borde del sistema movable, porque la nueva configuración prevé el pasaje de la guía de ondas, que transmite la radiofrecuencia a la estructura de aceleración, dentro de la estructura del apoyo de horquilla.
- 20

Las innovaciones introducidas con la presente invención están indicadas y descritas a continuación junto con las características mantenidas, para dar prominencia a todas las características de trabajo del aparato para la terapia de radiación intraoperativa.

25

Un objetivo principal de la presente invención es por lo tanto proveer un aparato para la aceleración lineal de electrones, particularmente para la terapia de radiación intraoperativa, que pueda utilizarse directamente en el quirófano sin medidas especiales de protección contra la radiación, que, sobre la base de las técnicas descritas en la patente nombrada a continuación, introduce otros elementos técnicos más avanzados para la realización del aparato más satisfactorias para el funcionamiento, acondicionamiento, autonomía y control del proceso radioterapéutico, cualquiera que pueda ser la propuesta.

30

Dentro del ámbito de este objetivo, un objeto de la presente invención es proveer un aparato para la aceleración lineal de electrones que permita también accionar el radiocontrol de toda la estructura articulada, con el fin de gestionar conjuntamente la cabeza de radiación, pero también aumenta la comodidad fuera y dentro del quirófano, permite un movimiento mejor, más flexible y preciso en el espacio del haz de electrones sobre las masas tumorales teniendo formas variables y diferentes.

35

Otro objeto de la presente invención es proveer un aparato para la aceleración lineal de electrones alimentado por un suministro de corriente ininterrumpible, que dé a dicho aparato independencia, durante el proceso terapéutico, del suministro de potencia a una red para evitar la interferencia y/o los problemas de la red sobre las funciones de dicho aparato.

40

Otro objeto de la presente invención es proveer un aparato para la aceleración lineal de electrones teniendo el modulador de frecuencia en el brazo horizontal del soporte de la estructura articulada sujetando la cabeza de radiación, o en cualquier otra parte del sistema movable. Dicha colocación permite una mejor flexibilidad y un cierto equilibrio del aparato.

45

Otro objeto de la presente invención es proveer un aparato para la aceleración lineal de electrones teniendo un control automático de frecuencia, cuyo objeto es mantener la frecuencia de oscilación del magnetrón siempre coincidente con el de resonancia del acelerador lineal de la estructura del acelerador lineal de electrones.

50

- Otro objeto de la presente invención es proveer un aparato para la aceleración lineal de electrones, además de los descritos en las patentes mencionadas y nombradas, teniendo una estructura capaz de ofrecer un movimiento de escaneado de la cabeza de radiación y colocarla en un movimiento esférico con el centro sobre el eje de la estructura de aceleración para minimizar el movimiento de inercia;

55

Un último objeto de la presente invención es proveer un aparato barato para la aceleración lineal de electrones de alta fiabilidad y de fácil producción.

60

Este objetivo, estos objetos y otros que resultarán aparentes a continuación se consiguen mediante un aparato para la aceleración lineal de electrones, particularmente para la terapia de radiación intraoperativa, tal y como se define en la reivindicación 1.

65

Otras características y ventajas de la invención resultarán aparentes a partir de un ejemplo de realización preferido pero no exclusivo del aparato de la invención, ilustrado sólo mediante ejemplo no limitador en los dibujos que acompañan, en los que:

## ES 2 275 644 T3

La figura 1 es una vista de un tipo conocido de aparato para la aceleración lineal de electrones;

La figura 2 es una vista de la configuración de las cavidades de aceleración para un tipo conocido de aparato de aceleración;

La figura 3 es un diagrama esquemático de un tipo conocido de aparato para la aceleración lineal (patentes mencionadas y nombradas);

La figura 4 es un diagrama esquemático de un sistema de control automático de frecuencia según un tipo conocido de aparato de aceleración (patentes mencionadas y nombradas);

La figura 5 es una vista lateral elevada de un robot y de una cabeza de radiación, dicho robot y dicha cabeza siendo parte de un aparato de aceleración de un tipo conocido;

La figura 6 es una vista lateral elevada de un robot y una cabeza de radiación, dicho robot y dicha cabeza siendo parte del presente aparato de aceleración;

La figura 7 muestra el grupo de cabeza de radiación según la presente invención;

La figura 8 es un organigrama de los pasos para la caracterización del área del cuerpo de un paciente a ser tratado con el aparato de un tipo conocido (patentes mencionadas y nombradas);

La figura 9 es un organigrama de los pasos de operación para escanear radiación utilizando el aparato de un tipo conocido (patentes mencionadas y nombradas);

Con referencia a la figura 1, el aparato de aceleración conocido comprende un modulador de radiofrecuencia 1, un magnetrón 2, medios de modulación de cátodo 3, medios de circulación 4, una carga de agua refrigerante 5, una estructura de aceleración 6, un imán de enfoque 7, un imán de centrado 8, un imán deflector 9, un difusor de haces 10, un equalizador de haces 11, un aplicador de haces 12, y un colimador de haces 13.

Con referencia en su lugar a las figuras 2 y 3, está ilustrado en detalle la estructura de aceleración conocida y patentada, que está constituida por una pluralidad de cavidades de aceleración 26 (también conocidas como cavidades resonantes), dispuestas en series la una junto a la otra, por un cátodo 28 conectado a la primera cavidad de aceleración y por medios de control y procesamiento 30. Las cavidades de aceleración 26 están incluidas mediante una camisa estanca 14.

Las cavidades de aceleración 26 de la estructura de aceleración de un tipo conocido 39 están designadas para producir el autoenfoco de la radiofrecuencia a lo largo del eje X de dichas cavidades.

El autoenfoco se ha obtenido utilizando diferentes valores de longitud para la primera, segunda, tercera, cuarta y quinta cavidad de aceleración, de forma que las longitudes aumentan desde la primera cavidad a la quinta y son constantes para las subsiguientes cavidades. Particularmente, se ha descubierto que las longitudes óptimas para la primera, segunda, tercera, cuarta y quinta cavidad son 25 mm, 40 mm, 45 mm, 48 mm y 50 mm, respectivamente. La energía de los electrones y su captura también han sido tratados para la primera cavidad, en la que los electrones aún no son relativistas y los valores de  $b$  y  $r$  (parámetros de Lorenz) varían de forma apreciable.

Un cátodo 28 está colocado delante de la primera cavidad de aceleración y está suministrado por los medios de modulación de cátodo 36; una delgada lámina de titanio está dispuesta fuera de la última cavidad de aceleración para estanqueidad.

Los medios de control y procesamiento 30 comprenden: medios de suministro de potencia 31; medios de procesamiento 40, que de forma ventajosa comprenden un ordenador; el sistema refrigerante del aparato; los medios para distribuir la fuerza motriz; los dispositivos de seguridad (no mostrados).

