

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 453 468**

51 Int. Cl.:

H01J 35/14 (2006.01)

H01J 35/06 (2006.01)

H01J 35/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.04.2004** **E 10184996 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.10.2013** **EP 2278606**

54 Título: **Tubo de rayos X**

30 Prioridad:

25.04.2003 GB 0309383

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

07.04.2014

73 Titular/es:

**CXR LIMITED (100.0%)
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/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 453 468 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

Tubo de rayos X

La presente invención se refiere a tubos de rayos X y a sistemas de obtención de imágenes por rayos X.

5 Los tubos de rayos X incluyen una fuente de electrones, que puede ser un emisor termoiónico o una fuente de cátodo frío, alguna forma de dispositivo de extracción, tal como una rejilla, que puede conmutarse entre un potencial de extracción y un potencial de bloqueo para controlar la extracción de electrones del emisor, y un ánodo que produce los rayos X cuando los electrones impactan contra el mismo. Ejemplos de tales sistemas se dan a conocer en los documentos US 4.274.005 y US 5.259.014.

10 El documento US2002/0094064 da a conocer una estructura para generar rayos X, que tiene una pluralidad de fuentes de electrones emisoras de campo eléctricamente direccionables de manera estacionaria e individual con un sustrato compuesto de un material emisor de campo. La conmutación eléctrica de las fuentes de electrones emisoras de campo a un campo de frecuencia predeterminada emite electrones en una secuencia programable hacia un punto de incidencia en un objetivo. Los rayos X generados se corresponden en frecuencia y posición con los de la fuente de electrones emisora de campo.

15 Con el uso creciente de escáneres de rayos X, por ejemplo con fines médicos y de seguridad, cada vez es más deseable producir tubos de rayos X que sean relativamente económicos y que tengan una vida útil larga.

20 Por consiguiente la presente invención proporciona una fuente de rayos X para un escáner de rayos X que comprende una fuente de electrones que comprende medios de emisión de electrones que definen una pluralidad de regiones de fuente de electrones, una rejilla de extracción que define una pluralidad de regiones de rejilla asociadas cada una con al menos una respectiva de las regiones de fuente, un ánodo en el que se producen rayos X, y medios de control dispuestos para controlar el potencial eléctrico relativo entre cada una de las regiones de rejilla y la respectiva región de fuente de modo que la posición desde la que se extraen electrones de los medios de emisión puede moverse entre dichas regiones de fuente, en la que los medios de control están dispuestos para controlar los potenciales eléctricos de las regiones de fuente para extraer electrones de una pluralidad de agrupamientos sucesivos de dichas regiones de fuente produciendo cada agrupamiento una iluminación de rayos X que tiene un patrón de onda cuadrada de una longitud de onda diferente.

La rejilla de extracción puede comprender una pluralidad de elementos de rejilla separados a lo largo de los medios de emisión. En este caso cada región de rejilla puede comprender uno o más de los elementos de rejilla.

30 Los medios de emisión pueden comprender un elemento emisor alargado y los elementos de rejilla pueden estar separados a lo largo del elemento emisor de manera que las regiones de fuente están cada una en una posición respectiva a lo largo del elemento emisor.

35 Preferiblemente los medios de control están dispuestos para conectar cada uno de los elementos de rejilla a o bien un potencial eléctrico de extracción que es positivo con respecto a los medios de emisión o bien un potencial eléctrico de inhibición que es negativo con respecto a los medios de emisión. Más preferiblemente los medios de control están dispuestos para conectar los elementos de rejilla al potencial de extracción de manera sucesiva en pares adyacentes para dirigir un haz de electrones entre cada par de elementos de rejilla. Aún más preferiblemente cada uno de los elementos de rejilla puede conectarse al mismo potencial eléctrico que cualquiera de los elementos de rejilla que son adyacentes al mismo, de modo que puede formar parte de dos diferentes de dichos pares.

40 Los medios de control, mientras que cada uno de dichos pares adyacentes está conectado al potencial de extracción, pueden estar dispuestos para conectar los elementos de rejilla a cualquier lado del par, o incluso todos los elementos de rejilla que no pertenecen al par, al potencial de inhibición.

Los elementos de rejilla comprenden preferiblemente elementos alargados paralelos, y el elemento de emisión, cuando también es un elemento alargado, se extiende preferiblemente de manera sustancialmente perpendicular a los elementos de rejilla.

45 Los elementos de rejilla pueden comprender alambres, y más preferiblemente son planos y se extienden en un plano sustancialmente perpendicular al elemento emisor para proteger al elemento emisor del bombardeo iónico inverso procedente del ánodo. Los elementos de rejilla están preferiblemente separados de los medios de emisión una distancia aproximadamente igual a la distancia entre elementos de rejilla adyacentes.

50 La fuente de rayos X preferiblemente comprende además una pluralidad de elementos de enfoque, que también pueden ser alargados y son preferiblemente paralelos a los elementos de rejilla, dispuestos para enfocar los haces de electrones después de que hayan pasado por los elementos de rejilla. Más preferiblemente los elementos de enfoque están alineados con los elementos de rejilla de manera que los electrones que pasan entre cualquier par de los elementos de rejilla pasarán entre un par correspondiente de elementos de enfoque.

Preferiblemente los elementos de enfoque están dispuestos para conectarse a un potencial eléctrico que es negativo

con respecto al emisor. Preferiblemente los elementos de enfoque están dispuestos para conectarse a un potencial eléctrico que es positivo con respecto a los elementos de rejilla.

Preferiblemente los medios de control están dispuestos para controlar el potencial aplicado a los elementos de enfoque para controlar de ese modo el enfoque de los haces de electrones.

5 Los elementos de enfoque pueden comprender alambres, y pueden ser planos, extendiéndose en un plano sustancialmente perpendicular al elemento emisor para proteger al elemento emisor del bombardeo iónico inverso procedente de un ánodo.

10 Los elementos de rejilla están preferiblemente separados del emisor de manera que si un grupo de uno o más elementos de rejilla adyacentes se conmuta al potencial de extracción, se extraerán electrones de una longitud del elemento emisor que es más larga que la anchura de dicho grupo de elementos de rejilla. Por ejemplo los elementos de rejilla pueden estar separados del elemento emisor una distancia que es al menos sustancialmente igual a la distancia entre elementos de rejilla adyacentes, que puede ser del orden de 5 mm.

Preferiblemente los elementos de rejilla están dispuestos para, al menos parcialmente, enfocar los electrones extraídos a un haz.

15 Preferiblemente el al menos un ánodo comprende un ánodo alargado dispuesto de manera que los haces de electrones producidos por elementos de rejilla diferentes chocarán contra partes diferentes del ánodo.

20 Un escáner de rayos X puede comprender una fuente de rayos X según la invención y medios de detección de rayos X, en el que los medios de control están dispuestos para producir rayos X desde puntos de fuente de rayos X respectivos sobre dicho al menos un ánodo, y recopilar conjuntos de datos respectivos desde los medios de detección. Preferiblemente los medios de detección comprenden una pluralidad de detectores. Los medios de control están dispuestos para controlar los potenciales eléctricos de las regiones de fuente o las regiones de rejilla para extraer electrones de una pluralidad de agrupamientos sucesivos de dichas regiones de fuente, produciendo cada agrupamiento una iluminación que tiene un patrón de onda cuadrada de una longitud de onda diferente y, preferiblemente, para registrar una lectura de los medios de detección para cada una de las iluminaciones. Aún más preferiblemente los medios de control están dispuestos además para aplicar una transformada matemática a las lecturas registradas para reconstruir características de un objeto situado entre el tubo de rayos X y el detector.

30 Un escáner de rayos X puede comprender una fuente de rayos X que tiene una pluralidad de puntos de fuente de rayos X, medios de detección de rayos X y medios de control dispuestos para controlar la fuente para producir rayos X de una pluralidad de agrupamientos sucesivos de los puntos de fuente, produciendo cada agrupamiento una iluminación que tiene un patrón de onda cuadrada de una longitud de onda diferente, y para registrar una lectura de los medios de detección para cada una de las iluminaciones. Preferiblemente los puntos de fuente están dispuestos en una formación lineal. Preferiblemente los medios de detección comprenden una formación lineal de detectores que se extienden en una dirección sustancialmente perpendicular a la formación lineal de puntos de fuente. Más preferiblemente los medios de control están dispuestos para registrar una lectura de cada uno de los detectores para cada iluminación. Esto puede permitir a los medios de control usar las lecturas de cada uno de los detectores para reconstruir características de una capa respectiva del objeto. Preferiblemente los medios de control están dispuestos para usar las lecturas para obtener una reconstrucción tridimensional del objeto.

