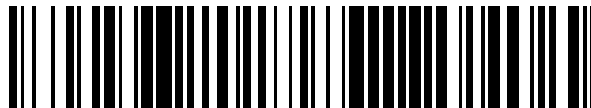


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 510 397**

51 Int. Cl.:

H01J 35/12 (2006.01)

H01J 35/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2009 E 11187609 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.09.2014 EP 2515320**

54 Título: **Tubos de rayos X**

30 Prioridad:

13.09.2008 GB 0816823

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

21.10.2014

73 Titular/es:

**CXR LIMITED (100.0%)
Seven Gables House 30 Letchmore Road
Radlett Hertfordshire WD7 8HT, GB**

72 Inventor/es:

MORTON, EDWARD

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 510 397 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

Tubos de rayos X

La presente invención se refiere a tubos de rayos X y en particular a tubos de rayos X multifocales para aplicaciones de formación de imágenes.

5 Los tubos de rayos X multifocales comprenden generalmente un único ánodo en geometría lineal o curvada que puede irradiarse a lo largo de su longitud mediante dos o más fuentes de electrones conmutadas. En una configuración típica, pueden usarse cientos de fuentes o cañones de electrones para irradiar un único ánodo con una longitud de más de 1 m. A menudo, los cañones de electrones se activarán individual y secuencialmente con el fin de crear un haz de rayos X de movimiento rápido. Alternativamente, las fuentes de electrones pueden activarse en grupos para proporcionar haces de rayos X con composición de frecuencia espacial variable.

Las fuentes de rayos X multifocales conocidas tienden a usar alojamientos metálicos y de material cerámico combinados fabricados usando juntas de vacío convencionales tales como conjuntos *con-flat* o empaquetaduras metálicas. Tales conjuntos son extremadamente costosos de ensamblar puesto que requieren un mecanizado de precisión para cumplir con los estrictos requisitos de vacío.

15 La presente invención proporciona un tubo de rayos X que comprende un alojamiento; un ánodo dentro del alojamiento, incluyendo el ánodo un conducto de refrigeración a través del cual puede pasar refrigerante para refrigerar el ánodo; un circuito de refrigerante al través del cual puede suministrarse refrigerante a y devolverse desde el ánodo; un paso de alimentación que se extiende a través del alojamiento y que comprende una conexión eléctrica para conectar un suministro eléctrico al ánodo y un paso de refrigerante dispuesto para formar parte del circuito de refrigerante; un cuerpo de soporte en el que la conexión eléctrica incluye un conector eléctrico soportado en el cuerpo de soporte; y un elemento tubular que se extiende alrededor del cuerpo de soporte y separado del mismo para definir parcialmente un volumen de refrigerante, formando el volumen de refrigerante parte del circuito de refrigerante.

20 A continuación se describirán realizaciones preferidas de la presente invención a modo de ejemplo únicamente con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

la figura 1 es una sección transversal a través de un tubo de rayos X multifocal según una realización de la invención;

la figura 2 es una sección a través de un paso de alimentación en una sección de cátodo del tubo de rayos X de la figura 1;

30 la figura 3 es una vista frontal del paso de alimentación de la figura 2;

la figura 4 es una vista frontal de una placa de conexión en la sección de cátodo del tubo de rayos X de la figura 1;

la figura 5 es una sección a través de un paso de alimentación de AT para el ánodo del tubo de rayos X de la figura 1;

la figura 6 es una sección transversal a través de una sección de ánodo del alojamiento del tubo de la figura 1;

35 la figura 7 es una sección transversal a través de un paso de alimentación de alta tensión del tubo de la figura 1;

la figura 8 es una vista lateral de un ánodo del tubo de la figura 1; y

la figura 8a es una sección transversal a través del ánodo de la figura 8.

Haciendo referencia a la figura 1, un tubo 10 de rayos X comprende un alojamiento 12 que define una cámara 14 de vacío, con un ánodo 16 tubular hueco y una serie de fuentes o cañones 18 de electrones soportadas dentro de la cámara 14 de vacío. En esta realización, la cámara de vacío tiene forma de un toro dispuesto de modo que se extiende alrededor de un volumen de barrido, aunque pueden usarse otras formas según sea apropiado para diferentes aplicaciones.

40 El alojamiento 12 está formado en dos secciones: una sección 20 de ánodo y una sección 22 de cátodo. La sección 20 de ánodo es aproximadamente semicircular o con sección en forma de C con rebordes 24a, 24b soldados formados en sus bordes radialmente interno y externo. El ánodo 16 está soportado en la sección 20 de ánodo por medio de un paso 30 de alimentación de ánodo que está formado independientemente del alojamiento 10 y soldado

al mismo, tal como se describirá en más detalle a continuación, y varios soportes que son similares al paso 30 de alimentación pero no incluyen las conexiones eléctricas del paso de alimentación, que sirven únicamente para un soporte físico. Una ventana 26 de salida está formada en el lado radialmente interno de la sección 20 de ánodo, de modo que permite que los haces de rayos X, generados en cada posición de un gran número de posiciones a lo largo del ánodo 16 mediante los cañones 18 de electrones, salgan del alojamiento en la dirección radialmente hacia dentro.

La sección 22 de cátodo del alojamiento 12 tiene una sección ligeramente más cuadrada que la sección 20 de ánodo, con paredes 32, 34 laterales radialmente interna y externa y una pared 36 trasera plana en la que se montan las fuentes 18 de electrones. Cada fuente 18 de electrones se extiende alrededor de un arco del dispositivo explorador, y se dispone para generar haces de electrones desde cada posición de varias posiciones a lo largo de su longitud en una secuencia controlada, mediante la conmutación eléctrica de la tensión aplicada a elementos de control respectivos para controlar la extracción o supresión de electrones desde posiciones respectivas a lo largo de un cátodo.