Los medios de control y procesamiento 30 están conectados a medios de modulación 33 que comprenden medios de modulación de radiofrecuencia 34 conectados al magnetrón 35 y a los medios de modulación del cátodo 36. El magnetrón 35 está protegido de reflejos de carga accidentales por un sistema aislante de ferrita 37. Medios de guía de onda 38, constituidos convenientemente por una guía de onda flexible, conectan los medios de modulación de radiofrecuencia 33 a los medios de radiación, constituidos por una cabeza de radiación 32 que comprende una estructura de aceleración 39.

En la figura 3, el número de referencia 63 designa un área particular del cuerpo del paciente a ser tratado por radiación mediante el aparato de un tipo conocido y según la invención.

Con referencia en su lugar a la figura 4, el aparato de aceleración según la invención comprende también el autocontrol de radiofrecuencia, cuyo objeto es mantener la frecuencia de oscilación del magnetrón 35 coincidiendo con la de resonancia de la estructura de aceleración 26.

## ES 2 275 644 T3

Según un tipo conocido de aparato, de hecho, el magnetrón 35 y la estructura de aceleración 26 sufren desviaciones individuales de frecuencia en el punto de trabajo (dentro de límites), como por ejemplo la temperatura, que influye en la frecuencia de resonancia.

5 La presente invención elimina tal desventaja mediante un circuito de autocontrol de la frecuencia 40 que mantiene en paso el oscilador y la carga.

Un acoplamiento de capacidad 41, colocado en el nudo del guía de onda 38, atrae una porción de la radiofrecuencia. De hecho, la característica del punto de nudo es presentar un comportamiento del voltaje dependiendo en gran medida del tipo de carga de oscilador de acoplamiento; tal dependencia se muestra en el gráfico 44. En el eje de abscisas se realizan las frecuencias de emisión del magnetrón 35; en el medio del eje está la frecuencia de resonancia del acelerador  $f_0$ . El eje de las ordenadas representa el voltaje tomado desde el diodo unido con el acoplamiento de capacidad 41: el valor máximo del voltaje presente en la guía de onda 38, en el punto de nudo donde el acoplamiento es insertado.

15 Variando la frecuencia del magnetrón, el voltaje tomado del diodo para variar alrededor de un valor central  $V_0$ ; confrontándose después el voltaje del diodo con un voltaje igual a  $V_0$ , es posible disponer de una señal adecuada para accionar el motor en el eje Y, 42; la rotación hacia él es lo que estira para llevar  $V$  a  $V_0$  y por lo tanto la frecuencia  $f$  a  $f_0$ .

20 Después la característica peculiar del circuito de autocontrol de frecuencia analizado es hacer uso sólo de una señal tomada de la guía de onda, a diferencia del sistema conocido y de todas las demás hermanas que utilizan 2 señales.

La figura 5 es una vista lateral elevada del aparato según un tipo conocido en el que el número de referencia 50 designa una estructura de soporte fijada al suelo o descansando allí.

25 Una estructura articulada 51 es colocada en la estructura de soporte 50 y su intención es soportar y mover la cabeza de radiación 32, un diafragma 60 es aplicado a dicha cabeza de radiación en la posición donde el haz electrónico sale.

30 En detalle, la estructura articulada 51, llamada comúnmente soporte de tubo, está constituida por un robot dispuesto verticalmente comprendiendo cuatro segmentos articulados y mutuamente interconectados designados por los números de referencia 51a, 51b, 51c y 51d que permiten disponer la cabeza de radiación 32 en cualquier posición espacial.

35 Los segmentos articulados 51a, 51b, 51c y 51d están mutuamente pivotados para dar a la cabeza de radiación 32 seis grados de libertad en el espacio.

40 En particular, el segmento articulado 51a es girable alrededor del eje de rotación 52 de la estructura de soporte 50 tanto en sentido horario como antihorario; el segmento articulado 51b es girable en ambas direcciones alrededor del eje bisagra 53; el segmento 51c es girable en ambas direcciones alrededor del eje bisagra 54 así como alrededor del eje 56; y el segmento 51d es girable en ambas direcciones alrededor del eje bisagra 55.

45 El número de referencia 57 designa un poste de apoyo para la mesa de operaciones 58. Dicho poste descansa sobre una base 59 que está moderadamente protegida, respecto del suelo, sólo si el acceso a las habitaciones debajo del quirófano no está prohibido durante el uso del aparato de un tipo conocido. Dicha protección en otro caso no es necesaria.

Medios de control, comprendiendo ventajosamente un panel de botones movable 61, controlan el aparato del tipo conocido.

50 La figura 6 es una vista lateral elevada del aparato según la invención, en la que el número de referencia 50n (nuevo) designa una estructura de soporte con carro autopropulsado y radiocontrolado como los demás componentes de la estructura de soporte de la cabeza de radiación 32, que mantiene seis grados de libertad en el espacio, tal y como en la figura 5.

55 Considerando los principios de trabajo fundamentales del tipo conocido del aparato, los números de referencia previamente descritos corresponden justo a las mismas cosas, mientras que son llevados los números de referencia en cuanto a las funciones o las partes insertadas de la presente invención.

60 En cuanto a la figura 6 muestra una colocación mejor del modulador (34, 36), alojado en un contenedor metálico enteramente cerrado 64 colocado en el brazo horizontal de la estructura articulada o en cualquier otra parte del sistema movable, para la generación de la radiofrecuencia para enviar a las cavidades 26 de la estructura articulada del robot 39.

65 Además, con el número de referencia 62 se muestra la protección integrada de radiación del haz de electrones cuyo objetivo es centrar dicho haz de electrones durante la operación.

Y aún más, aunque no se muestra en la figura 6, para la mejora del objeto de la presente invención, se ha introducido un circuito termostático con un intercambio de calor aire-fluido en lugar de agua-fluido. Obviamente, el fluido utilizado para la refrigeración es sólo el del circuito shunt del aparato y no hay necesidades de toma externa.

## ES 2 275 644 T3

Después de todo eso, con referencia a la figura 6, se han mostrado los números de las partes-funciones insertadas y/o alteradas de la presente invención, conservando la numeración de las partes-funciones no alteradas, tal y como en la figura 5.

5 La figura 7 muestra la nueva configuración de la cabeza de radiación 60 como un sistema realizando dicho movimiento esférico utilizando un apoyo de horquilla esférico 71 y combinando dos movimientos de rotación con eje ortogonal incidente: rotación del apoyo de horquilla respecto del marco 72 (movimiento rotatorio del apoyo de horquilla y de la cabeza); rotación de la cabeza respecto del apoyo de horquilla 73 (movimiento descendente de la cabeza);

10 Las figuras 8 y 9 son organigramas de los pasos de operación del aparato según la invención, que están manejados por medios de procesamiento 40.

Con referencia a las figuras anteriores, la operación del aparato para la aceleración lineal de electrones según la invención es como sigue.