40 Un escáner de rayos X puede comprender una fuente de rayos X que comprende una formación lineal de puntos de fuente, y medios de detección de rayos X que comprenden una formación lineal de detectores, y medios de control, en el que las formaciones lineales están dispuestas sustancialmente perpendiculares entre sí y los medios de control están dispuestos para controlar o bien los puntos de fuente o bien los detectores para funcionar en una pluralidad de agrupamientos sucesivos, comprendiendo cada agrupamiento grupos de diferente número de puntos de fuente o detectores, y para analizar las lecturas de los detectores usando una transformada matemática para producir una imagen tridimensional de un objeto. Preferiblemente los medios de control están dispuestos para hacer funcionar los puntos de fuente en dicha pluralidad de agrupamientos, y se toman lecturas simultáneamente de cada uno de los detectores para cada uno de dichos agrupamientos.

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

la figura 1 muestra una fuente de electrones;

50 la figura 2 muestra una unidad emisora de rayos X según la invención que incluye la fuente de electrones de la figura 1;

la figura 3 es una sección transversal a través de la unidad de la figura 2 que muestra el recorrido de los electrones dentro de la unidad;

55 la figura 4 es una sección longitudinal a través de la unidad de la figura 2 que muestra el recorrido de los electrones dentro de la unidad;

la figura 5 es un diagrama de un sistema de obtención de imágenes por rayos X que incluye varias unidades emisoras según la invención;

la figura 6 es un diagrama de un tubo de rayos X según una segunda realización de la invención;

la figura 7 es un diagrama de un tubo de rayos X según una tercera realización de la invención;

5 la figura 8 es una vista en perspectiva de un tubo de rayos X según una cuarta realización de la invención;

la figura 9 es una sección a través del tubo de rayos X de la figura 8;

la figura 10 es una sección a través de un tubo de rayos X según una quinta realización de la invención;

la figura 11 muestra un elemento emisor que forma parte del tubo de rayos X de la figura 10;

la figura 12 es una sección a través de un tubo de rayos X según una sexta realización de la invención;

10 la figura 12a es una sección longitudinal a través de un tubo de rayos X según una séptima realización de la invención;

la figura 12b es una sección transversal a través del tubo de rayos X de la figura 12a;

la figura 12c es una vista en perspectiva de parte del tubo de rayos X de la figura 12a;

la figura 13 es una representación esquemática de un sistema de escáner por rayos X;

15 las figuras 14a, 14b y 14c muestra el funcionamiento del sistema de la figura 13;

la figura 15 es una representación esquemática de un sistema de escáner por rayos X;

las figuras 16a y 16b muestran una capa emisora y una capa calefactora de un emisor según una octava realización de la invención;

20 la figura 17 muestra un elemento emisor que incluye la capa emisora y la capa calefactora de las figuras 16a y 16b; y

la figura 18 muestra una disposición alternativa del elemento emisor mostrado en la figura 17.

Haciendo referencia a la figura 1, una fuente de electrones 10 comprende un supresor de metal conductor 12 que tiene dos lados 14, 16, y un elemento emisor 18 que se extiende a lo largo entre los lados del supresor 14, 16. Varios elementos de rejilla en forma de alambres de rejilla 20 están soportados por encima del supresor 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. En este ejemplo los alambres de rejilla tienen un diámetro de 0,5 mm y están separados una distancia de 5 mm. También están separados aproximadamente 5 mm del elemento emisor 18. Varios elementos de enfoque en forma de alambres de enfoque 22 están soportados en otro plano en el lado de los alambres de rejilla opuesto 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, 5 mm, que los alambres de rejilla, estando alineado cada alambre de enfoque 22 con uno respectivo de los alambres de rejilla 20. Los alambres de enfoque 22 están separados aproximadamente 8 mm de los alambres de rejilla 20.

Como se muestra en la figura 2, la fuente 10 está encerrada en un alojamiento 24 de una unidad emisora 25 con el supresor 12 soportado sobre la base 24a del alojamiento 24. Los alambres de enfoque 22 están soportados sobre dos carriles de soporte 26a, 26b que se extienden paralelos al elemento emisor 18, y están separados del supresor 12, estando montados los carriles de soporte sobre la base 24a del alojamiento 24. Los carriles de soporte 26a, 26b son eléctricamente conductores de modo que la totalidad de 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 del alojamiento 24 a través de la base 24a para proporcionar una conexión eléctrica para los alambres de enfoque 22. Cada uno de los alambres de rejilla 20 se extiende hacia abajo por un lado 16 del supresor 12 y está conectado a un respectivo conector eléctrico 30 que proporciona conexiones eléctricas separadas para cada uno de los alambres de rejilla 20.

Un ánodo 32 está soportado entre las paredes laterales 24b, 24c del alojamiento 24. El ánodo 32 está conformado como una varilla, normalmente de cobre con recubrimiento de plata o tungsteno, y se extiende paralelo al elemento emisor 18. Por tanto, la rejilla y los alambres de enfoque 20, 22 se extienden entre el elemento emisor 18 y el ánodo 32. Un conector eléctrico 34 al ánodo 32 se extiende a través de la pared lateral 24b del alojamiento 24.

El elemento emisor 18 está soportado en los extremos 12a, 12b del supresor 12, pero aislado eléctricamente del mismo, y se calienta por medio de una corriente eléctrica suministrada al mismo a través de conectores adicionales 36, 38 en el alojamiento 24. En esta realización el emisor 18 está conformado de un núcleo de alambre de tungsteno que actúa como calefactor, un revestimiento de níquel en el núcleo y una capa de óxido de tierra rara que tiene una

función de trabajo baja con respecto al níquel. Sin embargo, también pueden usarse otros tipos de emisores, tal como alambre de tungsteno sencillo.

Haciendo referencia a la figura 3, con el fin de producir un haz de electrones 40, el elemento emisor 18 está puesto a tierra eléctricamente y se calienta de modo que emite electrones. El supresor se mantiene a una tensión constante de normalmente 3-5 V para impedir que campos eléctricos externos aceleren los electrones en direcciones no deseadas. Un par de alambres de rejilla adyacentes 20a, 20b están conectados a un potencial que es entre 1 y 4 kV más positivo que el emisor. Los otros alambres de rejilla están conectados a un potencial de -100 V. La totalidad de los alambres de enfoque 22 se mantienen a un potencial positivo que es entre 1 y 4 kV más positivo que los alambres de rejilla.

La totalidad de los alambres de rejilla 20 menos aquéllos 20a, 20b en el par de extracción inhiben, e incluso impiden sustancialmente, la emisión de electrones hacia el ánodo por la mayor parte de la longitud del elemento emisor 18. Esto es debido a que están a un potencial que es negativo con respecto al emisor 18 y por tanto el sentido del campo eléctrico entre los alambres de rejilla 20 y el emisor 18 tiende a obligar a los electrones emitidos de vuelta hacia el emisor 18. Sin embargo, el par de extracción 20a, 20b, que está a un potencial positivo con respecto al emisor 18, atrae los electrones emitidos lejos del emisor 18, produciendo de ese modo un haz 40 de electrones que pasan entre los alambres de extracción 20a, 20b y avanzan hacia el ánodo 32. Debido a la separación de los alambres de rejilla 20 del elemento emisor 18, los electrones emitidos desde una longitud x del elemento emisor 18, que es considerablemente mayor que la separación entre los dos alambres de rejilla 20a, 20b, se juntan en el haz que pasa entre el par de alambres 20a, 20b. Por tanto, los alambres de rejilla 20 sirven no sólo para extraer los electrones sino también para enfocarlos en conjunto al haz 40. La longitud del emisor 18 por la que se extraerán los electrones depende de la separación de los alambres de rejilla 20 y de la diferencia de potencial entre el par de extracción 20a, 20b y los alambres de rejilla 20 restantes.

Tras pasar entre los dos alambres de rejilla de extracción 20a, 20b, se atrae el haz 40 hacia, y pasa entre el par correspondiente de alambres de enfoque 22a, 22b. El haz converge hacia una línea focal f_1 que se encuentra entre los alambres de enfoque 22 y el ánodo 32, y entonces diverge otra vez hacia el ánodo 32. El potencial positivo de los alambres de enfoque 22 puede variarse para variar la posición de la línea focal f_1 para variar de ese modo la anchura del haz cuando choca contra el ánodo 32.

Haciendo referencia a la figura 4, vista en la dirección longitudinal del emisor 18 y el ánodo 32, el haz de electrones 40 converge otra vez hacia una línea focal f_2 entre los alambres de enfoque 22 y el ánodo 32, siendo la posición de la línea focal f_2 principalmente dependiente de la intensidad del campo producido entre el emisor 18 y el ánodo 32.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 2, con el fin de producir un haz en movimiento de electrones, pueden conectarse pares sucesivos de alambres de rejilla adyacentes 20 al potencial de extracción en una rápida sucesión para variar de ese modo la posición en el ánodo 32 en la que se producirán rayos X.