En este ejemplo, ambas secciones 20, 22 del alojamiento están formadas a partir de chapas metálicas prensadas normalmente usando un acero inoxidable dulce tal como 316L. Las partes prensadas se moldean para proporcionar resistencia adicional que permite reducir el grosor de material hasta 2 mm o menos. El diseño de moldeo usa grandes radios (normalmente superiores a 5 mm) para reducir las intensidades del campo eléctrico interno dentro del tubo.

Las partes 20, 22 del alojamiento resultantes son extremadamente rígidas y ligeras en comparación con los equivalente mecanizados. Además, las partes, al estar completamente redondeadas, proporcionan un excelente soporte de los campos electrostáticos dentro del tubo lo que puede permitir reducir el volumen de la cámara 14 de vacío encerrada sustancialmente en comparación con un tubo equivalente mecanizado. Además, el área de superficie de las superficies metálicas expuestas tiende a ser bajo en comparación con un equivalente mecanizado, reduciendo así la variedad de gases que pueden expulsarse al interior del tubo durante el funcionamiento. Esto prolonga la vida útil del tubo y reduce el coste del sistema de bombeo de iones asociado.

En una aplicación típica, tal como inspección de seguridad o diagnóstico médico, el peso global del sistema de rayos X es a menudo un factor crítico y el peso intrínsecamente ligero de este diseño de tubo es importante a la hora de cumplir con este objetivo de diseño clave.

Como alternativa al estampado, puede usarse un procedimiento de conformación por rotación para formar las partes del alojamiento aunque en este caso el grosor de las paredes, y por tanto el peso del tubo acabado, será mayor que cuando se estampan las partes.

Es necesario añadir pasos 40 de alimentación de señales aislados eléctricamente a través de la parte 22 de cátodo con el fin de proporcionar potenciales de conmutación para los elementos de control en los cañones 18 de electrones. Es ventajoso desde el punto de vista del rendimiento de fabricación prefabricar las partes de paso de alimentación y después soldarlas en orificios 42 precortados en la sección 22 de cátodo formada. Haciendo referencia a las figuras 2 y 3, en una realización los pasos 44 de alimentación individuales se forman como espigas metálicas unidas por soldadura fuerte o mediante vidrio en orificios respectivos a través de un disco 46 de material cerámico de alúmina que está a su vez unido por soldadura fuerte o mediante vidrio a un anillo 48 metálico que se ajusta al orificio 42 redondo y se suelda entonces a la sección 22 de cátodo. Los extremos 50 exteriores de las espigas sobresalen por fuera del disco 46 para su conexión a líneas de control externas, y los extremos 52 interiores de las espigas sobresalen hacia el interior de la cámara 14 de vacío. Tal como puede observarse en la figura 3, las espigas 44 se disponen en cuatro filas. En esta realización, las espigas 44 y el anillo 48 están hechos de Nilo-K, aunque pueden usarse otros materiales adecuados.

Haciendo referencia a la figura 4, una placa 60 de conexión comprende una capa 62 de soporte aislante con un primer conjunto de conexiones 64 dispuestas en cuatro filas con una correspondiente separación con respecto a las espigas 44 del paso de alimentación, y un segundo conjunto de conexiones 66 dispuestas en una única línea que se extiende a lo largo del cátodo de la fuente 18 de electrones. Cada una de las conexiones del primer conjunto se conecta mediante una pista 68 conductora respectiva a una conexión respectiva del segundo conjunto, de modo que los elementos de control separados a lo largo de la fuente de electrones pueden controlarse desde los contactos externos hacia las espigas 44 del paso de alimentación.

Haciendo referencia de nuevo a las figuras 3 y 4, también están previstas dos espigas 70 de paso de alimentación metálicas adicionales de diámetro mayor en el disco 46 de material cerámico del conjunto de paso de alimentación de material metálico-cerámico. Estas espigas 70 se usan para proporcionar potencia eléctrica a los conjuntos de calentador de cañón de electrones. Normalmente, los calentadores funcionarán a baja tensión (por ejemplo 6,15 V) pero a alta intensidad (por ejemplo 3,8 A por módulo de 32 emisores). Ventajosamente estas espigas 70 pueden estar hechas de Mo, que puede unirse mediante vidrio directamente en el disco 46 de material cerámico de alúmina de tapa de extremo.

Como alternativa, pueden unirse individualmente pasos de alimentación aislados por soldadura fuerte o mediante vidrio en un disco metálico que puede soldarse entonces en el conjunto de alojamiento del tubo.

En un primer enfoque, para la fabricación del tubo, la misma prensa usada para formar la sección 22 de cátodo puede dotarse de formas cortantes que estampan los orificios 42 para los componentes 40 de paso de alimentación.

5 Esta prensa también puede dotarse de accesorios para crear muescas, que estampan una preparación de soldadura en la sección de cátodo, que se dispone para soldarse al anillo 48 del conjunto 40 de paso de alimentación, simultáneamente al corte y estampado. Se trata de un procedimiento muy rentable y preciso que requiere una implicación mínima del operario.

En un segundo enfoque, la sección 22 de cátodo estampada puede cortarse por láser para introducir los orificios 42 en los que se soldarán los pasos de alimentación de cátodo. Puede usarse entonces un haz láser de potencia inferior para cortar canales alrededor de los orificios 42 del paso de alimentación con el fin de formar una preparación de soldadura. Se trata de una operación más costosa pero proporciona mayor flexibilidad para el operario.