15 El robot carro constituido por los segmentos articulados 71, 72, 73, 74 y 75 permite orientar la cabeza de radiación 32 para dirigir el haz de electrones exactamente sobre la región donde la terapia ha de ser realizada. La posibilidad de orientar la cabeza de radiación 32 permite evitar expandir el haz y por lo tanto permite el tratamiento preciso de la región a ser irradiada, trayendo la cabeza de radiación 32 muy cerca de la región a ser irradiada. Esto, en comparación con la distancia mínima posible que puede obtenerse con los aceleradores lineales conocidos, que varía de 80 a 100 cm, permite al aparato según la invención tener una eficacia mucho mayor de la de dicha patente, ya que no hay difusión de haces y se requiere de este modo un nivel de potencia mucho menor (de 4 a 12 MeV).

20 Además, la estructura que soporta el carro autopropulsado y radiocontrolado 50n, según la invención, permite el acercamiento del aparato al poste de soporte de la mesa de operaciones 58. Movimientos que están radiocontrolados y monitorizados respecto del área tumoral del paciente que deben ser tomados por irradiación al aparato del tipo conocido y según la invención 63.

La medición continua de la posición de los varios segmentos articulados que constituyen el robot ocurre mediante un sistema sensor, (no mostrado) con el que está equipado el robot.

25 Los medios de procesamiento 40 permiten predefinir los movimientos deseados de los segmentos articulados 72, 73, 74 y 75 que constituyen el robot, y por lo tanto de la cabeza de radiación 32, de forma que dicha cabeza de radiación sigue de cerca el contorno de la región a ser irradiada; es posible además establecer las dosis deseadas de radiación para cada punto de la región a ser tratada.

Los medios de modulación generan y controlan la radiofrecuencia y alimentan al cátodo 28. La radiofrecuencia generada y autocontrolada 40 es enviada a las cavidades de aceleración mediante el guía de onda flexible 38.

30 Los electrones que se mueven a lo largo del eje de las cavidades de aceleración 26 son gradualmente acelerados por la radiofrecuencia volada dentro de cada cavidad 26 hasta que alcanzan la energía final deseada. Los electrones salen de la estructura de aceleración 32 a través de la lámina delgada de titanio 25, cuyo grosor permite pasar a los electrones a través suyo sin perder una parte apreciable de la energía que poseen.

45 El campo eléctrico de radiofrecuencia utilizado para acelerar los electrones es producido por el magnetrón 35, controlado 40, que alimenta la estructura de aceleración 32 mediante la guía de onda 38.

El modulador del cátodo 36 alimenta al cátodo y sincroniza su operación de forma que el tren de impulsos de radiofrecuencia que alimenta la estructura de aceleración 32 es equiparado por la emisión de electrones por parte del cátodo.

50 El haz de electrones es enfocado y acelerado simultáneamente en la primera cavidad con una combinación establecida de la energía de inyección del cátodo y de la longitud de la primera, segunda, tercera, cuarta y quinta cavidad, y puede pasar a través del centro de las subsiguientes cavidades de la estructura de aceleración después de la punta de la radiofrecuencia, para soportar un enfoque adicional.

El haz de electrones es impulsado, y cada impulso dura 4 microsegundos. La frecuencia de los impulsos puede ser establecida o variable permitiendo utilizar el aparato, según la presente invención, directamente dentro del quirófano sin especiales medidas protectivas contra la radiación.

60 El uso de los medios de procesamiento 40 permite utilizar el aparato según la invención para la radiación de escaneado mecánica comprende cuatro estados diferentes de operación del aparato de aceleración.

Estos cuatro estados son:

- 65
- paso de instrucción;
  - paso de aprendizaje;

## ES 2 275 644 T3

- paso de verificación;
- paso de terapia.

5 La figura 8 es un diagrama esquemático de la secuencia de pasos para definir un área a ser irradiada, que es llamada “plano fuente”, realizada por los medios de procesamiento 40; en dicha figura, después del paso inicial 100, hay un paso 110 para seleccionar el plano sobre el que el área a ser irradiada se encuentra; el paso 110 es seguido por el paso 120 para seleccionar el ángulo de inclinación de la cabeza de radiación 32 respecto del plano fuente definido; esto es seguido entonces por el paso 130 para introducir los vértices de la figura a ser irradiada, el paso 140 para trazar el  
10 perímetro de la figura para confirmación, el paso 160 para calcular los datos para la irradiación, el paso de irradiación 150, y finalmente el paso final 170.

Con referencia ahora a la figura 9, cuando el paciente está listo para la terapia de electrones (paso 200), el aparato según la invención es colocado (paso 210), abriendo la estructura articulada 51, de forma que su indicador de dirección de haz es enfocado en el centro del área a ser tratada. Este movimiento es controlado mediante el panel de botones  
15 móviles 61.

En este punto, el aparato es colocado en el estado de aprendizaje: el operador empieza a mover el haz sobre un camino que coincide con el borde de la región a ser tratada; este camino está desarrollado sobre puntos más o menos  
20 espaciados, dependiendo de la complejidad del perfil, y los medios de procesamiento 40 interpolan y conectan los varios puntos con segmentos rectos o arcos circulares.

Una vez que ha terminado el aprendizaje, el aparato es colocado en el paso de verificación, durante el cual el operador introduce (pasos 240 y 260), la dosis requerida y la correspondiente energía para cada campo y la estructura articulada 51 se mueve constantemente (pasos 250 y 270) a lo largo de los caminos correspondientes con su haz de  
25 luz.

Una vez que ha finalizado el paso de verificación, los pasos para la irradiación de los varios campos (pasos 280, 290 y 300) tienen lugar. Estos pasos de irradiación pueden ser seguidos en el monitor de los medios de procesamiento  
30 40, que muestra los datos relatados en tiempo real en el camino en progreso, el porcentaje de tratamiento realizado, la dosis entregada, y la dosis restante.

Esto es seguido por el paso final 310.

35 En el caso de la irradiación convencional, el operador, después de mover la cabeza de radiación 32 cerca del paciente, y después de establecer la dosis deseada en virtud de los medios de procesamiento 40, mueve la cabeza de radiación 32 hacia el cono del colimador que es utilizado para proteger las partes del cuerpo del paciente que no han de ser irradiadas por el haz de electrones, y empieza la radiación.

40 La separación entre la cabeza de radiación 32 y los medios de modulación 33, y su conexión mediante la guía de onda flexible 38, permiten proveer un brazo mecánico articulado 51 capaz de posicionar y mover en el espacio la estructura de aceleración 39 y la cabeza de radiación 32 con extremada precisión y de una forma muy flexible.

El control mediante un ordenador programado de forma adecuada 40 permite establecer el movimiento de la estructura articulada 51 de forma que el haz de electrones trate toda la masa tumoral, no importa lo irregular que  
45 pueda ser.