El hecho de que la longitud x del emisor 18 desde la que se extraen electrones sea significativamente mayor que la separación entre los alambres de rejilla 20 tiene varias ventajas. Para una separación de haz mínima dada, es decir, la distancia entre dos posiciones adyacentes del haz de electrones, la longitud del emisor 18 desde la que pueden extraerse electrones para cada haz es significativamente mayor que la separación de haz mínima. Esto es debido a que cada parte del emisor 18 puede emitir electrones que pueden juntarse en haces en una pluralidad de posiciones diferentes. Esto permite hacer funcionar el emisor 18 a una temperatura relativamente baja en comparación con una fuente convencional para proporcionar una corriente de haz equivalente. Alternativamente, si se usa la misma temperatura que en una fuente convencional, puede producirse una corriente de haz que es mucho mayor, por un factor de hasta siete. También se suavizan las variaciones en el brillo de fuente por la longitud del emisor 18, de modo que se reduce ampliamente la variación resultante en la intensidad de los haces extraídos de partes diferentes del emisor 18.

Haciendo referencia a la figura 5, un escáner de rayos X 50 está configurado con una geometría convencional y comprende una formación de unidades emisoras 25 dispuesta en un arco alrededor de un eje Z de escáner central, y se orienta para emitir rayos X hacia el eje Z de escáner. Un anillo de sensores 52 está situado en el interior de los emisores, dirigido hacia dentro hacia el eje Z de escáner. Los sensores 52 y las unidades emisoras 25 están desplazados entre sí a lo largo del eje Z de modo que los rayos X emitidos desde las unidades emisoras pasan por los sensores más cercanos a las mismas, a través del eje Z, y se detectan mediante los sensores más alejados de las mismas. El escáner está controlado por un sistema de control que desempeña 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 60. El bloque de control de tubo de rayos X 58 controla un bloque de control de enfoque 62 que controla los potenciales de los alambres de enfoque 22 en cada una de las unidades emisoras 25, un bloque de control de rejilla 64 que controla el potencial de los alambres de rejilla individuales 20 en cada unidad emisora 25, y una fuente de alta tensión 68 que proporciona la energía al ánodo 32 de cada uno de los bloques emisores y la energía a los elementos emisores 18. El bloque de reconstrucción de imágenes 60 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 escanearse se hace pasar a lo largo del eje Z, y el haz de rayos X realiza un barrido a lo largo de cada unidad emisora a su vez para girarlo alrededor del objeto, y los rayos X que pasan a través del objeto desde cada posición de fuente de rayos X en cada unidad detectada por los sensores 52. Los datos procedentes de los sensores 52 para cada punto de fuente de rayos X en el escaneo, se registran como conjunto de datos respectivo. Los conjuntos de datos de cada giro de la posición de fuente de rayos X pueden analizarse para producir una imagen de un plano a través del objeto. El haz se gira repetidamente a medida que el objeto pasa a lo largo del eje Z para construir una imagen tomográfica tridimensional de todo el objeto.

Haciendo referencia a la figura 6, en una segunda realización de la invención los elementos de rejilla 120 y los elementos de enfoque 122 están conformados como tiras planas. Los elementos 120, 122 están colocados como en la primera realización, pero el plano de las tiras se encuentra perpendicular al elemento emisor 118 y al ánodo 132, y paralelo a la dirección en la que está dispuesto el elemento emisor 118 para emitir electrones. Una ventaja de esta disposición es que los iones 170 que se producen mediante el haz de electrones 140 que chocan contra el ánodo 132 y se emiten de vuelta hacia el emisor se bloquean ampliamente mediante los elementos 120, 122 antes de que alcancen el emisor. Un pequeño número de iones 172 que viajan de vuelta directamente a lo largo del recorrido del haz de electrones 140 alcanzarán el emisor, pero se reduce sustancialmente el daño total del emisor debido al bombardeo iónico inverso. En algunos casos puede ser suficiente que sólo los elementos de rejilla 120 o sólo los elementos de enfoque 122 sean planos.

En la realización de la figura 6 la anchura de las bandas 120, 122 es sustancialmente igual a la distancia que las separa, es decir aproximadamente 5 mm. Sin embargo se apreciará que pueden ser sustancialmente más anchas.

Haciendo referencia a la figura 7, en una tercera realización de la invención los elementos de rejilla 220 y los elementos de enfoque 222 están menos separados que en la primera realización. Esto permite que grupos de más de dos de los elementos de rejilla 220a, 220b, 220c, tres en el ejemplo mostrado, puedan conmutarse al potencial de extracción para conformar una ventana de extracción en la rejilla de extracción. En este caso la anchura de la ventana de extracción es aproximadamente igual a la anchura del grupo de tres elementos 220. La separación de los elementos de rejilla 220 del emisor 218 es aproximadamente igual a la anchura de la ventana de extracción. Los elementos de enfoque también están conectados a un potencial positivo por medio de conmutadores individuales de modo que cada uno de los mismos puede conectarse a o bien el potencial positivo o bien un potencial negativo. Los dos elementos de enfoque 222a 222b más adecuados para enfocar el haz de electrones están conectados al potencial de enfoque positivo. Los elementos de enfoque restantes 222 están conectados a un potencial negativo. En este caso, como hay un elemento de enfoque 222c entre los dos necesarios para el enfoque, ese elemento de enfoque también está conectado al potencial de enfoque positivo.

Haciendo referencia a las figuras 8 y 9, una fuente de electrones comprende varios elementos emisores 318, de los que sólo se muestra uno, estando compuesto cada uno de una tira de metal de tungsteno que se calienta pasando una corriente eléctrica a través de la misma. Una región 318a en el centro de la tira está toriada con el fin de reducir la función de trabajo para la emisión térmica de un electrón desde su superficie. Un supresor 312 comprende un bloque metálico que tiene un canal 313 que se extiende a lo largo de su lado inferior 314 en el que se ubican los elementos emisores 318. Una fila de aberturas 315 están previstas a lo largo del supresor 312 cada una alineada con la región toriada 318a de uno respectivo de los elementos emisores 318. Una serie de elementos de rejilla 320, de los que sólo se muestra uno, se extiende por las aberturas 315 en el supresor 312, es decir, en el lado de las aberturas 315 opuesto a los elementos emisores 318. Cada uno de los elementos de rejilla 320 también tiene una abertura 321 a través del mismo que está alineada con la respectiva abertura de supresor 315 de modo que los electrones que abandonan los elementos emisores 318 pueden viajar como un haz a través de las aberturas 315, 320. Los elementos emisores 318 están conectados a conectores eléctricos 319 y los elementos de rejilla 320 están conectados a conectores eléctricos 330, sobresaliendo los conectores 320, 330 a través de un elemento de base 324, no mostrado en la figura 8, para permitir que una corriente eléctrica pase a través de los elementos emisores 318 y que se controle el potencial de los elementos de rejilla 20.

En funcionamiento, debido a la diferencia de potencial entre los elementos emisores 318 y el electrodo supresor circundante 312, que es normalmente menor de 10 V, se extraen los electrones de la región toriada 318a de los elementos emisores 318. Dependiendo del potencial del respectivo elemento de rejilla 320 ubicado por encima del supresor 312, que puede controlarse individualmente, estos electrones o bien se extraerán hacia el elemento de rejilla 320 o bien permanecerán adyacentes al punto de emisión.

En el caso de que el elemento de rejilla 320 se mantenga a un potencial positivo (por ejemplo + 300 V) con respecto al elemento emisor 318, los electrones extraídos se acelerarán hacia el elemento de rejilla 318 y la mayoría pasará a través de una abertura 321 ubicada en la rejilla 320 por encima de la abertura 315 en el supresor 312. Esto forma un haz de electrones que pasa al interior del campo externo por encima de la rejilla 320.

Cuando el elemento de rejilla 320 se mantiene a un potencial negativo (por ejemplo - 300 V) con respecto al emisor 318 los electrones extraídos se repelerán de la rejilla y permanecerán adyacentes al punto de emisión. Esto reduce a cero cualquier emisión de electrones externa de la fuente.

Esta fuente de electrones puede configurarse para formar parte de un sistema de escáner similar al mostrado en la

figura 5, controlándose individualmente el potencial de cada uno de los elementos de rejilla 330. Esto proporciona un escáner que incluye una fuente de electrones controlada por rejilla en el que la posición de fuente efectiva de la fuente puede variarse en el espacio bajo control electrónico de la misma manera que se describió anteriormente con referencia a la figura 5.

5 Haciendo referencia a la figura 10, en la quinta realización de la invención una fuente de electrones es similar a la de las figuras 8 y 9 con las partes correspondientes indicadas mediante el mismo número de referencia aumentado en 100. En esta realización los elementos emisores 318 se reemplazan por un único filamento de alambre calentado 418 ubicado dentro de una caja supresora 412. Se usan una serie de elementos de rejilla 420 para determinar la posición del punto de fuente efectivo para el haz de electrones externo 440. Debido a la diferencia de potencial que se experimenta a lo largo de la longitud del alambre 318 debido a la corriente eléctrica que se pasa a través del mismo, la eficacia de la extracción de electrones variará con la posición.