15 Evidentemente, también es posible usar máquinas herramienta convencionales para cortar las aberturas 42 del paso de alimentación de cátodo e introducir las preparaciones de soldadura necesarias. Esto suele ser un enfoque más costoso puesto que requiere un mayor tiempo de configuración y una sujeción más amplia de la sección 22 de cátodo durante el mecanizado con la consiguiente necesidad de que el operario dedique más tiempo.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 1, la sección 20 de ánodo requiere una separación de alta tensión que se proporciona mediante el paso 30 de alimentación a través del cual puede conectarse la alta tensión del ánodo. El paso 30 de alimentación comprende un tubo 80 de material cerámico que se une mediante vidrio, en su extremo 82 interior, a una tapa 84 de extremo de material cerámico y a un anillo 86 metálico de Nilo-K en su extremo 88 exterior. Este conjunto proporciona la separación de AT necesaria.

25 Para ayudar a soportar la AT requerida, el tubo 80 de material cerámico se une mediante vidrio con una película conductora que deja una resistencia de aproximadamente 10 GOhm entre los dos extremos de la parte. Esto fuerza el paso de una corriente de aproximadamente 1 uA por el material cerámico durante el funcionamiento a alta tensión controlando así el gradiente de potencial a través del material cerámico al tiempo que también se proporciona un trayecto de corriente a tierra para cualquier electrón que pueda dispersarse del ánodo en el interior del tubo y llegar a la superficie del material cerámico. Esto proporciona estabilidad frente a una descarga disruptiva de alta tensión y minimiza la longitud global del material cerámico de separación. Una vez aplicado el vidrio conductor, se pinta un anillo metálico de Pt delgado alrededor de la parte superior y la parte inferior del paso de alimentación y se cuece al aire para proporcionar un contacto para la conexión de las películas resistivas a AT y a tierra.

35 Una tapa 90 de resistor de material cerámico conductora adicional con buena resistencia dieléctrica pero una conductividad eléctrica razonablemente alta (es típica una resistencia de 10 kOhm – 100 kOhm) se une mediante vidrio en la tapa 84 de extremo de material cerámico. Ventajosamente, se proporciona un electrodo 89 de conformación de campo que cubre el lado de vacío de la tapa 84 de extremo de material cerámico y la unión entre la tapa 84 de extremo y el tubo 80 de material cerámico y se conecta eléctricamente a la tapa 90 de resistor de material cerámico. El electrodo 89 tiene una parte anular y una parte tubular que se extiende desde el borde radialmente externo de la parte anular. La parte anular se conecta a la tapa 90 de resistor de material cerámico en un punto en su cara en el lado de vacío a mitad de camino entre el centro y el borde radialmente externo, y la parte tubular se extiende a su lado, pero separada de una parte del tubo 80 de material cerámico de modo que rodea la parte del tubo 8 de material cerámico. El extremo distal de la parte tubular lleva un labio 89a que se curva hacia dentro hacia, pero sin entrar en contacto con, el tubo 80 de material cerámico. Ninguna parte del electrodo 89 está en contacto ni con la tapa 84 de extremo de material cerámico ni con el tubo 80 de material cerámico, y a partir de la figura 1 se apreciará que, en el punto donde la tapa 84 de extremo se une al tubo 80 de material cerámico, la distancia de separación entre el electrodo y la tapa de extremo aumenta. El electrodo 89 se mantiene al potencial del ánodo gracias a su conexión eléctrica con la tapa 90 de resistor de material cerámico, por lo que presenta la ventaja de mejorar la estabilidad del tubo al interceptar electrones parásitos (procedentes del ánodo o el cátodo) impidiendo sustancialmente que lleguen al tubo 80 de material cerámico que, de este modo, se impide que se cargue. El electrodo 89 puede formarse de metal conductor o material cerámico conductor. Los expertos en la técnica apreciarán formas alternativas de electrodo adecuado con el mismo fin o similar, es decir proteger el tubo 80 de material cerámico, o al menos una parte del mismo, frente a electrones parásitos procedentes de al menos uno del ánodo y el cátodo. Es posible, por ejemplo, conseguir un efecto similar extendiendo el anillo metálico de Pt pintado de modo que cubra la unión entre el tubo 80 de material cerámico y la tapa 84 de extremo de material cerámico, y de modo que se extienda en parte a lo largo del exterior del tubo 80 de material cerámico.

55 La tapa 90 de resistor de material cerámico está metalizada (con Pt) en sus dos superficies 92, 94 externas para proporcionar un resistor de limitación de sobrecorriente que actúa en caso de que se produzca una descarga disruptiva de alta tensión dentro del propio tubo. En este caso, toda la tensión del tubo aparece por este resistor 90 que limita el flujo de corriente y controla así la descarga disruptiva. El valor del resistor 90 se elige para que sea lo

más grande posible para minimizar la corriente durante una descarga disruptiva, pero lo más pequeño posible para minimizar la disipación de energía térmica y la caída de tensión durante el funcionamiento normal del tubo. Un contacto elástico (no mostrado) conecta el lado de aire de este resistor 90 de material cerámico con el terminal 96 de alta tensión del receptáculo 98 de AT de ánodo.

