



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 333 331**

⑤1 Int. Cl.:

G01N 23/04 (2006.01)

H05G 1/60 (2006.01)

A61B 6/03 (2006.01)

①2

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑨6 Número de solicitud europea: **04729148 .9**

⑨6 Fecha de presentación : **23.04.2004**

⑨7 Número de publicación de la solicitud: **1618368**

⑨7 Fecha de publicación de la solicitud: **25.01.2006**

⑤4 Título: **Medios de control de la carga térmica en un aparato de exploración de rayos X.**

③0 Prioridad: **25.04.2003 GB 0309387**

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:
19.02.2010

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
19.02.2010

⑦3 Titular/es: **CXR Limited**
Seven Gables House 30 Letchmore Road
Radlett, Hertfordshire WD7 8HT, GB

⑦2 Inventor/es: **Morton, Edward James;**
Luggar, Russell David y
De Antonis, Paul

⑦4 Agente: **Arias Sanz, Juan**

ES 2 333 331 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).

DESCRIPCIÓN

Medios de control de la carga térmica en un aparato de exploración de rayos X.

5 La presente invención se refiere a exploración de rayos X en el que se dirigen rayos X a través de un objeto desde varias posiciones alrededor del objeto y los rayos X transmitidos a través del objeto se detectan y usan para desarrollar una imagen del objeto. Este tipo de exploración se denomina exploración por tomografía computerizada (TC).

10 Un método de exploración por TC implica hacer girar una fuente de rayos X alrededor del objeto de modo que dirige rayos X a través del objeto en diferentes direcciones. Otro método, por ejemplo, tal como se da a conocer en el documento US4274005, implica situar varias fuentes de rayos X alrededor del objeto y a continuación manejar las fuentes por turnos de modo que la posición de fuente activa explora alrededor del objeto.

15 Como el uso de escáneres de rayos X, por ejemplo, en aplicaciones de seguridad, aumenta, existe una demanda creciente de escáneres que funcionan rápidamente y que tienen una vida útil larga.

El documento FR 2 328 280 da a conocer un escáner de rayos X que tiene una pluralidad de fuentes de electrones dispuestas para generar rayos X desde una pluralidad de posiciones alrededor de un cuerpo.

20 El documento US 4 057 725 da a conocer un escáner de rayos X que incluye una multiplicidad de radiadores, y una multiplicidad de detectores separados alrededor de un objeto que pueden encenderse sucesivamente.

25 Por consiguiente, la presente invención proporciona un aparato de formación de imágenes de rayos X que comprende una pluralidad de tubos de rayos X, proporcionando cada tubo una pluralidad de posiciones de fuente en el mismo, estando separadas las posiciones de fuente alrededor de una ubicación de objeto y separadas entre sí mediante una separación de fuente, una pluralidad de sensores de rayos X dispuestos para estar separados alrededor de la ubicación de objeto para detectar rayos X emitidos desde las posiciones de fuente que pasan a través de la ubicación de objeto, caracterizado por medios de control dispuestos para controlar el orden en el que las posiciones de fuente están activas en periodos de emisión sucesivos a lo largo de un ciclo de exploración, de modo que el promedio a lo largo del ciclo de exploración del desplazamiento más pequeño entre una posición de fuente activa en un periodo de emisión y una posición de fuente activa en el periodo subsiguiente es mayor que la separación de fuente, y de modo que en cada periodo de emisión una posición de fuente activa está en un tubo diferente de una posición de fuente activa en el periodo de emisión anterior.

35 Este aumento en la separación promedio entre posiciones de fuente activas sucesivamente ayuda a propagar la carga térmica en la fuente de rayos X.

Preferiblemente dicho desplazamiento más pequeño promedio es al menos el doble de la separación de fuente. Esto puede conseguirse de la manera más sencilla garantizando que los medios de control estén dispuestos de modo que ninguna posición de fuente activa en ningún periodo de emisión sea adyacente a una posición de fuente activa en el siguiente periodo de emisión.