15 Para reducir estas variaciones, es posible usar un emisor de óxido secundario 500 como se muestra en la figura 11. Este emisor 500 comprende un material emisor de función de trabajo baja 502 tal como óxido de estroncio-bario dispuesto sobre un tubo eléctricamente conductor 504, que es preferiblemente de níquel. Un alambre de tungsteno 506 se reviste con partículas cerámicas o de vidrio 508 y a continuación se introduce a través del tubo 504. Cuando se usa en la fuente de la figura 10, el tubo de níquel 504 se mantiene a un potencial adecuado con respecto al supresor 412 y se pasa una corriente a través del alambre de tungsteno 506. A medida que el alambre 506 se calienta, la energía térmica irradiada calienta el tubo de níquel 504. Esto a su vez calienta el material emisor 502 que empieza a emitir electrones. En este caso, el potencial de emisor es fijo con respecto al electrodo supresor 412 garantizando de ese modo una eficacia de extracción uniforme a lo largo de la longitud del emisor 500. Además, debido a la buena conductividad térmica del níquel, se compensa cualquier variación en la temperatura del alambre de tungsteno 506, por ejemplo provocada por la variación del espesor durante la fabricación o por procesos de envejecimiento, dando como resultado una extracción de electrones más uniforme para todas las regiones del emisor 500.

25 Haciendo referencia a la figura 12, en una sexta realización de la invención un emisor de electrones controlado por rejilla comprende un bloque pequeño de níquel 600, normalmente de 10x3x3 mm, revestido por un lado 601 (por ejemplo 10x3 mm) con un material de óxido de función de trabajo baja 602 tal como óxido de estroncio bario. El bloque de níquel 600 se mantiene a un potencial de, por ejemplo, entre + 60 V y + 300 V con respecto al electrodo supresor circundante 604, montándolo en un paso eléctrico 606. Uno o más alambres de tungsteno 608 se alimentan a través de orificios aislados 610 en el bloque de níquel 600. Normalmente, esto se consigue revistiendo el alambre de tungsteno con partículas cerámicas o de vidrio 612 antes de pasarlo a través del orificio 610 en el bloque de níquel 600. Una malla de alambre 614 está conectada eléctricamente al supresor 604 y se extiende por la superficie revestida 601 del bloque de níquel 600 de modo que establece el mismo potencial que el supresor 604 por encima de la superficie 601.

35 Cuando se pasa una corriente a través del alambre de tungsteno 608, el alambre se calienta e irradia energía térmica al interior del bloque de níquel circundante 600. El bloque de níquel 600 se calienta, calentando así el revestimiento de óxido 602. A aproximadamente 900° centígrados, el revestimiento de óxido 602 pasa a ser un emisor de electrones efectivo.

40 Si, usando el paso aislado 606, el bloque de níquel 600 se mantiene a un potencial que es negativo (por ejemplo - 60 V) con respecto al electrodo supresor 604, se extraerán electrones del óxido 602 a través de la malla de alambre 614 que es solidaria con el supresor 604 al interior del vacío externo. Si el bloque de níquel 600 se mantiene a un potencial que es positivo (por ejemplo + 60 V) con respecto al electrodo supresor 604, se cortará la emisión de electrones a través de la malla 614. Como los potenciales eléctricos del bloque de níquel 600 y el alambre de tungsteno 608 están aislados entre sí mediante las partículas aislantes 612, el alambre de tungsteno 608 puede fijarse a un potencial normalmente cercano al del electrodo supresor 604.

Usando una pluralidad de bloques emisores revestidos con óxido 600 con uno o más alambres de tungsteno 608 para calentar el conjunto de bloques 600, es posible crear una fuente de electrones de múltiples emisores en la que cada uno de los emisores puede encenderse y apagarse independientemente. Esto permite usar la fuente de electrones en un sistema de escáner, por ejemplo similar al de la figura 5.

50 Haciendo referencia a las figuras 12a, 12b y 12c, en una séptima realización de la invención, una fuente de múltiples emisores comprende un conjunto de bloques de alúmina aislantes 600a, 600b, 600c que soportan varias placas emisoras de níquel 603a revestidas cada una con óxido 602a. Los bloques comprenden un bloque superior rectangular largo 600a, y un bloque inferior de forma correspondiente 600c y dos bloques intermedios 600b que están interpuestos entre los bloques superior e inferior y tienen un hueco entre los mismos que forma un canal 605a que se extiende a lo largo del conjunto. Una bobina calefactora de tungsteno 608a se extiende a lo largo del canal 605a por toda la longitud de los bloques 600a, 600b, 600c. Las placas de níquel 603a son rectangulares y se extienden a través de la superficie superior 601a del bloque superior 600a a intervalos a lo largo de su longitud. Las placas de níquel 603a están separadas entre sí para aislarse eléctricamente entre sí.

Un supresor 604a se extiende a lo largo de los lados de los bloques 600a, 600b, 600c y soporta una malla de

alambre 614a encima de las placas emisoras de níquel 603a. El supresor también soporta varios alambres de enfoque 616a que están ubicados justo por encima de la malla 614a y se extienden a través de la fuente paralelos a las placas de níquel 603a, estando ubicado cada alambre entre dos placas de níquel adyacentes 603a. Los alambres de enfoque 616a y la malla 614a están conectados eléctricamente al supresor 604a y por tanto están al mismo potencial eléctrico.

Como en la realización de la figura 12, la bobina calefactora 608a calienta las placas emisoras 603a de manera que la capa de óxido puede emitir electrones. Las placas 603a se mantienen a un potencial positivo, por ejemplo de + 60 V, con respecto al supresor 604a, pero están conectadas individualmente a un potencial negativo, por ejemplo de - 60 V, con respecto al supresor 604a para hacer que emitan. Como puede verse de la mejor manera en la figura 12a, cuando ninguna de las placas 603a está emitiendo electrones, se enfocan a un haz 607a mediante los dos alambres de enfoque 616a a cada lado de las placas 603a. Esto es debido a que las líneas de campo eléctrico entre las placas emisoras 603a y el ánodo se constriñen ligeramente hacia dentro cuando pasan entre los alambres de enfoque 616a.

Haciendo referencia a la figura 13, una fuente de rayos X 700 está dispuesta para producir rayos X de cada uno de una serie de puntos de fuente de rayos X 702. Éstos pueden estar formados por uno o más ánodos y varias fuentes de electrones como se describió anteriormente. Los puntos de fuente de rayos X 702 pueden encenderse y apagarse individualmente. Se proporciona un único detector de rayos X 704, y el objeto 706 del que va a obtenerse una imagen está situado entre la fuente de rayos X y el detector. Entonces se construye una imagen del objeto 706 usando transformadas de Hadamard como se describe más adelante.

Haciendo referencia a las figuras 14a a 14c, los puntos de fuente 702 están divididos en grupos de números iguales de puntos adyacentes 702. Por ejemplo en el agrupamiento mostrado en la figura 14a, cada grupo consiste en un único punto de fuente 702. Entonces los puntos de fuente 702 en grupos alternos se activan simultáneamente, de modo que en el agrupamiento de la figura 14a se activan puntos de fuente alternos 702a, mientras que cada punto de fuente 702b entre los puntos de fuente activados 702a no se activa. Esto produce un patrón de iluminación de onda cuadrada con una longitud de onda igual a la anchura de dos puntos de fuente 702a, 702b. La cantidad de iluminación de rayos X medida por el detector 704 se registra para este patrón de iluminación. Entonces, se usa otro patrón de iluminación como se muestra en la figura 14b, en el que cada grupo de puntos de fuente 702 comprende dos puntos de fuente adyacentes, y de nuevo se activan grupos alternos 702c, no activándose los grupos intermedios 702d. Esto produce un patrón de iluminación de onda cuadrada como se muestra en la figura 14b con una longitud de onda igual a la anchura de cuatro de los puntos de fuente 702. La cantidad de iluminación de rayos X en el detector 704 se registra otra vez. Entonces se repite este proceso como se muestra en la figura 14c con grupos de cuatro puntos de fuente 702, y también con un gran número de otros tamaños de grupo. Cuando se han usado todos los tamaños de grupo y se han tomado las respectivas mediciones asociadas con las diferentes longitudes de onda de iluminación de onda cuadrada, pueden usarse los resultados para reconstruir un perfil de imagen completa de la capa bidimensional del objeto 706 que se encuentra entre la línea de puntos de fuente 702 y el detector 704 usando transformadas de Hadamard. Es una ventaja de esta disposición que, en lugar de que los puntos de fuente se activen individualmente, en cualquier momento la mitad de los puntos de fuente 702 se activan y la otra mitad no. Por tanto la relación señal a ruido de este método es significativamente mayor que en los métodos en los que los puntos de fuente 702 se activan individualmente para escanear a lo largo de la formación de puntos de fuente.

En un ejemplo general también puede realizarse un análisis por transformada de Hadamard usando una única fuente a un lado del objeto y una formación lineal de detectores al otro lado del objeto. En este caso, en lugar de activar las fuentes en grupos de diferentes tamaños, la única fuente se activa de manera continua y se toman lecturas de los detectores en grupos de diferentes tamaños, que corresponden a los grupos de puntos de fuente 702 descritos anteriormente. El análisis y la reconstrucción de la imagen del objeto son similares a los usados para la disposición de la figura 13.