5 El receptáculo 98 de AT es de diseño de AT convencional, y comprende un cuerpo 100 cilíndrico que soporta una clavija 102 de AT, con una barra 103 metálica conductora que conecta la clavija 102 con el terminal 96 de alta tensión. Sin embargo, el cuerpo 100 tiene un canal 104 de refrigerante formado a través del mismo en forma de una perforación que se extiende desde su extremo 106 exterior hasta su extremo 109 interior para el paso de refrigerante de vuelta desde el ánodo 16. El receptáculo de AT se extiende a través del tubo 80 de material cerámico pero es de menor diámetro de modo que se forma un espacio 108 alrededor del receptáculo 98 en el interior del tubo 80 de material cerámico. Este espacio 108 también se extiende entre el extremo 109 interior del receptáculo 98 y la tapa 84 de extremo y forma un volumen de refrigerante. El extremo interior del canal 104 de refrigerante se conecta a través de una arandela 110 elástica a la tapa 84 de extremo de material cerámico. Dos tubuladuras 112, 114 se extienden a través de orificios en la tapa 84 de extremo, teniendo cada una un extremo conectado al ánodo 16 hueco. Se cortan unos orificios a través del ánodo 16 antes de conectar las tubuladuras 112, 114 al mismo, y las tubuladuras se conectan sobre los orificios que forman accesos para proporcionar conexión de fluido al paso de refrigerante dentro del ánodo 16. Una de estas tubuladuras 112 tiene su extremo exterior cubierto por la arandela 110 elástica para formar un paso de retorno desde el ánodo 16 hasta el canal 104 de refrigerante, y la otra 114 conecta el ánodo 16 con el espacio 108 entre el receptáculo 98 de AT y el tubo 80 de material cerámico.

20 En el extremo exterior del receptáculo 98 de AT, el espacio 108 está cerrado por una placa 116 de extremo. La placa 116 de extremo tiene un canal 118 de entrada de refrigerante formado en la misma que se conecta al espacio 108 y un canal 120 de salida de refrigerante que se conecta con el canal 104 a través del receptáculo 98 de AT. La placa 116 de extremo de AT del receptáculo de AT se atornilla, en el extremo que se denomina de tierra, a un anillo 124 de soporte en el que está soportado el anillo 86 de Nilo-K, y que por tanto forma parte del paso de alimentación de material metálico-cerámico de AT de ánodo, usando una junta 122 tórica para contener el refrigerante. Esto forma un circuito de refrigerante a través del cual puede alimentarse refrigerante a y desde el ánodo 16 hueco. El refrigerante alimentado al canal 118 de entrada pasa al interior del espacio 108 entre el paso de alimentación de material metálico-cerámico de AT de ánodo y el receptáculo 98 de ánodo con el fin de refrigerar el propio paso de alimentación y proporcionar una pasivación de AT adecuada del conjunto de paso de alimentación. También pasa al interior de la parte inferior del volumen de refrigerante donde fluye por el resistor 90 de material cerámico para refrigerarlo. Desde allí fluye al interior del ánodo 16 a través de la tubuladura 114. El refrigerante que vuelve desde el ánodo 16 se hace pasar a través de la tubuladura 112, la arandela 10 elástica que separa el trayecto de retorno del volumen 108 de refrigerante de entrada, y después a través del canal 104 de refrigerante y de vuelta saliendo a través del canal 120 de salida hasta el sistema de refrigeración externo.

35 En una modificación del diseño de la figura 5, la barra 103 conductora puede sustituirse por un resistor de sobrealimentación de alta resistencia, por ejemplo en forma de una clavija de material cerámico, que desempeña la misma función que el resistor 90 de material cerámico. En este caso, el resistor 90 de material cerámico puede omitirse y proporcionarse una conexión de baja resistencia entre el resistor de sobrealimentación y el ánodo.

40 Haciendo referencia a las figuras 6 y 7, el paso de alimentación de ánodo está soportado en la sección 12 de alojamiento de ánodo por medio de un tubo 126 de soporte que se extiende desde un anillo 124 de soporte alrededor del tubo 80 de material cerámico. Este tubo 126 de soporte está soldado a un reborde 128 circular elevado formado en el exterior de la sección 12 de ánodo del alojamiento. Este reborde 128 elevado puede formarse mediante la herramienta de estampado que forma la sección 12 de ánodo de modo que sobresale con contornos suaves de la sección de ánodo principal. La herramienta de estampado puede estar diseñada además para cortar la parte superior de la parte 130 trasera curvada de la sección 12 de ánodo para proporcionar una pestaña de soldadura limpia a la que puede soldarse el tubo 80 de material cerámico del paso de alimentación de alta tensión de ánodo. Se trata de un procedimiento de fabricación muy barato y rápido.

50 Alternativamente, la sección 128 de reborde elevado puede prepararse antes de la soldadura usando un cortador láser para recortar la parte superior de la sección de reborde estampada. Ésta es una operación más costosa que requiere una mayor implicación del operario.

Una vez soldado el paso de alimentación de ánodo a la sección 128 de reborde de ánodo elevado, resulta ventajoso limpiar el interior de la sección 20 de tubo de ánodo para eliminar restos de soldadura que podrían afectar a la estabilidad de alta tensión.

55 Si se ha usado una chapa metálica gruesa para formar las secciones 20, 22 de ánodo y cátodo, resulta ventajoso formar la sección 26 de ventana delgada para que el haz de rayos X emita a través de la misma en esa chapa metálica. Esto es posible si la chapa metálica es de acero inoxidable, ya que es razonable usar una ventana de salida de acero inoxidable para absorber los fotones de rayos X de baja energía que de lo contrario normalmente provocarían una dosis en la piel excesiva en aplicaciones médicas y provocarían un endurecimiento de haz en

aplicaciones de seguridad y CT.