La característica auto-enfocante del haz, combinada con la forma de la estructura de aceleración 32, hace innecesario tener dispositivos auxiliares externos para regular el haz (imanes, etcétera), de esta forma permitiendo un  
50 nivel de rayos X muy bajo. Esta reducción de la radiación permite utilizar el aparato en quirófanos sin protección particular.

El uso de soldadura estanca para montar las diversas cavidades de aceleración 26 que constituyen la estructura de aceleración 32 permite eliminar la camisa estanca externa, de esta forma reduciendo el peso y el tamaño.  
55

El dispositivo concebido de este modo es susceptible de numerosas modificaciones y variaciones, todas ellas estando dentro del ámbito del concepto inventivo.

De esta forma, por ejemplo, ya que en el aparato según la invención la sección transversal del haz permanece  
60 muy pequeña, la corriente del haz debe a su vez reducirse considerablemente, so pena de arriesgar la entrega de una dosis local excesiva y por lo tanto necrotizando el tejido irradiado. La necesidad de reducir la intensidad de la corriente puede permitir eliminar el cátodo 28 de la estructura de aceleración 39 en virtud del fenómeno conocido de extracción en frío de electrones de un material metálico. Este fenómeno consiste en el hecho de un campo eléctrico intenso aplicado a un material metálico es capaz de extraer un cierto número de electrones de las órbitas atómicas  
65 más externas. El número de electrones que puede extraerse, sin embargo, no es suficiente para las corrientes de haces requeridas por los aceleradores conocidos: con cierta excepción, tal y como se ha mencionado anteriormente en la patente.

## ES 2 275 644 T3

Finalmente, todos los detalles pueden ser reemplazados por cualquier otro elemento técnicamente equivalente. En la práctica, los materiales utilizados, con la condición de que sean compatibles con el uso específico, así como las dimensiones, pueden ser cualesquiera según los requisitos y el estado de la técnica.

- 5      Donde los elementos técnicos mencionados en cualquier reivindicación estén seguidos por signos de referencia, esos signos de referencia se han incluido con el único objetivo de aumentar la inteligibilidad de las reivindicaciones y de modo acorde, tales signos de referencia no tienen efecto limitador alguno sobre la interpretación de cada elemento identificado mediante ejemplo por tales signos de referencia.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Un aparato para la aceleración lineal de electrones, particularmente para la terapia de radiación intraoperativa, comprendiendo

- medios de irradiación teniendo una estructura de aceleración constituida por una pluralidad de cavidades (26) y una cabeza de radiación (32);

10 - una estructura articulada (51) para mover dichos medios de radiación;

- medios de modulación (33) para generar, auto-controlar y transmitir una radiofrecuencia a dichas cavidades de dicha estructura de aceleración (51);

15 - medios de procesamiento y control (30) adaptados para controlar dicho aparato, dichos medios de modulación estando separados de dichos medios de radiación, la conexión ocurriendo a través de una guía de onda flexible (38) adaptada para llevar la red de frecuencia a dicha estructura de aceleración (51);

20 - un apoyo de horquilla (71) soportando la cabeza de radiación (32) conectado a la estructura articulada (51) mediante una rueda de rotación para realizar un movimiento rotatorio del apoyo de horquilla (71) y de la cabeza de radiación (32), dentro de la cual una articulación rotatoria y una sección de la guía de onda flexible (38) están localizadas; la cabeza de radiación (32) estando conectada al apoyo de horquilla (71) mediante un pivote que tiene su eje ortogonal al eje rotatorio para realizar movimientos descendentes;

25 - una protección de radiación bajo la camilla de tratamiento (58) comprendiendo un sistema de centrado.

2. Un aparato según la reivindicación 1, en el que dicha estructura articulada (51) comprende un robot para el movimiento de dichos medios de radiación, dicho robot estando dispuesto en una estructura de apoyo móvil autopropulsada sobre el suelo del quirófano.

30 3. Un aparato según la reivindicación 2, en el que dicho robot comprende cuatro segmentos articulados que son móviles el uno respecto del otro y permiten a dichos medios de radiación moverse con seis grados de libertad.

35 4. Un aparato según la reivindicación 1, en el que dicha pluralidad de cavidades de dicha estructura de aceleración está interconectada mediante cobresoldaduras estancas, las cavidades de la primera a la quinta teniendo longitudes que aumentan, las subsiguientes cavidades siendo idénticas en longitud, dicha pluralidad de cavidades produciendo un autoenfoco del haz de electrones.

40 5. Un aparato según la reivindicación 4, en el que dicha estructura de aceleración comprende un cátodo localizado delante de dicha primera cavidad y una lámina de titanio localizada fuera de la última cavidad.

6. Un aparato según la reivindicación 1, en el que dichos medios de modulación comprenden un magnetrón, un modulador de radiofrecuencia, y un modulador de cátodo adaptado para facilitar dicho cátodo.

45 7. Un aparato según la reivindicación 4, en el que dicha estructura de aceleración comprende una lámina de titanio localizada fuera de la última cavidad.

8. Un aparato según la reivindicación 1, en el que dichos medios de modulación comprenden un magnetrón y un modulador de radiofrecuencia colocado en un brazo de la estructura articulada.

50 9. Un aparato según la reivindicación 6, en el que dichos medios de modulación comprenden un control automático de la frecuencia para mantener la frecuencia de oscilación del magnetrón coincidente con la de la resonancia de la estructura de aceleración.