Los medios de control pueden estar dispuestos de modo que en cada periodo de emisión sólo una posición de fuente esté activa.

45 De manera alternativa, los medios de control pueden estar dispuestos de modo que en cada periodo de emisión una pluralidad de posiciones de fuente esté activa simultáneamente. Esto puede reducir el tiempo de exploración y aumentar la velocidad de exploración.

50 Cuando las posiciones de fuente están dispuestas cada una para producir rayos X que serán detectados por un grupo de sensores correspondiente, los medios de control están dispuestos preferiblemente de modo que en cada periodo de emisión, no hay superposición entre los grupos de sensores para dicha pluralidad de posiciones de fuente. Esto garantiza que los rayos X detectados desde cada una de las fuentes activas simultáneamente pueden distinguirse.

55 Preferiblemente en cada periodo de emisión al menos la mitad de los sensores están dispuestos para recibir rayos X desde las posiciones de fuente activas. Más preferiblemente en cada periodo de emisión sustancialmente todos los sensores están dispuestos para recibir rayos X desde las posiciones de fuente activas.

60 Preferiblemente, el aparato comprende una pluralidad de tubos de rayos X, proporcionando cada uno una pluralidad de dichas posiciones de fuente.

En este caso los medios de control están dispuestos preferiblemente de modo que en cada periodo de emisión la posición de fuente activa está en un tubo diferente de la posición de fuente activa en el periodo de emisión anterior.

65 De manera conveniente sólo una posición de fuente está activa en cada periodo de emisión y las posiciones de fuente activas están previstas en cada uno de los tubos por turnos.

ES 2 333 331 T3

Preferiblemente, dentro de cada tubo, el orden en el que las posiciones de fuente están activas está dispuesto de modo que en cada periodo de emisión ninguna posición de fuente activa es adyacente a una posición de fuente activa en el periodo de emisión anterior.

5

La presente invención se describirá ahora a modo de ejemplo sólo en referencia a los dibujos adjuntos en los que:

la figura 1 muestra un emisor de rayos X adecuado para su uso con la invención;

10

la figura 2 es un diagrama de un sistema de formación de imágenes de rayos X según la invención que incluye varias unidades emisoras tal como se muestra en la figura 1;

la figura 3 es un diagrama de la disposición de un primer ejemplo de un sistema de formación de imágenes de rayos X según la invención; y

15

la figura 4 es un diagrama de la disposición de un segundo ejemplo de un sistema de formación de imágenes de rayos X según la invención.

20

En referencia a la figura 1, un tubo de rayos X de múltiples focos 10 comprende un formador de cerámica 12 y un elemento emisor 18 que se extienden longitudinalmente entre los lados 14, 16 del formador. Varios elementos de rejilla en forma de alambres de rejilla 20 están soportados sobre el formador 12 y se extienden sobre el hueco entre sus dos lados 14, 16 perpendiculares al elemento emisor 18, pero en un plano que es paralelo al mismo. Varios elementos de enfoque en forma de alambres de enfoque 22 están soportados en otro plano en el lado opuesto de los alambres de rejilla respecto al elemento emisor. Los alambres de enfoque 22 son paralelos a los alambres de rejilla 20 y están separados entre sí con la misma separación que los alambres de rejilla, estando alineado cada alambra de enfoque 22 con uno respectivo de los alambres de rejilla 20.

25

30

La fuente 10 está encerrada en una carcasa 24 de una unidad emisora 25 estando el formador 12 soportado sobre la base 24a de la carcasa. Los alambres de enfoque 22 están soportados sobre dos carriles de soporte 26a, 26b que se extienden en paralelo al elemento emisor 18, y están separados del formador 12, estando los carriles de soporte montados sobre la base 24a de la carcasa. Los carriles de soporte 26a, 26b son eléctricamente conductores de modo que todos los alambres de enfoque 22 están conectados eléctricamente entre sí. Uno de los carriles de soporte 26a está conectado a un conector 28 que sobresale a través de la base 24a de la carcasa para proporcionar una conexión eléctrica para los alambres de enfoque 22. Cada uno de los alambres de rejilla 20 se extiende por un lado 16 del formador y está conectado a un conector eléctrico 30 respectivo que proporciona conexiones eléctricas separadas para cada uno de los alambres de rejilla 20.