5 Para crear la ventana 26 de salida, una técnica barata adecuada es usar una herramienta de laminación para desplazar el metal fuera del área de la ventana de salida. Alternativamente, puede usarse una máquina herramienta cortadora o rectificadora para adelgazar el área 26 de la ventana. Otra alternativa es formar una abertura a través del alojamiento en la posición en la que va a formarse la ventana de salida, y después cubrir esa abertura con una capa de material en lámina, tal como metal, que puede montarse sobre el interior o el exterior del alojamiento para cubrir la abertura y sellarla, por ejemplo mediante soldadura.

10 Pueden usarse diversos métodos para formar la diana de rayos X sobre el ánodo 16 tubular hueco. Haciendo referencia a la figura 8, en esta realización, un tubo 132 metálico se conforma en una forma de anillo circular. El tubo 132 metálico se introduce entonces en un elemento de conformación y se deforma mediante hidroconformación, para conformarlo en una sección aproximadamente semicircular. El ánodo formado tiene por tanto una cara 134 plana que forma la diana, un lado 135 trasero curvado y un interior hueco que forma un paso de refrigerante a través del cual puede fluir refrigerante para refrigerar el ánodo.

15 De manera ideal, se usa un procedimiento de hidroconformación para desarrollar la forma del ánodo. Esto presenta la ventaja de dejar el ánodo muy rígido. Alternativamente, puede usarse un procedimiento de estampado para formar el ánodo 16 en la forma requerida.

20 El ánodo 16 se fabrica de manera ideal a partir de un metal dúctil tal como cobre o acero inoxidable. El cobre presenta la ventaja de una conductividad térmica excelente pero una resistencia mecánica relativamente mala y una tendencia a la fluencia a alta temperatura. El acero inoxidable es un material que se comporta muy bien en vacío y se conforma fácilmente, pero adolece de una conductividad térmica relativamente mala. Tanto el cobre como el acero inoxidable tienen coeficientes de expansión térmica similares y por tanto minimizan el esfuerzo mecánico entre el ánodo y el alojamiento 12 de tubo durante un horneado a alta temperatura.

25 Para mejorar el rendimiento de rayos X, es ventajoso recubrir el área diana del ánodo formado con un material refractario con número atómico elevado, tal como el tungsteno. Un procedimiento barato para depositar tungsteno sobre el ánodo 16 es el recubrimiento por rociado térmico. Se trata de un procedimiento rápido que puede usarse para depositar capas, incluso gruesas, de tungsteno o carburo de tungsteno.

30 Como alternativa, el ánodo puede formarse a partir de un material intrínsecamente refractario y con número atómico elevado tal como el molibdeno. Esto puede permitir prescindir del procedimiento de recubrimiento con tungsteno al tiempo que se consigue aún un alto rendimiento de rayos X, aunque con una energía de rayos X media ligeramente inferior que cuando se usa tungsteno.

35 Una vez ensambladas las secciones interiores del tubo (los conjuntos 18 de cañón de electrones y el conjunto 16 de ánodo), el tubo puede sellarse soldando entre sí las pestañas interior y exterior producidas al juntar las secciones de ánodo y cátodo. Al proporcionar un labio 24a, 24b de soldadura tal como se muestra en la figura 1, la cantidad de restos de soldadura que entra en el tubo puede reducirse hasta un nivel muy bajo. Es ventajoso usar métodos de soldadura TIG limpios para completar el ensamblaje del tubo.

40 Debido a la naturaleza compacta del tubo de esta realización, es posible minimizar el peso del sistema completo envolviendo el material de apantallamiento directamente alrededor del propio tubo de rayos X. Por ejemplo, en esta realización, se forman partes de plomo coladas, una conformada para encajar perfectamente alrededor de la sección 22 de cátodo y una conformada para encajar alrededor de la sección 24 de ánodo. Un grosor típico del plomo para su uso con tensiones de tubo de rayos X de aproximadamente 160 kV será de 12 mm o incluso menos, dependiendo de la corriente de funcionamiento del tubo prevista.

45 Como aspecto adicional de esta invención, se reconoce que pueden estamparse múltiples secciones de alojamiento de tubo de diferentes tamaños, de manera concéntrica a partir de una única chapa de metal simultáneamente. Por ejemplo, pueden formarse simultáneamente secciones de ánodo o cátodo destinadas para tubos circulares adecuados para aplicaciones CT estáticas para aberturas de inspección de 30 cm, 60 cm, 90 cm y 120 cm a partir de una única chapa de metal con un perfil cuadrado de aproximadamente 2 m.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Tubo de rayos X que comprende: un alojamiento; un ánodo (16) dentro del alojamiento, incluyendo el ánodo un conducto de refrigeración al través del cual puede pasar refrigerante para refrigerar el ánodo; un circuito (104, 112, 116, 118, 120) de refrigerante a través del cual puede suministrarse refrigerante a y devolverse desde el ánodo; un paso de alimentación que se extiende a través del alojamiento y que comprende una conexión eléctrica para conectar un suministro eléctrico al ánodo y un paso de refrigerante dispuesto para formar parte del circuito de refrigerante; un cuerpo de soporte en el que la conexión eléctrica incluye un conector (102) eléctrico soportado en el cuerpo (116) de soporte; caracterizado por un elemento (80) tubular que se extiende alrededor del cuerpo de soporte y separado del mismo de modo que define parcialmente un volumen de refrigerante, formando el volumen de refrigerante parte del circuito de refrigerante.
- 10
2. Tubo de rayos X según la reivindicación 1, en el que el cuerpo de soporte tiene una perforación a través del mismo que forma parte del circuito de refrigerante.
3. Tubo de rayos X según cualquier reivindicación anterior, que comprende además una tapa (84) de extremo que cubre el extremo del elemento tubular y también separada del cuerpo de soporte de modo que el volumen de refrigerante se extiende alrededor del extremo del cuerpo de soporte.
- 15
4. Tubo de rayos X según la reivindicación 3, que comprende además un electrodo conectado a la tapa de extremo, estando el electrodo conformado y colocado para proteger al menos una parte del paso de alimentación de ánodo frente a electrones parásitos.
5. Tubo de rayos X según la reivindicación 3 o la reivindicación 4, en el que la tapa de extremo incluye un resistor (90) que forma parte de la conexión eléctrica, y el refrigerante en el volumen de refrigerante se dispone para refrigerar el resistor.
- 20
6. Tubo de rayos X según la reivindicación 5, en el que el electrodo está conectado eléctricamente al resistor.
7. Tubo de rayos X según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, que comprende además un conector que se extiende a través del volumen de refrigerante para formar un trayecto de fluido que conecta el ánodo a la perforación a través del cuerpo de soporte.
- 25