Haciendo referencia a la figura 15, en una modificación de esta disposición el único detector de la figura 13 se reemplaza por una formación lineal de detectores 804 que se extienden en una dirección perpendicular a la formación lineal de puntos de fuente 802. Las formaciones de puntos de fuente 802 y detectores 804 definen un volumen tridimensional 805 limitado por las líneas 807 que unen los puntos de fuente 802a 802b en los extremos de la formación de puntos de fuente a los detectores 804a, 804b en los extremos de la formación de detectores. Este sistema se hace funcionar exactamente como el de la figura 13, excepto en que para cada agrupamiento de onda cuadrada de puntos de fuente iluminados, se registra la iluminación de rayos X en cada uno de los detectores 804. Para cada detector puede reconstruirse una imagen bidimensional de una capa del objeto 806 dentro del volumen 805, y entonces pueden combinarse las capas para formar una imagen completamente tridimensional del objeto 806.

Haciendo referencia a las figuras 16a y 16b, 17 y 18, en una realización adicional, el elemento emisor 916 comprende una capa emisora de AIN 917 con emisores de función de trabajo baja 918 formados en la misma y una capa calefactora 919 compuesta de un sustrato de nitruro de aluminio (AIN) 920 y un elemento calefactor de platino (Pt) 922, conectados a través de placas de interconexión 924. Entonces unos resortes conductores 926 conectan el sustrato de AIN 920 a una placa de circuito 928. El nitruro de aluminio (AIN) es un material cerámico resistente de

alta conductividad térmica y el coeficiente de expansión térmica del AlN está muy cerca al del platino (Pt). Estas propiedades conducen al diseño de un calefactor-emisor de electrones integrado 916 como se muestra en las figuras 16a y 16b para su uso en aplicaciones de tubo de rayos X.

5 Normalmente el metal Pt se forma en una franja de 1-3 mm de ancho con un espesor de 10-100 micras para dar una resistencia de franja a temperatura ambiente en el intervalo de 5 a 50 ohmios. Pasando una corriente eléctrica a través de la franja, la franja empezará a calentarse y esta energía térmica se disipa directamente al sustrato de AlN. Debido a la excelente conductividad térmica del AlN, el calentamiento del AlN es muy uniforme a través del sustrato, normalmente de 10 a 20 grados. Dependiendo del flujo de corriente y el entorno ambiental, pueden conseguirse temperaturas de sustrato estables superiores a los 1100°C. Ya que tanto el AlN como el Pt son resistentes al ataque por oxígeno, tales temperaturas pueden conseguirse con el sustrato en el aire. Sin embargo, para aplicaciones de tubo de rayos X, el sustrato se calienta normalmente a vacío.

10 Haciendo referencia a la figura 17, unos reflectores de calor 930 están ubicados próximos al lado calentado del sustrato de AlN 920 para mejorar la eficiencia calefactora, reduciendo la pérdida de calor a través de transferencia de calor radiante. En esta realización, la pantalla térmica 930 está formada por una lámina de mica revestida con una fina capa de oro. La adición de una capa de titanio por debajo del oro mejora la adhesión a la mica.

15 Con el fin de generar electrones, se depositan una serie de tiras de Pt 932 sobre el sustrato de AlN 920 en el lado del sustrato de AlN opuesto al calefactor 922 extendiéndose sus extremos alrededor de los lados del sustrato y terminando en el lado inferior del sustrato donde forman las placas 924. Normalmente estas bandas 932 se depositarán usando tintas de Pt y un posterior secado térmico. Entonces se revisten las tiras de Pt 932 en una región central de las mismas con una fina capa de mezcla de carbonato de Sr;Ba;Ca 918. Cuando el material de carbonato se calienta hasta temperaturas normalmente superiores a 700C, se descompondrá en óxidos de Sr;Ba;Ca, materiales con función de trabajo baja que son fuentes de electrones muy eficientes a temperaturas normalmente de 700 – 900°C.

20 Con el fin de generar un haz de electrones, la tira de Pt 932 se conecta a una fuente de energía eléctrica con el fin de suministrar la corriente de haz que se extrae de los óxidos de Sr;Ba;Ca al vacío. En esta realización esto se consigue usando un conjunto como el que se muestra en la figura 17. Aquí, un conjunto de resortes 926 proporciona una conexión eléctrica a las placas 924 y una conexión mecánica al sustrato de AlN. Preferiblemente estos resortes estarán compuestos de tungsteno aunque puede usarse molibdeno u otros materiales. Estos resortes 926 se doblan según la expansión térmica del conjunto emisor de electrones 916, proporcionando un método de interconexión fiable.

25 Las bases de los resortes están preferiblemente ubicadas en tubos de paredes delgadas 934 con mala conductividad térmica pero buena conductividad eléctrica que proporcionan una conexión eléctrica a una placa de circuito de cerámica subyacente 928. Normalmente, esta placa de circuito subyacente 928 proporcionará un paso de vacío para las señales de control/energía que se controlan individualmente por emisores. La placa de circuito está compuesta de la mejor manera de un material con propiedades de baja desgasificación tal como cerámica de alúmina.

30 Una configuración alternativa invierte el tubo de pared fina 934 y el conjunto de resorte 926 de manera que el tubo 934 funciona a alta temperatura y el resorte 926 a baja temperatura como se muestra en la figura 18. Esto permite un mayor número de posibles materiales de resorte ya que se reduce la deformación del resorte a temperaturas más bajas.

35 Es ventajoso en este diseño usar interconexiones de Pt envolventes o pasantes 924 en el sustrato de AlN 920 entre la superficie superior de emisión y el punto inferior de interconexión 924 como se muestra en las figuras 16a y 16b. Alternativamente, puede usarse una disposición de pinzas para conectar la fuente de energía eléctrica a la superficie superior del sustrato de AlN.

40 Es evidente que pueden usarse métodos de ensamblaje alternativos que incluyen ensamblajes soldados, ensamblajes soldados a alta temperatura y otras conexiones mecánicas tales como botones de presión y resortes de tracción.

45 El AlN es un material semiconductor de banda prohibida ancha y se forma un contacto de inyección semiconductor entre el Pt y el AlN. Para reducir la corriente inyectada que puede darse a temperaturas de funcionamiento altas, es ventajoso convertir el contacto de inyección en un contacto de bloqueo. Esto puede conseguirse, por ejemplo, formando una capa de óxido de aluminio sobre la superficie del sustrato de AlN 920 previamente a la fabricación de la metalización de Pt.

50 Alternativamente, pueden usarse otros varios materiales en lugar de Pt, tal como tungsteno o níquel. Normalmente, tales metales pueden sinterizarse en la cerámica durante su proceso de cocción para dar un dispositivo híbrido robusto.

55 En algunos casos, es ventajoso revestir el metal en el sustrato de AlN con un segundo metal tal como Ni. Esto puede ayudar a alargar la vida útil del emisor de óxido o controlar la resistencia del calefactor, por ejemplo.

En una realización adicional el elemento calefactor 922 se forma en la parte trasera del bloque emisor 917 de modo que el lado inferior del bloque emisor 917 de la figura 16a es tal como se muestra en la figura 16b. Entonces las placas conductoras 924 mostradas en las figuras 16a y 16b son el mismo componente, y proporcionan los contactos eléctricos a los elementos conectores 926.