35

40

Un ánodo 32 está soportado entre las paredes laterales 24b, 24c de la carcasa. El ánodo se extiende en paralelo al elemento emisor 18. Los alambres de rejilla y de enfoque 20, 22 se extienden por lo tanto entre el elemento emisor 18 y el ánodo 32. Un conector eléctrico 34 al ánodo se extiende a través de la pared lateral 24b de la carcasa.

El elemento emisor 18 está soportado en los extremos del formador y se calienta por medio de una corriente eléctrica suministrada al mismo a través de conectores 36, 38 adicionales en la carcasa.

45

Con el fin de producir un haz de electrones desde una posición, un par de alambres de rejilla 20 adyacentes pueden conectarse a un potencial de extracción que es positivo con respecto al elemento 18 mientras que los alambres de rejilla restantes están conectados a un potencial de bloqueo que es negativo con respecto al elemento 18. Seleccionando qué par de alambres 20 se usa para extraer electrones, puede elegirse la posición del haz de electrones. Puesto que los rayos X se emitirán desde el ánodo 32 en un punto en el que los electrones chocan contra él, también puede elegirse la posición de la fuente de rayos X eligiendo el par de extracción de alambres de rejilla. Los elementos de enfoque 22 se mantienen todos en un potencial positivo con respecto a los alambres de rejilla 20 de modo que los electrones extraídos entre cualquier par de alambres de rejilla también pasará entre, y se enfocará mediante un par correspondiente de elementos de enfoque 22.

55

En referencia a la figura 2, un escáner de rayos X 50 se configura con una geometría convencional y comprende una disposición de unidades emisoras 25 dispuestas en un arco alrededor de un eje de escáner central X, y orientadas para emitir rayos X hacia el eje de escáner X. Un anillo de sensores 52 se coloca dentro de los emisores, dirigido hacia dentro hacia el eje de escáner. Los sensores 52 y las unidades emisoras 25 están desplazados entre sí a lo largo del eje X de modo que los rayos X emitidos desde las unidades emisoras pasen por los sensores más próximos a éstas, a través del objeto, y sean detectados por varios sensores más alejados de ellas. El número de sensores 52 que detectará rayos X desde cada fuente depende del ancho del abanico de rayos X que se emita desde cada posición de fuente en los tubos 25. El escáner se controla mediante un sistema de control que maneja varias funciones representadas por bloques funcionales en la figura 5. Un bloque de control de sistema 54 controla y recibe datos desde una unidad de visualización de imágenes 56, un bloque de control de tubo de rayos X 58 y un bloque de reconstrucción de imágenes 65. El bloque de control de tubo de rayos X 58 controla un bloque de enfoque 66 que controla los potenciales de los alambres de enfoque 22 en cada una de las unidades emisoras 25, un bloque de control de rejilla 67 que controla el potencial de los alambres de rejilla individuales 20 en cada unidad de emisor 25, y un suministro de alta tensión 68

60

65

ES 2 333 331 T3

que proporciona la potencia al ánodo 32 de cada uno de los bloques emisores y la potencia a los elementos emisores 18. El bloque de reconstrucción de imágenes 65 controla y recibe datos desde un bloque de control de sensor 70 que a su vez controla y recibe datos desde los sensores 52.

En funcionamiento, un objeto que va a explorarse se pasa a lo largo del eje X, y los haces de rayos X se dirigen a través del objeto desde los tubos de rayos X 25. En cada ciclo de exploración cada posición de fuente en cada tubo 25 se usa una vez, repitiéndose el ciclo de exploración a medida que el objeto se mueve a lo largo del eje X. Cada posición de fuente produce un abanico de rayos X que tras pasar a través del objeto son detectados por varios sensores 52. Sin embargo, el orden en el que se usan los tubos y las posiciones dentro de los tubos se controla tal como se describirá a continuación.