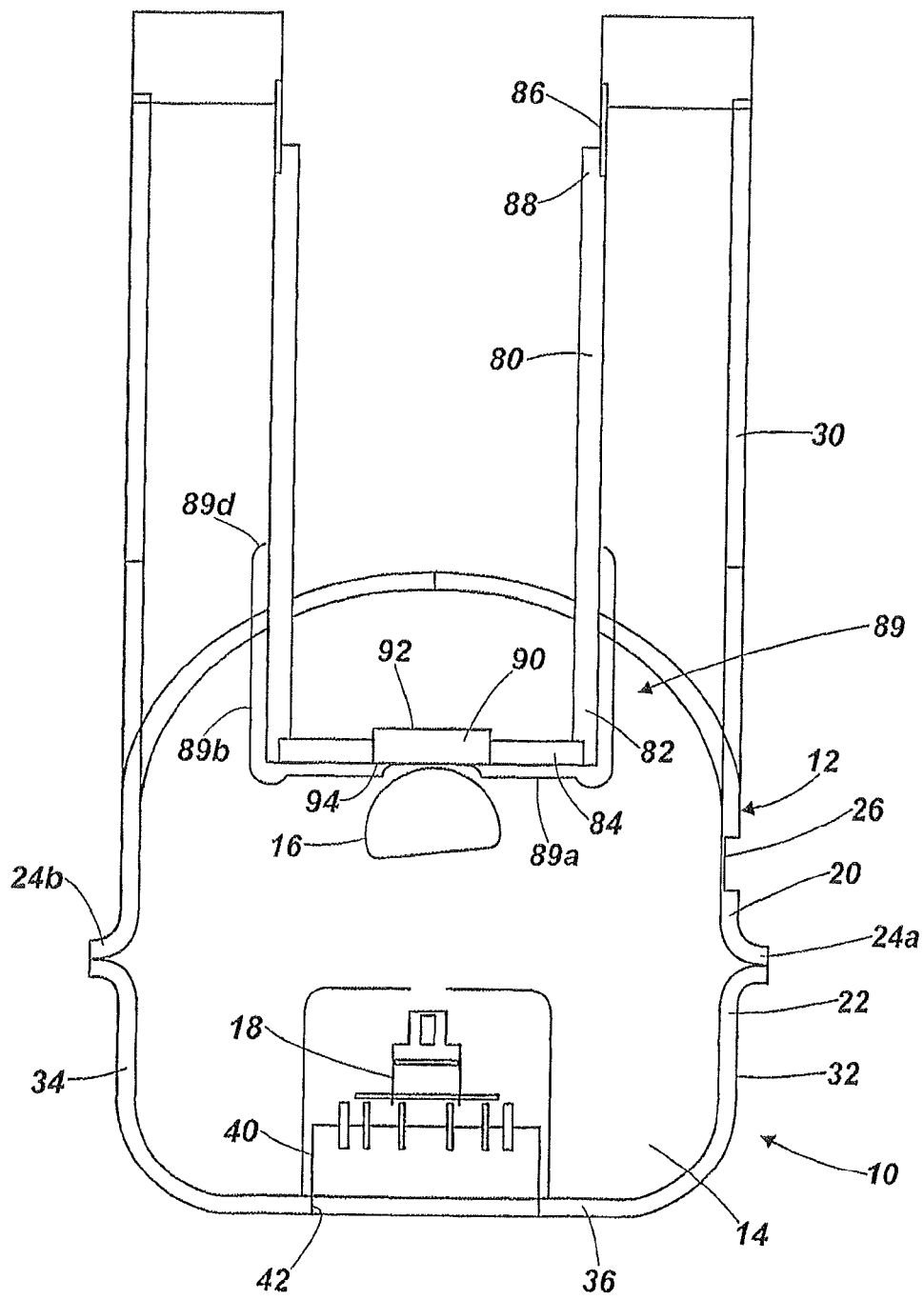


Fig. 1

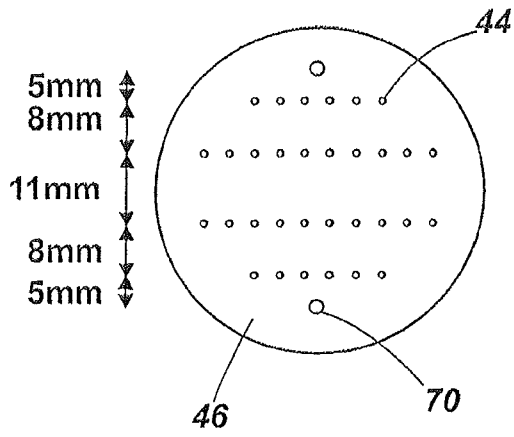


Fig. 3

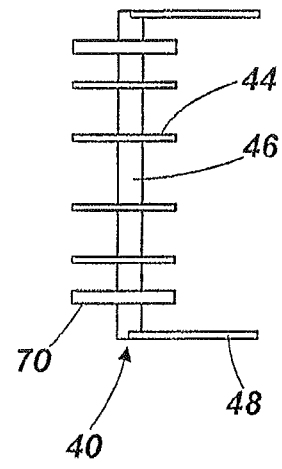