REIVINDICACIONES

1. Fuente de rayos X (700) para un escáner de rayos X que comprende una fuente de electrones que comprende medios de emisión de electrones que definen una pluralidad de regiones de fuente de electrones, una rejilla de extracción (614a) que define una pluralidad de regiones de rejilla asociadas cada una con al menos una respectiva de las regiones de fuente, un ánodo en el que se producen rayos X, y medios de control dispuestos para controlar el potencial eléctrico relativo entre cada una de las regiones de rejilla y la respectiva región de fuente de modo que la posición desde la que se extraen electrones de los medios de emisión puede moverse entre dichas regiones de fuente, caracterizada por que los medios de control están dispuestos para controlar los potenciales eléctricos de las regiones de fuente para extraer electrones de una pluralidad de agrupamientos sucesivos de dichas regiones de fuente produciendo cada agrupamiento una iluminación de rayos X que tiene un patrón de onda cuadrada de una longitud de onda diferente.
2. Fuente de rayos X según la reivindicación 1, en la que las regiones de fuente de electrones están formadas en elementos de emisión respectivos que están aislados eléctricamente entre sí y los medios de control están dispuestos para variar el potencial eléctrico de los elementos de emisión para controlar dichos potenciales eléctricos relativos.
3. Fuente de rayos X según la reivindicación 2, en la que la rejilla está dispuesta para mantenerse a un potencial constante.
4. Fuente de rayos X según la reivindicación 3, que comprende además elementos de enfoque (616a) que también están dispuestos para mantenerse a un potencial constante.
5. Fuente de rayos X según la reivindicación 4, en la que los elementos de enfoque (616a) están dispuestos para mantenerse al mismo potencial que la rejilla.
6. Fuente de rayos X según la reivindicación 4 o reivindicación 5, en la que los elementos de enfoque (616a) están dispuestos de manera que hay un elemento de enfoque entre, aunque separado hacia delante de, cada par de elementos emisores adyacentes.
7. Fuente de rayos X según cualquier reivindicación anterior, en la que los medios de control están dispuestos para activar cada una de las regiones de fuente cada vez.
8. Fuente de rayos X según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, en la que los elementos de emisión comprenden placas emisoras (603a) soportadas sobre un bloque emisor aislante (600a, 600b, 600c) con una capa de material conductor formada sobre el bloque aislante para proporcionar una conexión eléctrica a las placas emisoras.
9. Fuente de rayos X según la reivindicación 8, en la que las placas emisoras se aplican sobre las capas de material conductor.
10. Fuente de rayos X según cualquiera de las reivindicaciones 8 y 9, que comprende además un elemento de calefacción adyacente al bloque emisor.
11. Fuente de rayos X según la reivindicación 10, en la que el elemento de calefacción comprende un bloque de material aislante con una capa de material conductor aplicada sobre el mismo formando un elemento de calefacción.
12. Fuente de rayos X según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, que comprende además un elemento de conexión que proporciona conexiones eléctricas para cada una de las placas emisoras y resortes (926) que proporcionan conexiones eléctricas entre el elemento de conexión y el bloque emisor.
13. Fuente de rayos X según la reivindicación 12, en la que los resortes están dispuestos para absorber el movimiento relativo del elemento de conexión y la placa emisora provocado por expansión térmica.