El orden de emisión de rayos X desde las posiciones de fuente en los tubos 25 se elige para minimizar la carga térmica sobre el tubo de rayos X. Esto se consigue ordenando las emisiones de modo que cada posición de fuente sea no adyacente, y por lo tanto esté separada del anterior y el subsiguiente. Esta ordenación aplica tanto a las posiciones de fuente dentro de cada tubo 25, como a los propios tubos. Por lo tanto cada posición de fuente está en un tubo diferente al anterior y al siguiente. De hecho, la mejor distribución de carga térmica se consigue si la posición de fuente realiza ciclos por todos los tubos, usando una posición desde cada tubo, y a continuación realiza ciclos por los tubos nuevamente usando una posición de fuente diferente dentro de cada tubo. El ciclo se repite entonces hasta que todas las posiciones de fuente en todos los tubos se han usado una vez. Esto completa un ciclo de exploración que a continuación puede repetirse.

Dentro de cada tubo las posiciones de fuente se toman en un orden que propaga la carga térmica dentro del tubo. Esto se consigue ordenando las posiciones de fuente de modo que la distancia entre cada posición de fuente y la siguiente en ese tubo, y la anterior en ese tubo estén ambas maximizadas. En primer lugar, por lo tanto, si el número de posiciones de fuente por tubo lo permite, cada posición de fuente en el tubo debe ser no adyacente al siguiente y anterior en ese tubo. Entonces, dependiendo del número de posiciones de fuente, la ordenación se elige para distribuir la carga térmica lo máximo posible.

Por ejemplo, si como en un primer ejemplo de un sistema de formación de imágenes de rayos X según la invención mostrado en la figura 3, hay cinco tubos de rayos X 60, 61, 62, 63, 64 numerados en el orden en el que están situados 1, 2, 3, 4 y 5, y cada uno puede producir rayos X desde 5 posiciones de fuente 70, 71, 72, 73, también numeradas en orden a lo largo del tubo 60 como 1, 2, 3, 4 y 5, entonces la mejor ordenación para las posiciones de fuente dentro de cada tubo es 1, 3, 5, 2, 4. La misma secuencia también se usa para ordenar los tubos para maximizar la separación angular entre emisiones sucesivas. Esto produce una ordenación de emisión según lo siguiente, en el que las posiciones de fuente se numeran en orden alrededor del objeto 75 empezando por el extremo izquierdo del tubo 60 en el extremo izquierdo de la fila y contando hacia el extremo derecho del tubo 64 en el extremo derecho de la fila.

Tubo	Posición de fuente en el tubo	Posición de fuente global
1	1	1
3	1	11
5	1	21
2	1	6
4	1	16
1	3	3
3	3	13
5	3	23
2	3	8
4	3	18
1	5	5
3	5	15

ES 2 333 331 T3

	5	5	25
	2	5	10
5	4	5	20
	1	2	2
10	3	2	12
	5	2	22
	2	2	7
15	4	2	17
	1	4	4
	3	4	14
20	5	4	24
	2	4	9
25	4	4	19

La misma ordenación podría usarse con, por ejemplo, 25 posiciones de fuente en un único tubo que está conformado alrededor del objeto 75.

Debe apreciarse que, para tubos de rayos X con menos de 5 posiciones de fuente no es posible evitar el uso de posiciones adyacentes en emisiones subsiguientes. Sin embargo, para tubos con 5 o más posiciones de fuente, esto puede evitarse.

En referencia a la figura 4, en un segundo ejemplo de un sistema de formación de imágenes de rayos X según la invención, una pluralidad de fuentes de rayos X 80 están separadas alrededor de un eje X, con una pluralidad de sensores 82 desplazados axialmente de las fuentes 80 como en la primera realización. Cuando una de las fuentes 80a emite un haz de rayos X 84 éste diverge, pasa a través del objeto 86 y alcanza varios de los sensores 82. El número de sensores 82 que detectará rayos X desde cada una de las fuentes depende del ancho del haz de rayos X que es una cantidad conocida para cualquier sistema dado y puede cuantificarse en términos de la mitad de un ángulo. Éste es el ángulo entre el centro del haz y el borde del haz.