Fig. 2

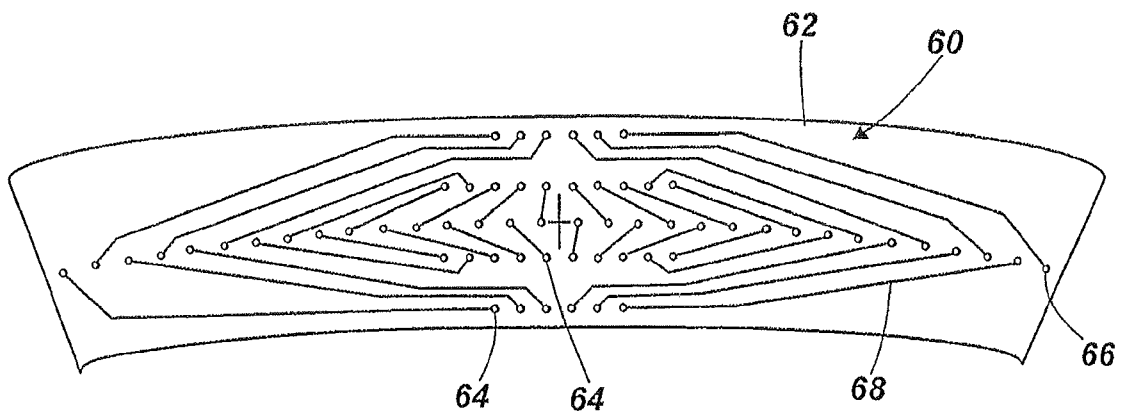


Fig. 4

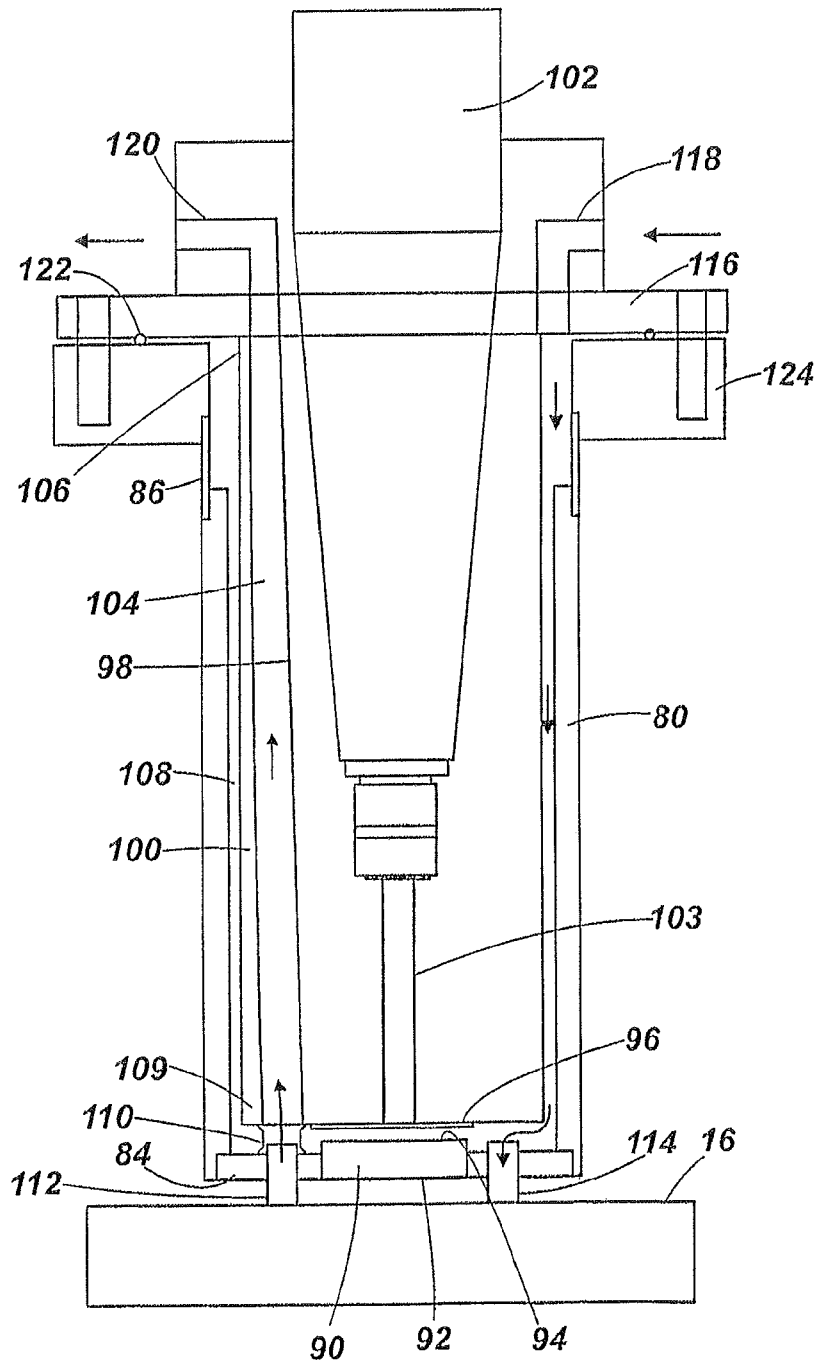


Fig. 5

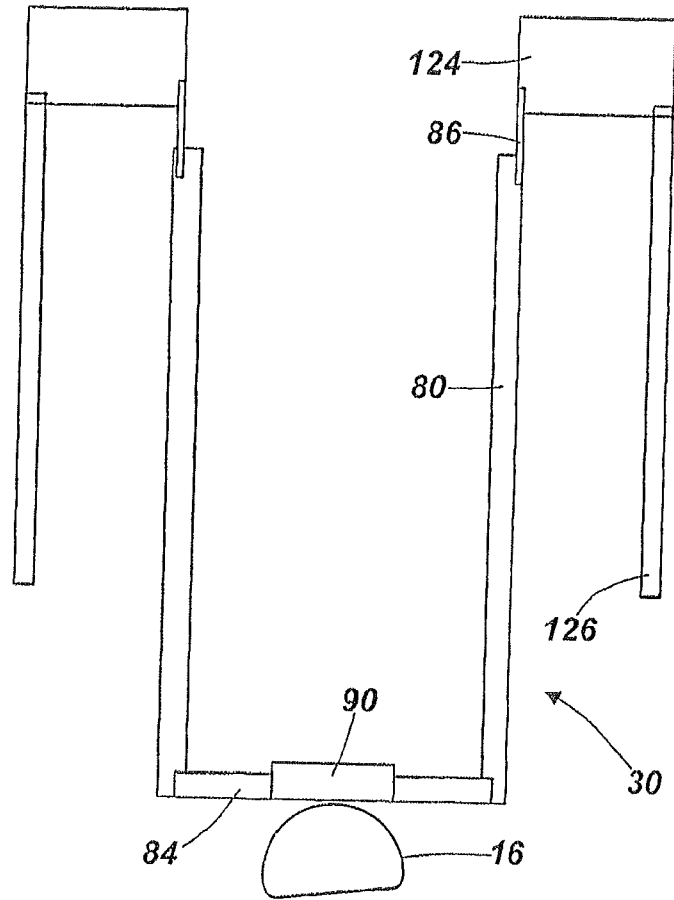