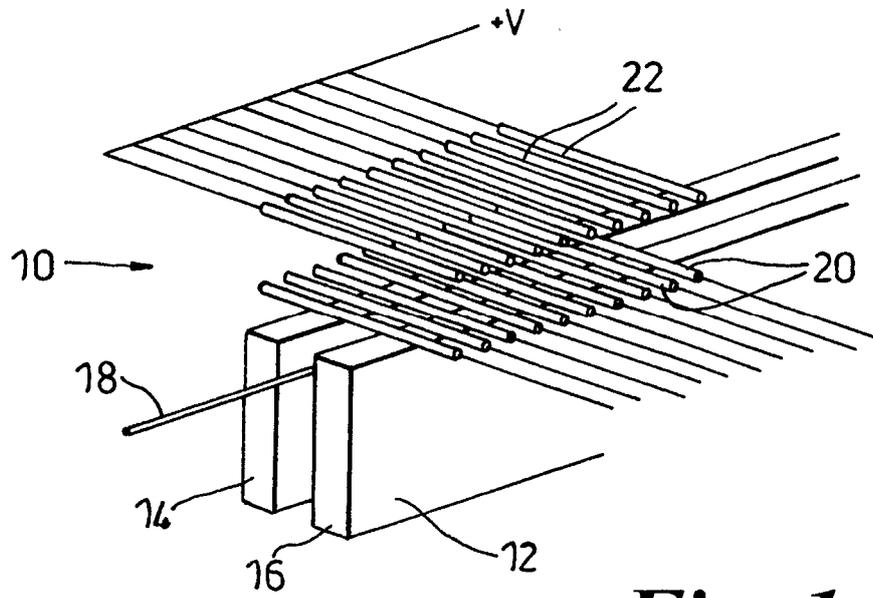


Fig. 1

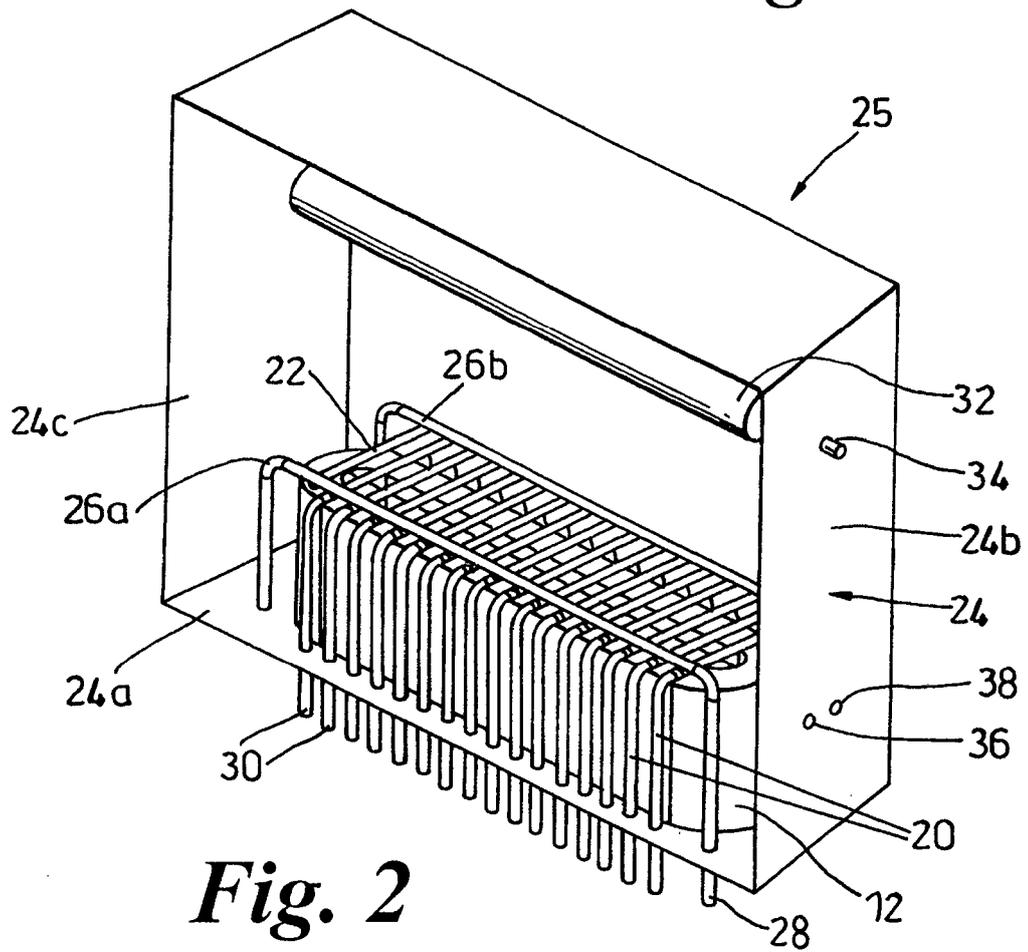


Fig. 2

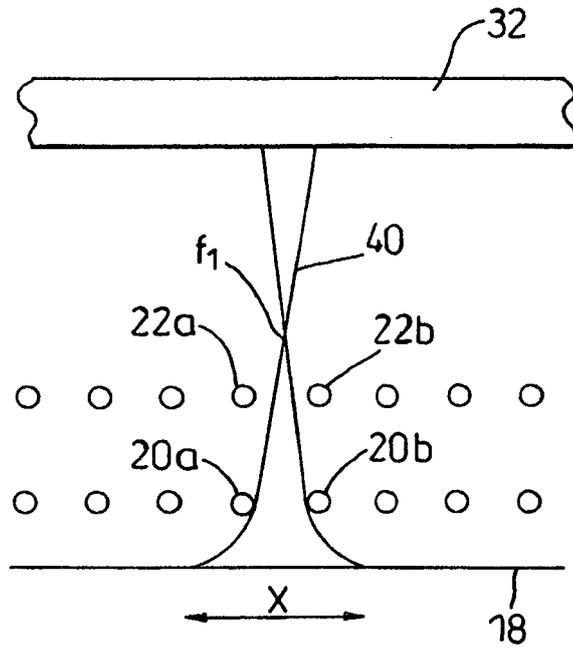


Fig. 3

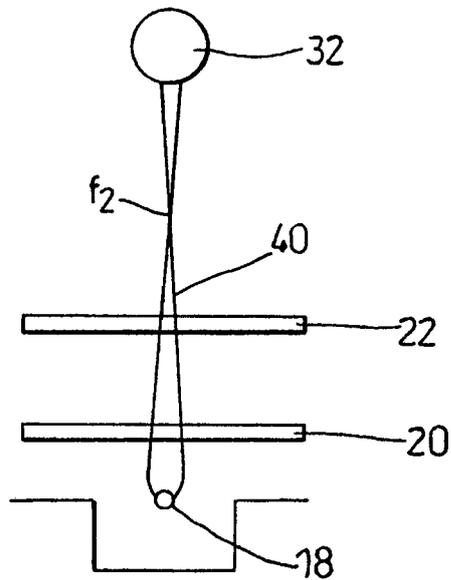


Fig. 4

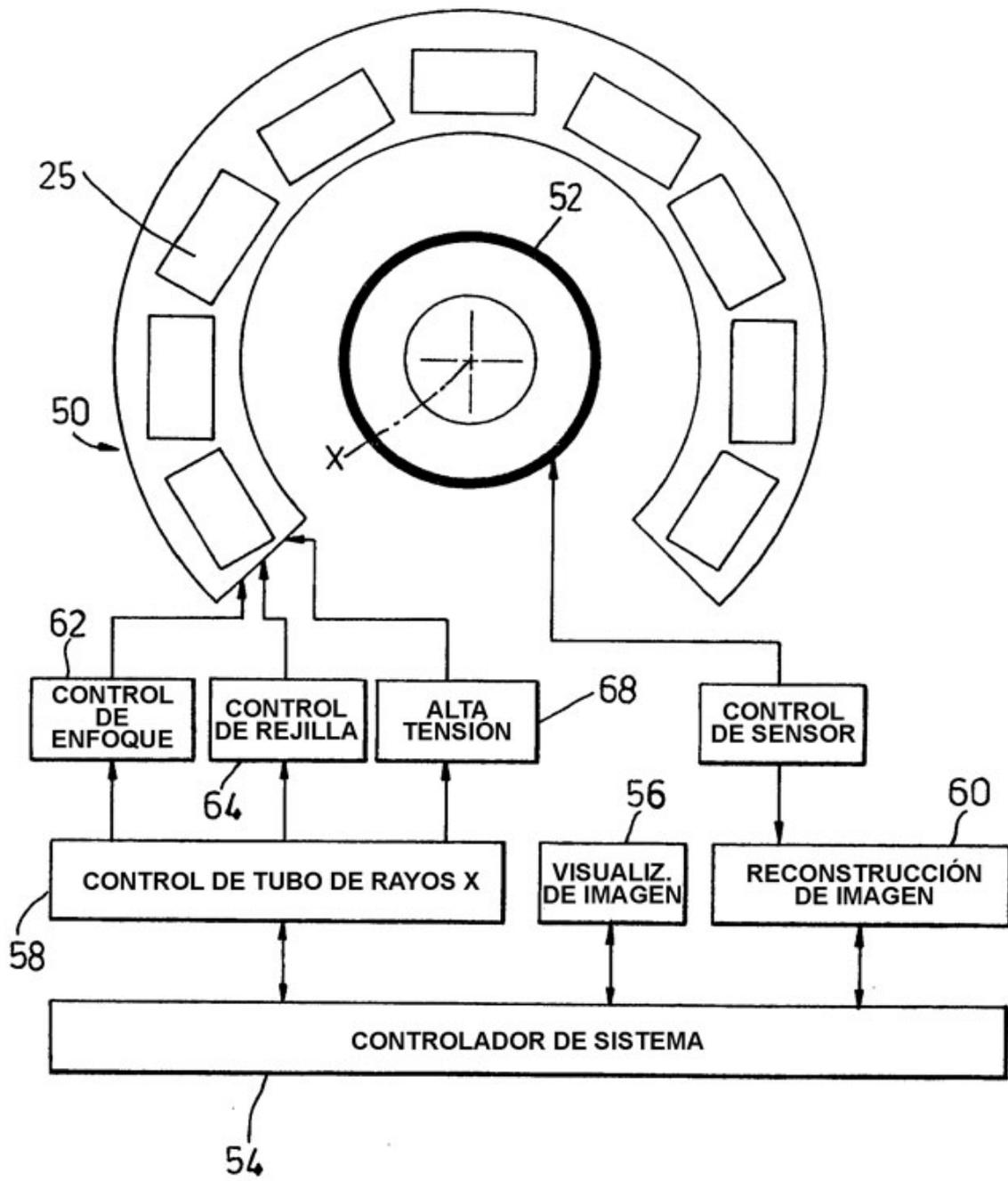


Fig. 5

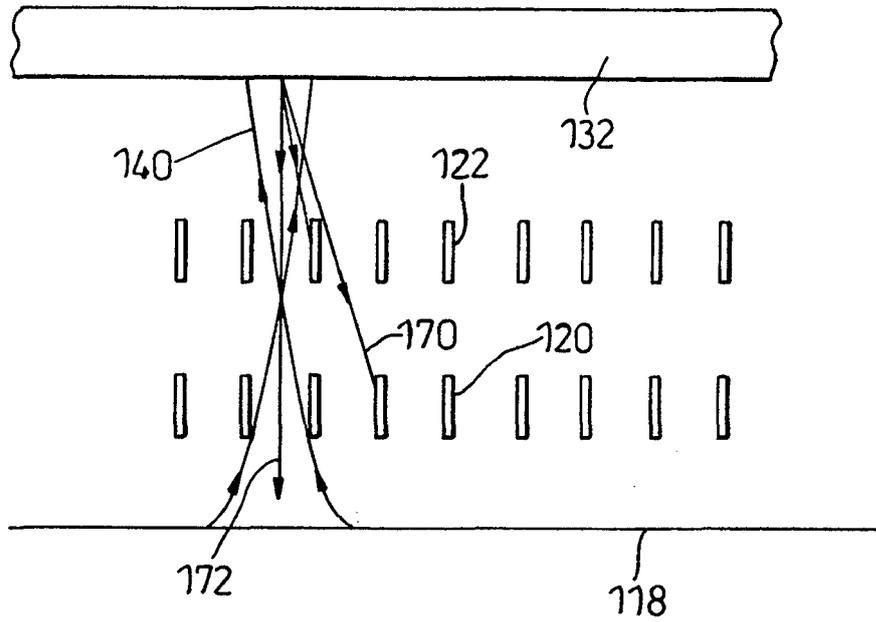


Fig. 6

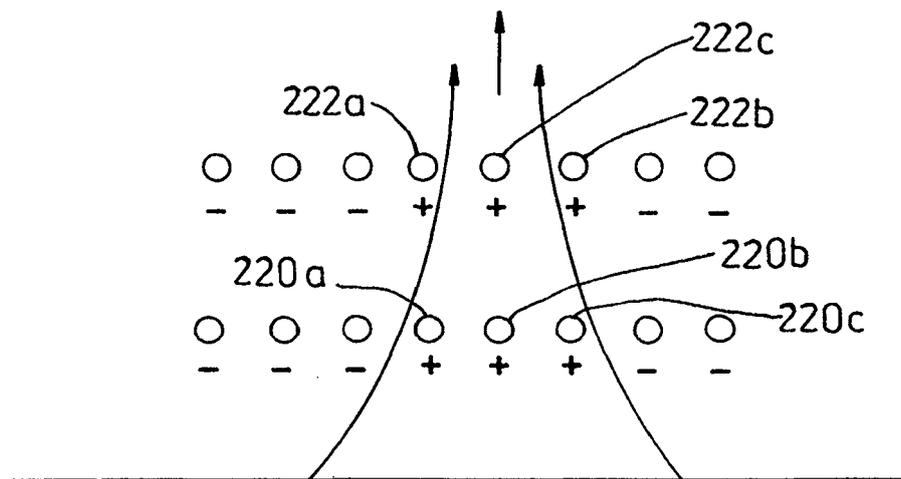


Fig. 7

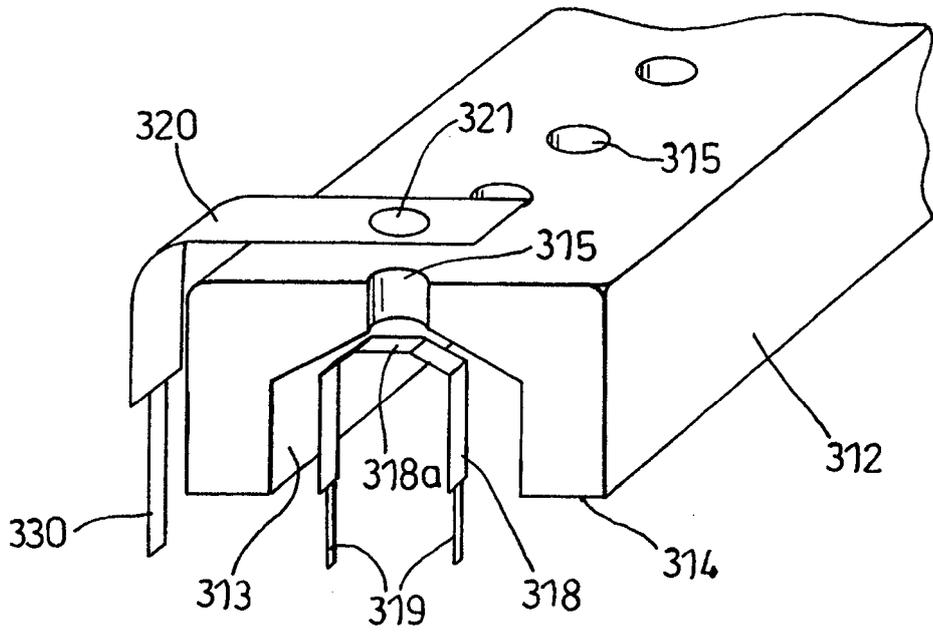