Cuando se conoce los sensores 82 que son necesarios para detectar rayos X desde cada una de las posiciones de fuente 80, pueden seleccionarse posiciones de fuente que pueden emitir simultáneamente, siempre que no requieran ningún detector común. Por ejemplo, si hay 24 posiciones de fuente 80 y 24 sensores 82 y cada posición de fuente requiere 5 sensores, entonces pueden usarse simultáneamente cuatro de los sensores 80a, 80b, 80c, 80d, separados alrededor del objeto a intervalos de 90°.

En la práctica es probable que el número de posiciones de fuente y de sensores sea más alto. Para satisfacer el teorema del muestreo de Nyquist, es necesario hacer coincidir el número de posiciones de fuente N_ϕ con el número de sensores N_s de ancho d que se requieren para cubrir la dimensión lineal del objeto $N_s d$. Esto conduce al resultado

$$N_\phi = \pi N_s / 2.$$

Por ejemplo, una imagen en la que $N_s = 64$ requerirá $N_\phi = 100$ puntos de muestreo para satisfacer el criterio de muestreo de Nyquist.

Debe apreciarse que la ordenación de las posiciones de emisión puede variarse de muchas maneras para cualquier número dado de posiciones de emisión y que la ordenación óptima también variará dependiendo del número de posiciones de emisión y el número de tubos de rayos X.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Aparato de formación de imágenes de rayos X que comprende una pluralidad de tubos de rayos X, proporcionando cada tubo una pluralidad de posiciones de fuente (70, 71, 72, 73, 74) en el mismo, estando separadas las
10 posiciones de fuente alrededor de una ubicación de objeto y separadas entre sí mediante una separación de fuente, una pluralidad de sensores de rayos X (82) dispuestos para estar separados alrededor de la ubicación de objeto para detectar rayos X emitidos desde las posiciones de fuente que pasan a través de la ubicación de objeto, **caracterizado** por medios de control dispuestos para controlar el orden en el que las posiciones de fuente (70, 71, 72, 73, 74) están
15 activas en periodos de emisión sucesivos a lo largo de un ciclo de exploración, de modo que el promedio a lo largo del ciclo de exploración del desplazamiento más pequeño entre una posición de fuente activa en un periodo de emisión y una posición de fuente activa en el periodo subsiguiente es mayor que la separación de fuente, y de modo que en cada periodo de emisión una posición de fuente activa está en un tubo diferente de una posición de fuente activa en el periodo de emisión anterior.
2. Aparato según la reivindicación 1, en el que dicho desplazamiento más pequeño promedio es al menos el doble de la separación de fuente.
3. Aparato según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que los medios de control (54) están dispuestos de modo que ninguna posición de fuente activa en ningún periodo de emisión es adyacente a una posición de fuente activa en el siguiente periodo de emisión.
4. Aparato según cualquier reivindicación anterior, en el que los medios de control (54) están dispuestos de modo que en cada periodo de emisión sólo una posición de fuente está activa.
- 25 5. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que los medios de control (54) están dispuestos de modo que en cada periodo de emisión una pluralidad de posiciones de fuente (70, 71, 72, 73, 74) están activas de manera simultánea.
- 30 6. Aparato según la reivindicación 5, en el que cada una de las posiciones de fuente (70, 71, 72, 73, 74) está dispuesta para producir rayos X que serán detectados por un grupo de sensores (82) correspondiente, y los medios de control (54) están dispuestos de modo que en cada periodo de emisión, no hay superposición entre los grupos de sensores para dicha pluralidad de posiciones de fuente.
- 35 7. Aparato según la reivindicación 5 o la reivindicación 6, en el que en cada periodo de emisión al menos la mitad de los sensores (82) están dispuestos para recibir rayos X desde las posiciones de fuente activas.
8. Aparato según la reivindicación 7, en el que en cada periodo de emisión sustancialmente todos los sensores (82) están dispuestos para recibir rayos X desde las posiciones de fuente activas.
- 40 9. Aparato según cualquier reivindicación anterior, en el que sólo una posición de fuente está activa en cada periodo de emisión y las posiciones de fuente activas son provistas en cada uno de los tubos (10) por turnos.
10. Aparato según cualquier reivindicación anterior, en el que dentro del o cada tubo (10), el orden en el que las
45 posiciones de fuente están activas está dispuesto de modo que en cada periodo de emisión ninguna posición de fuente activa es adyacente a una posición de fuente activa en el periodo de emisión anterior.
11. Aparato según cualquier reivindicación anterior, en el que cada tubo de rayos X comprende un ánodo (32) estando las posiciones de fuente en puntos respectivos sobre el ánodo.