55

60

65

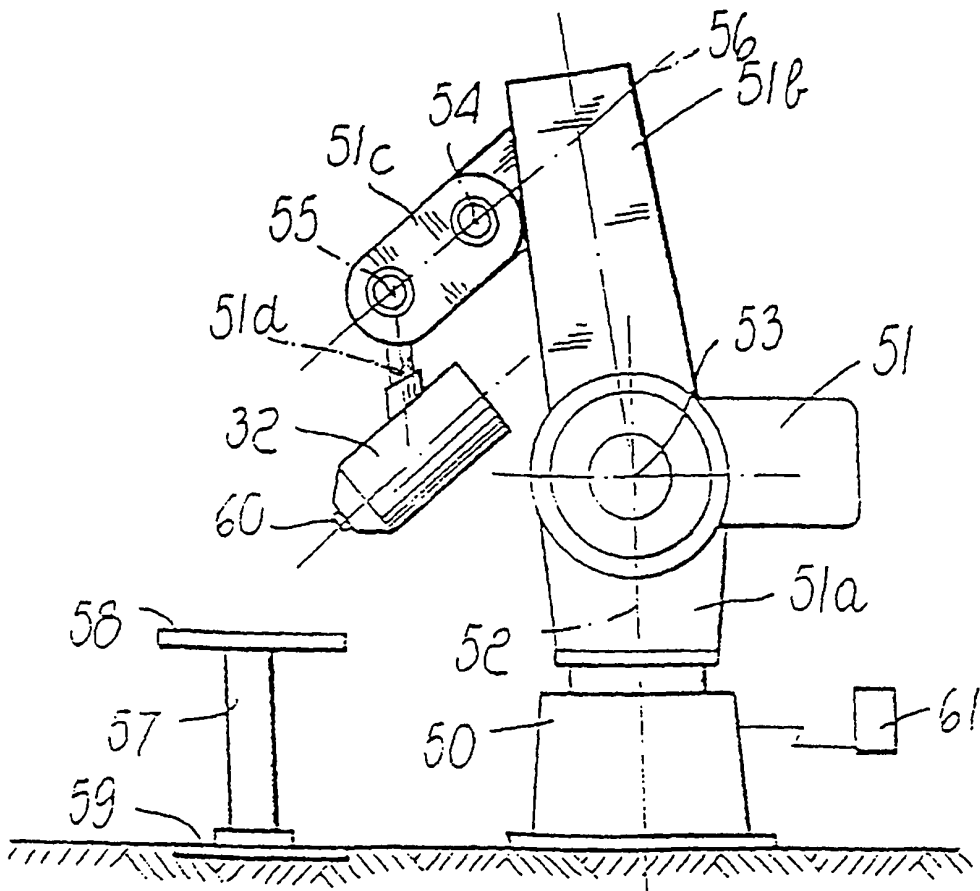


Fig. 5

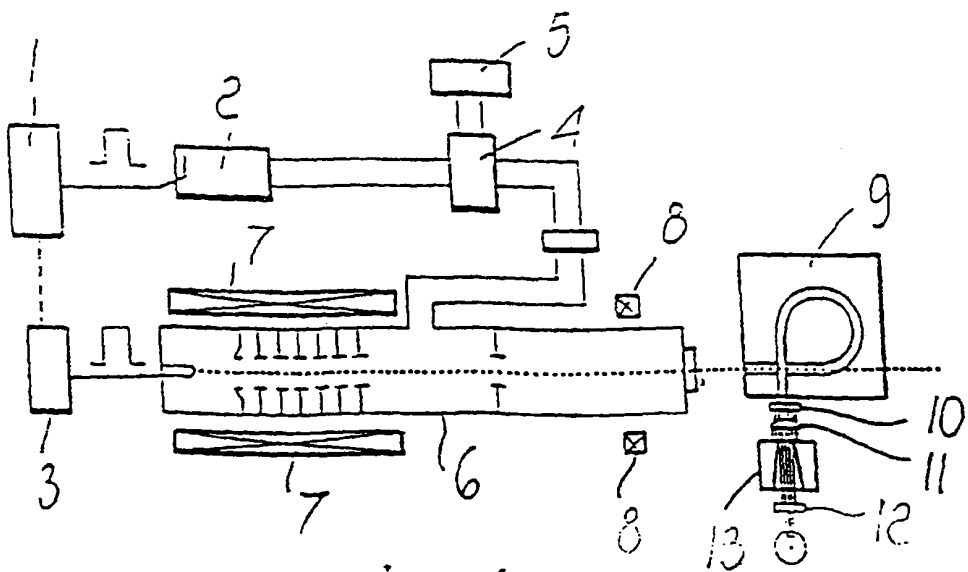