Fig. 8

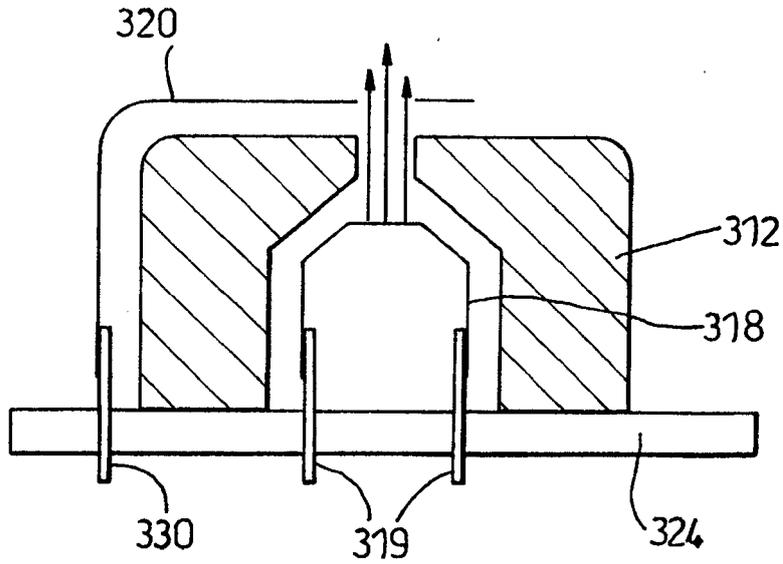


Fig. 9

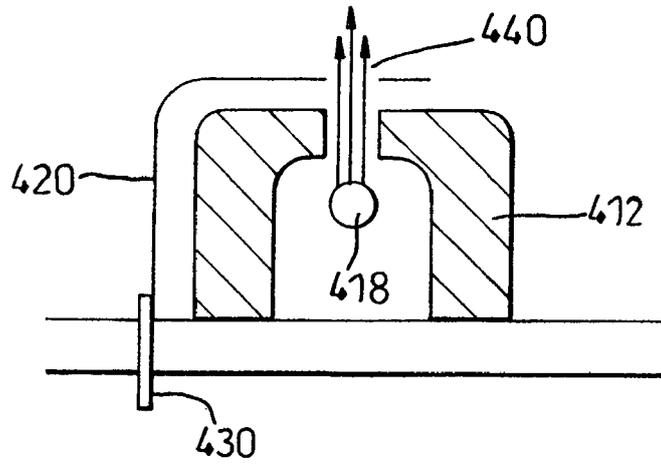


Fig. 10

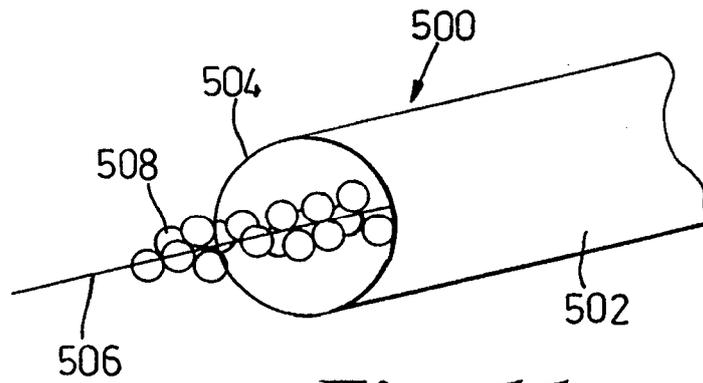


Fig. 11

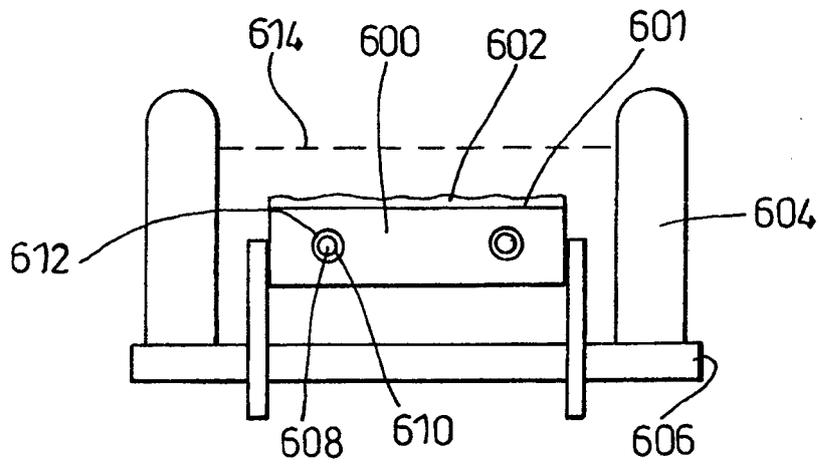


Fig. 12

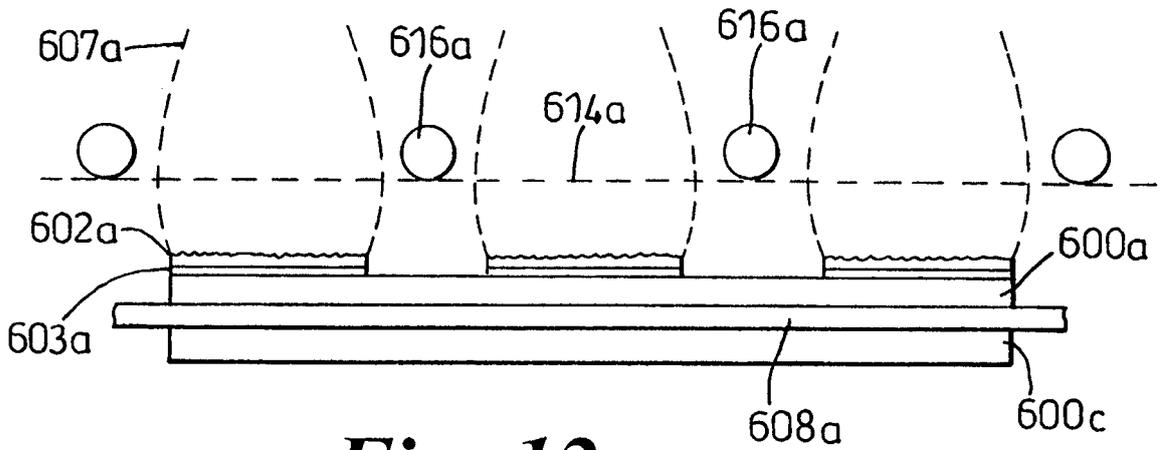


Fig. 12a

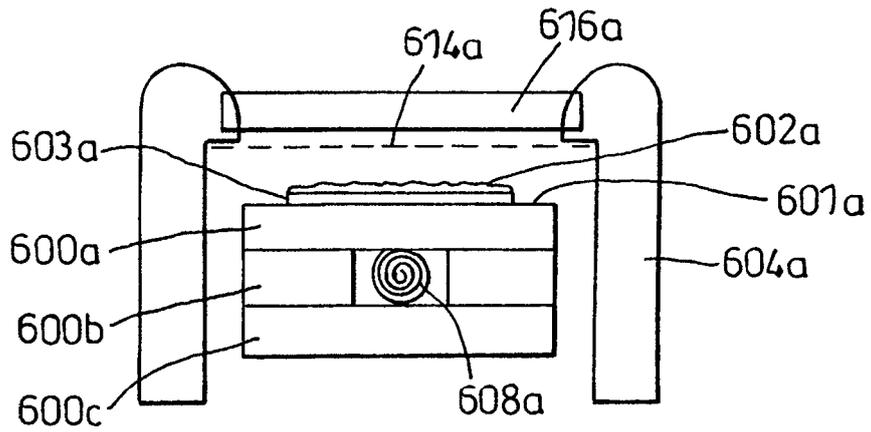


Fig. 12b

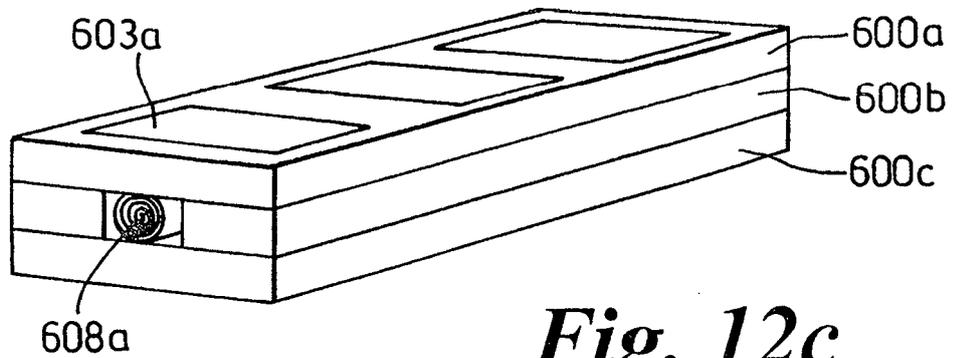


Fig. 12c