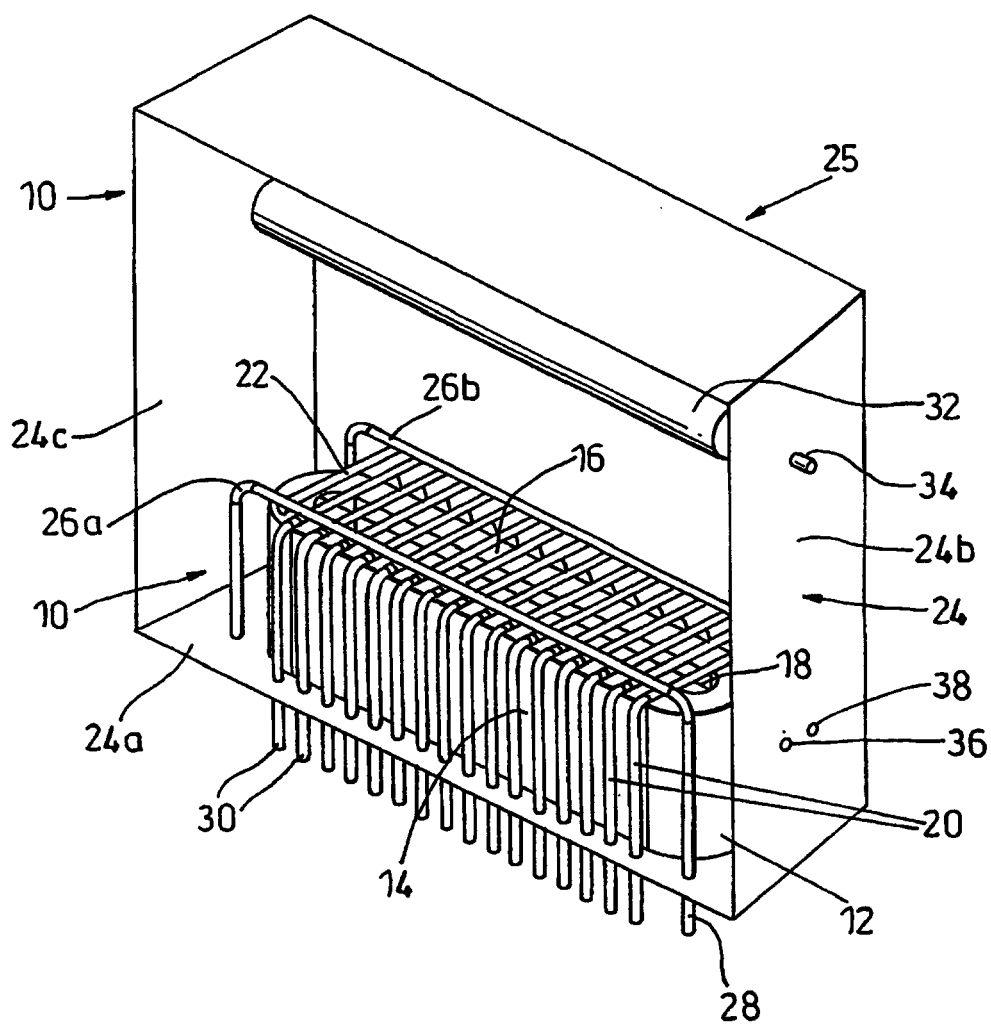


Fig. 1