Fig. 7

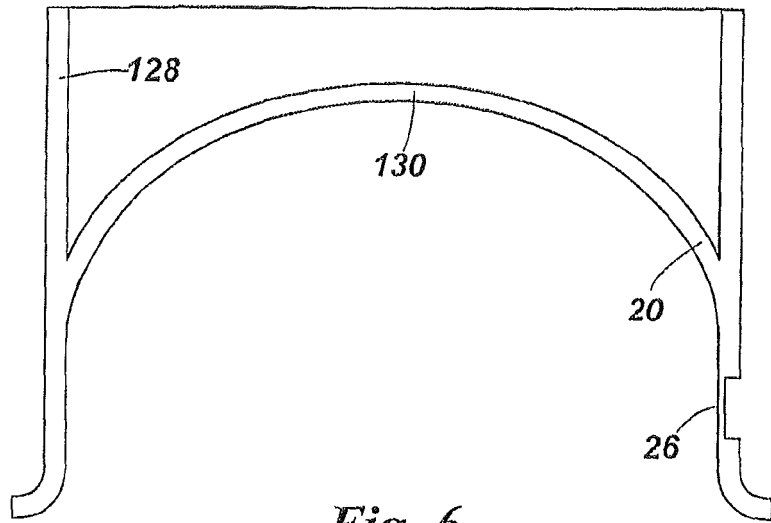


Fig. 6

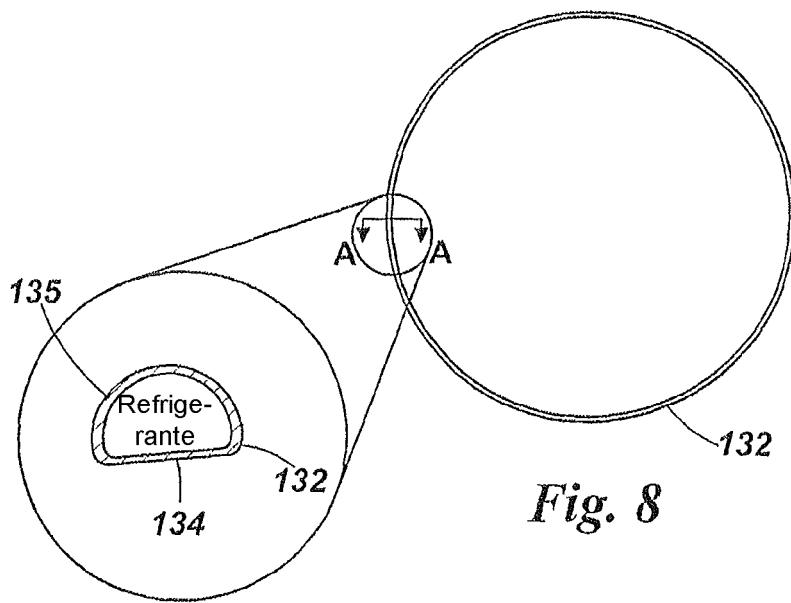


Fig. 8

Fig. 8a