Fig. 1

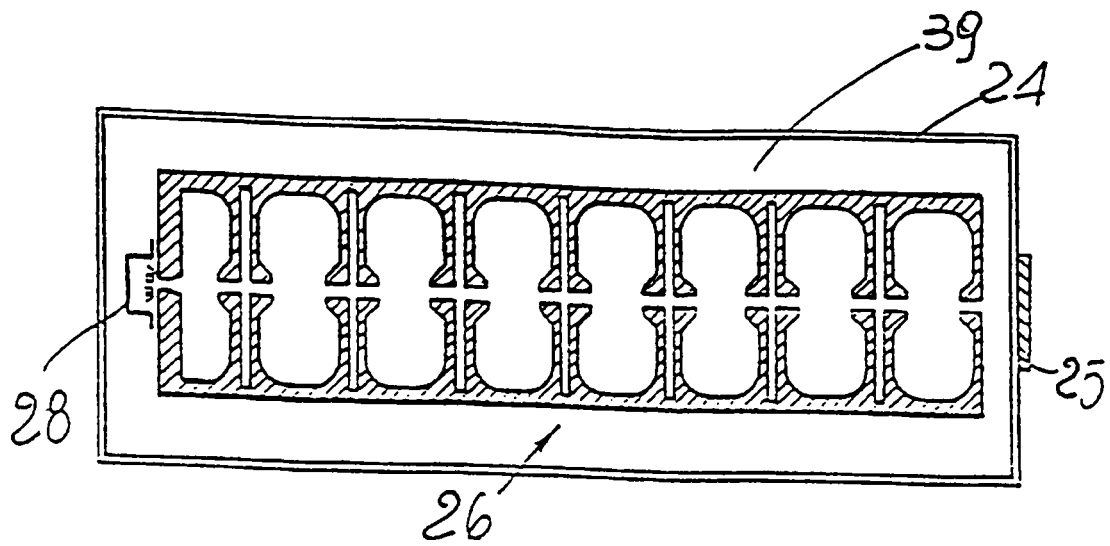
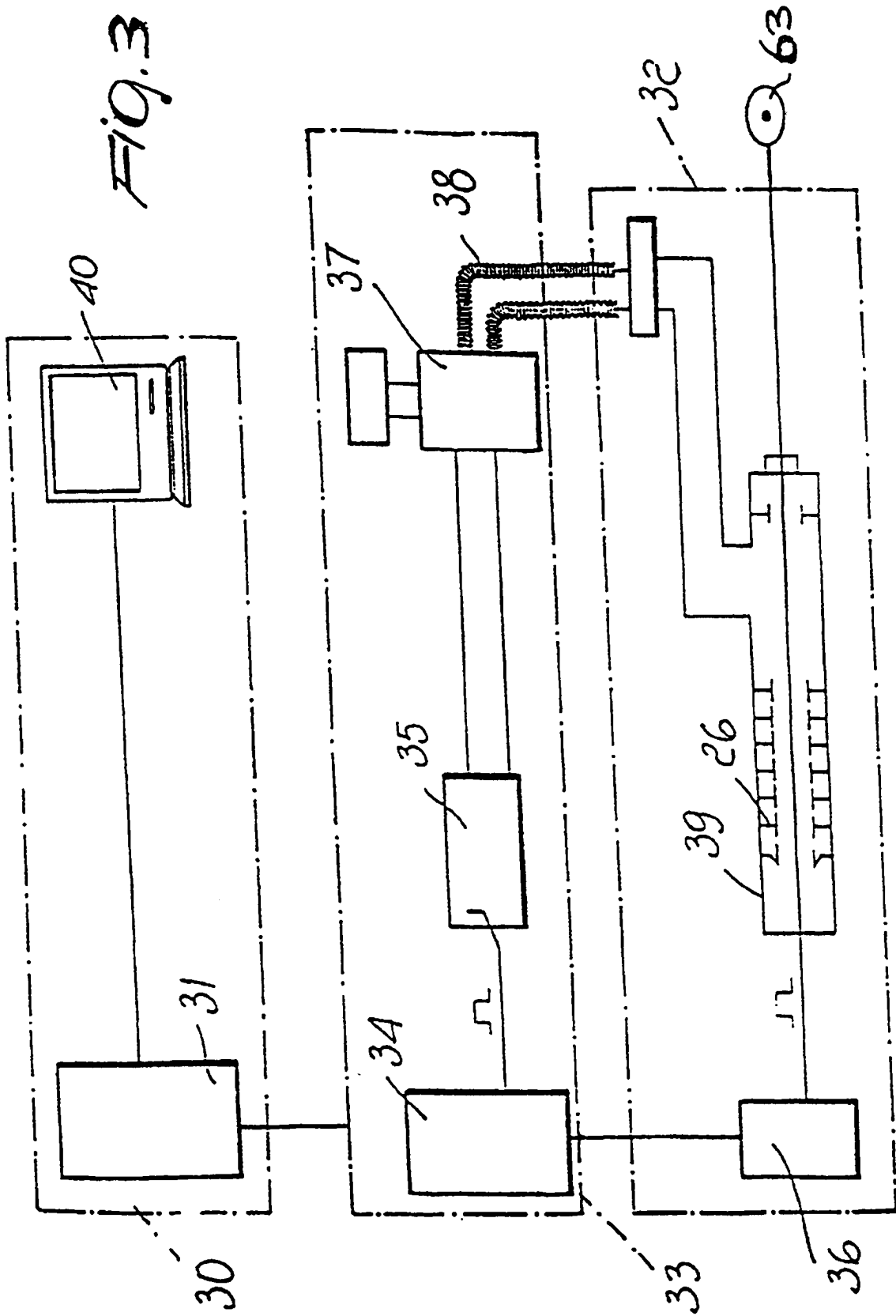