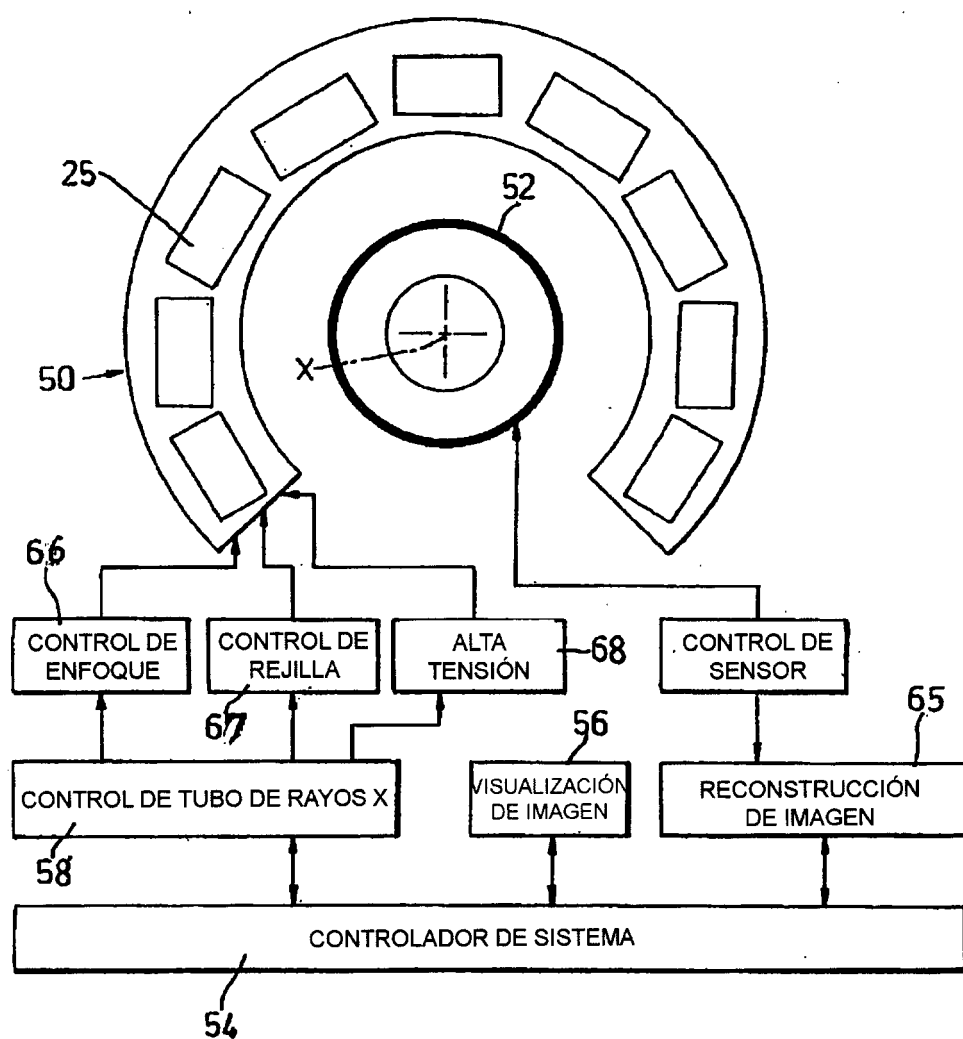


Fig. 2

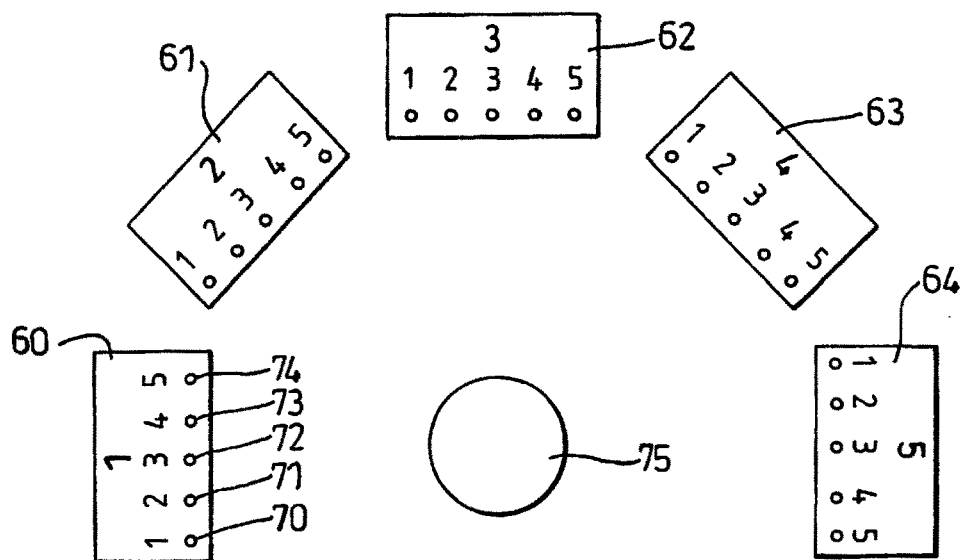


Fig. 3

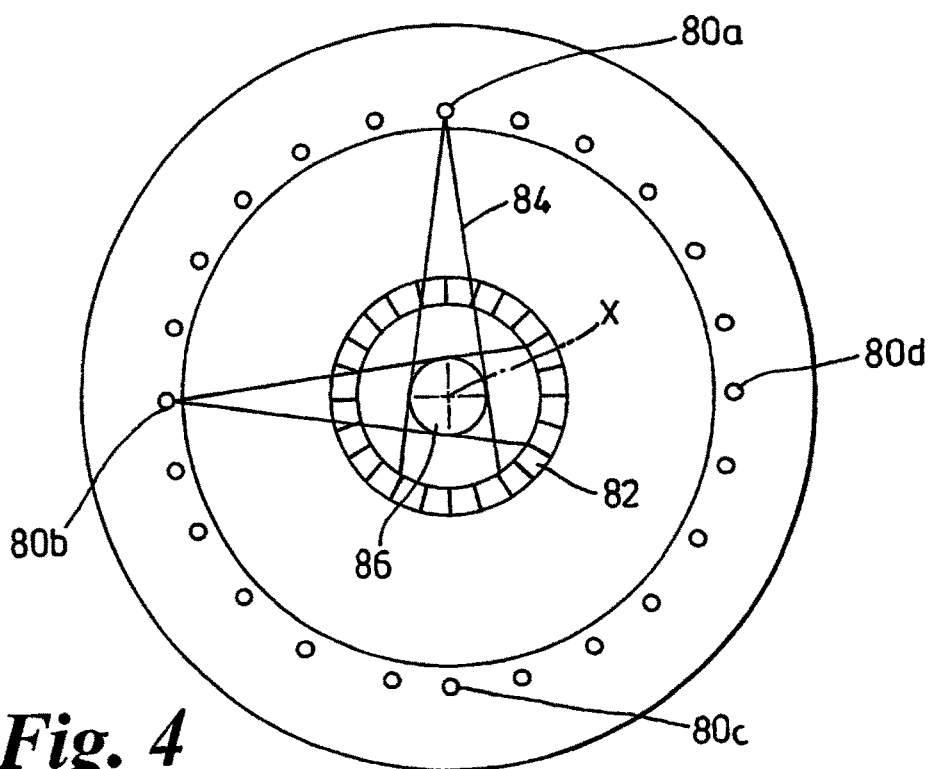


Fig. 4