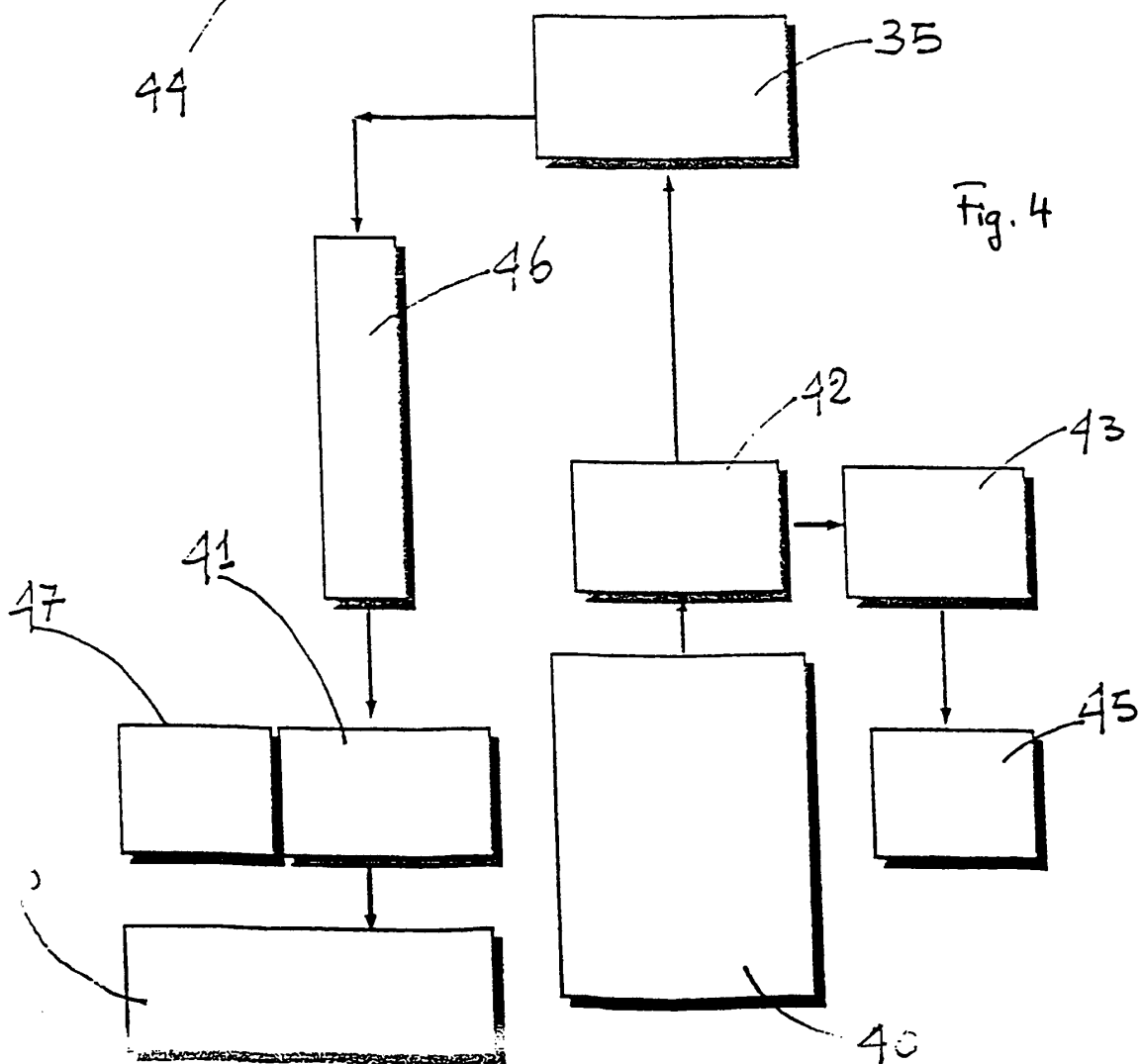
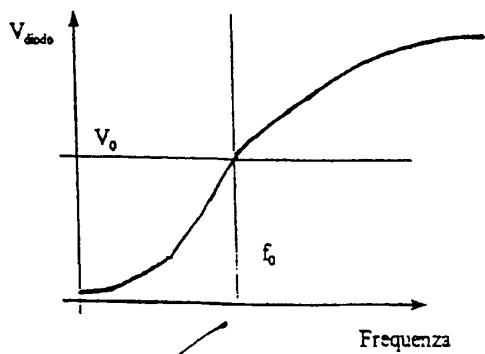
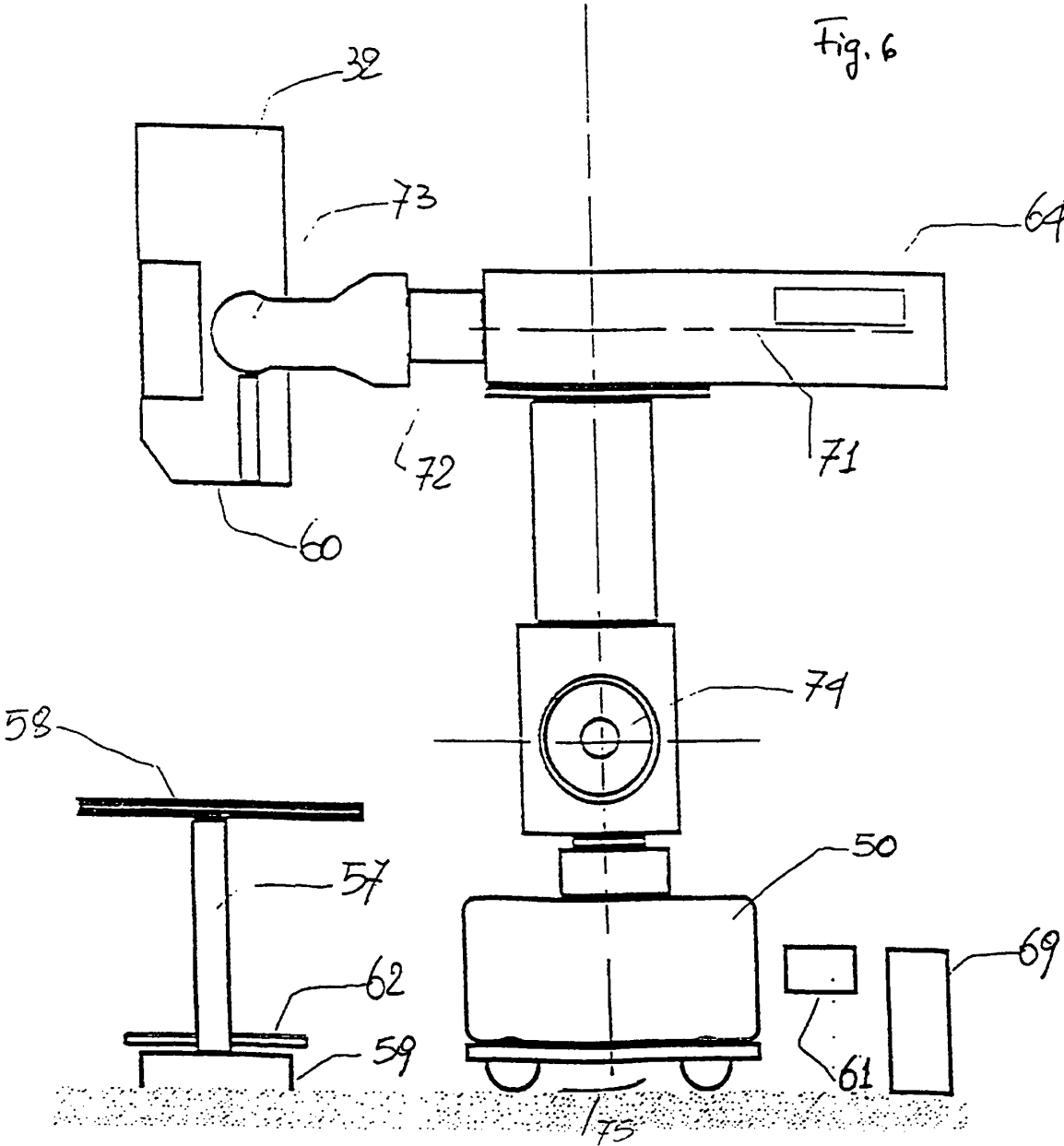


Fig. 2







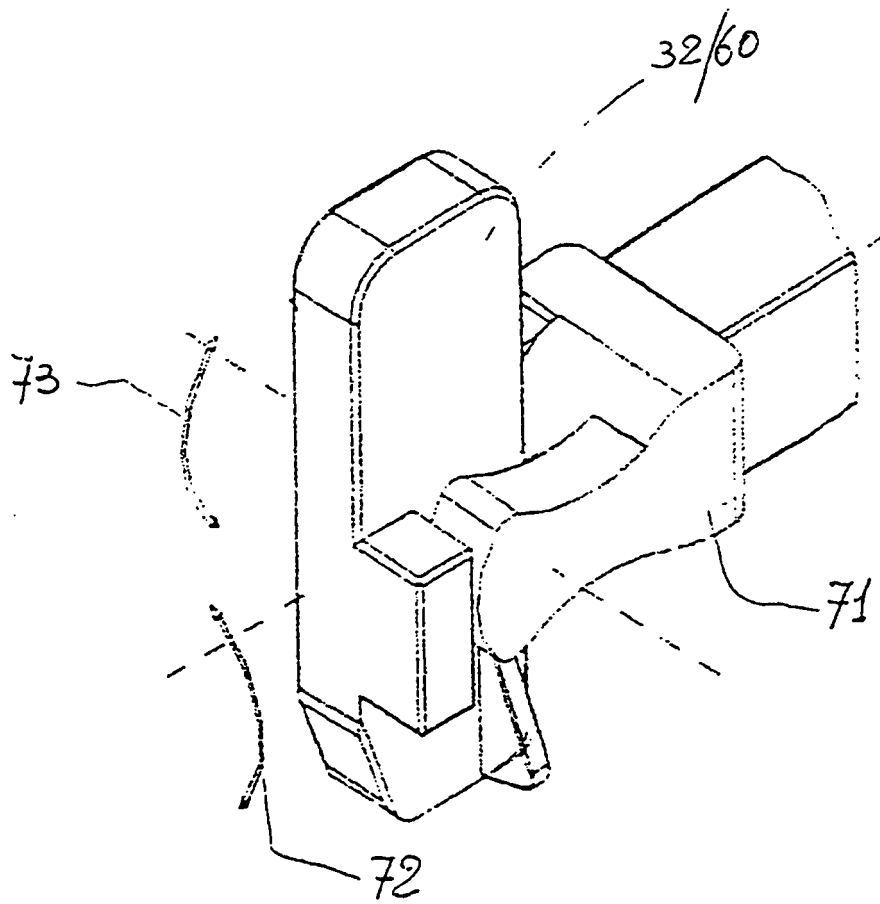


Fig. 7

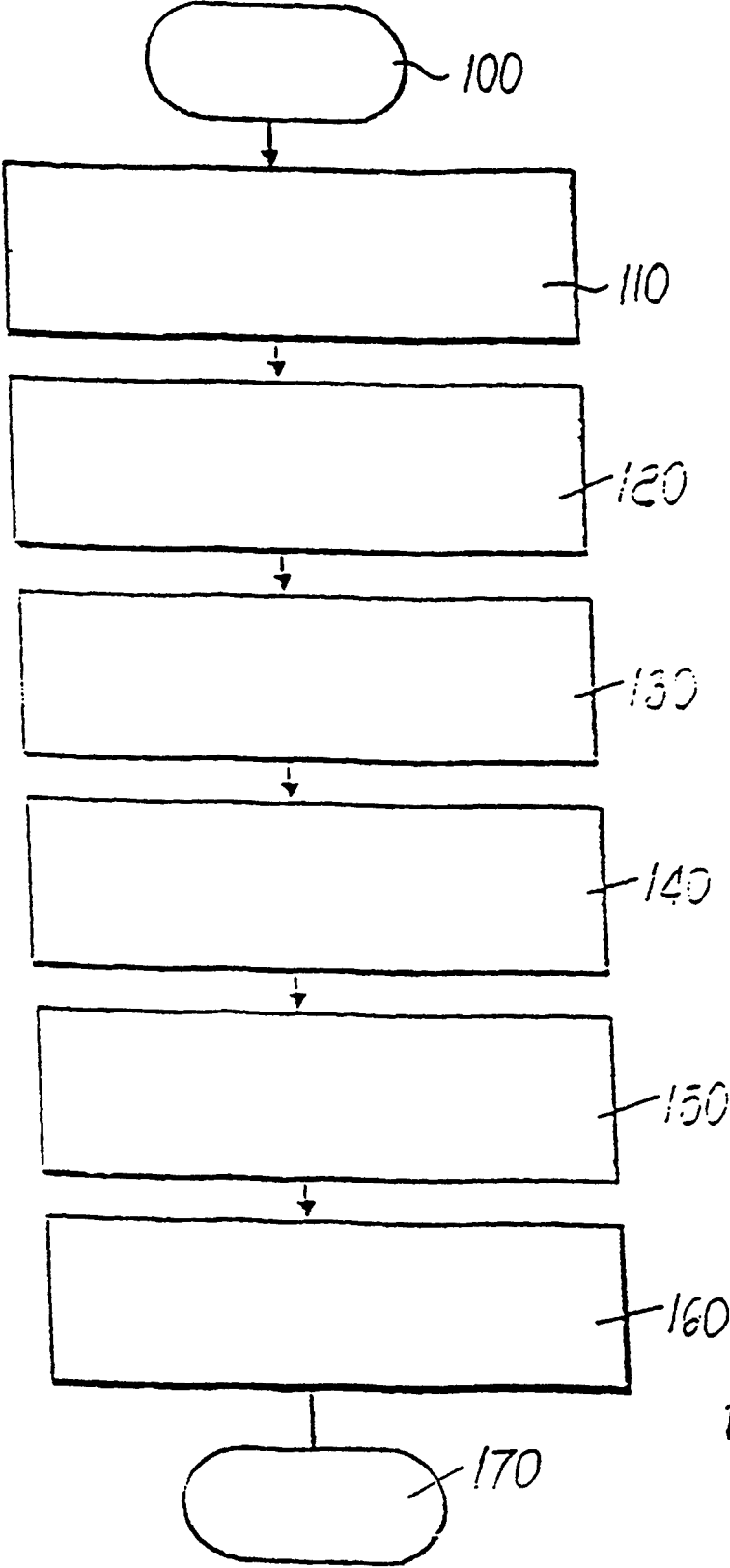


Fig. 8

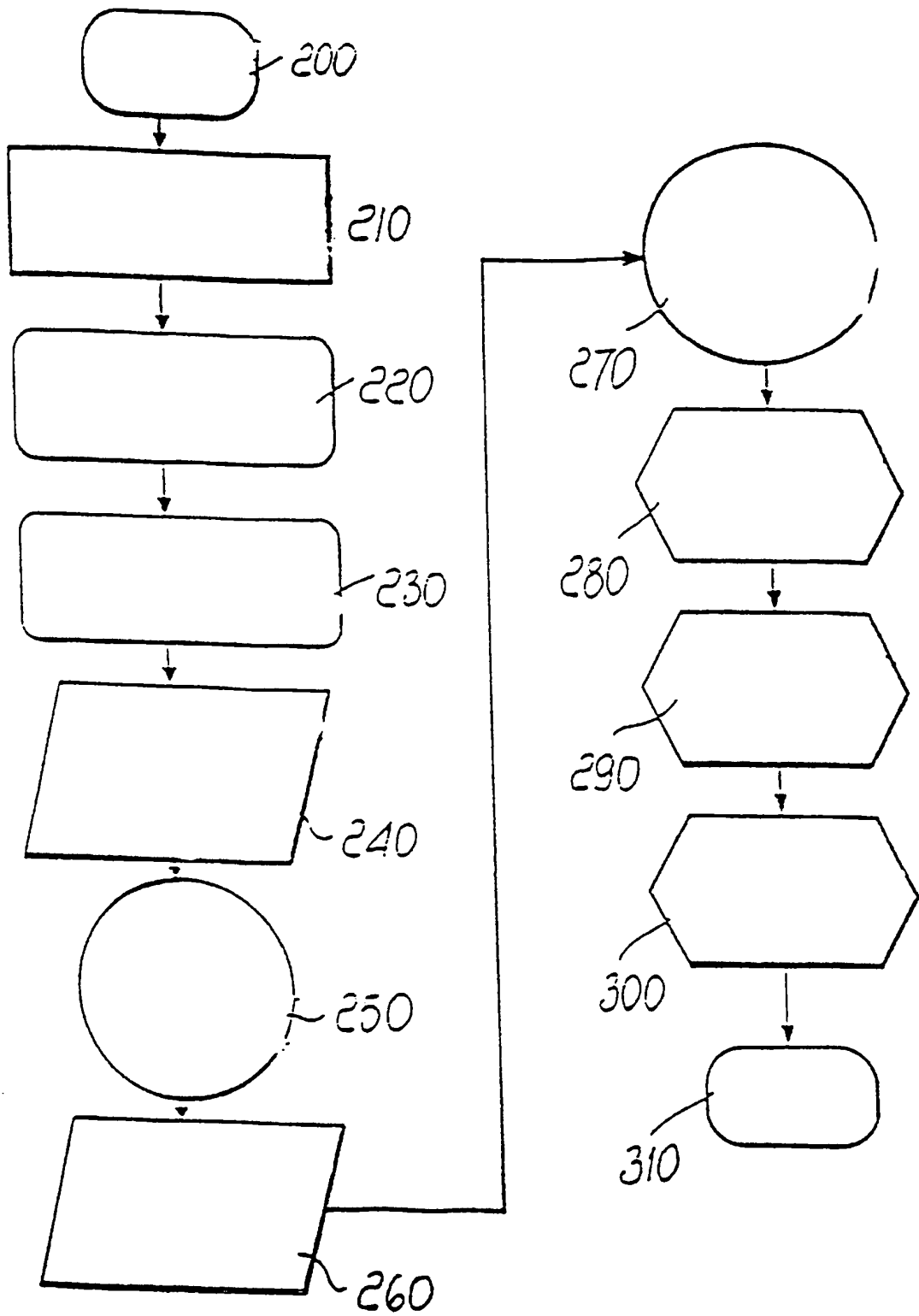


Fig. 9