

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 445 141**

51 Int. Cl.:

H01J 35/06 (2006.01)

H01J 35/04 (2006.01)

H01J 35/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.04.2004** **E 10185015 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2013** **EP 2267750**

54 Título: **Fuentes de electrones de tubos de rayos X**

30 Prioridad:

25.04.2003 GB 0309383

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

28.02.2014

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 2 445 141 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

Fuentes de electrones de tubos de rayos X

La presente invención se refiere a tubos de rayos X, a fuentes de electrones para tubos de rayos X y a sistemas de formación de imágenes con rayos X.

- 5 Los tubos de rayos X incluyen una fuente de electrones, que puede ser un emisor termiónico o una fuente de cátodos fríos, alguna forma de dispositivo de extracción, tal como una rejilla, que puede conmutar entre un potencial de extracción y un potencial de bloqueo para controlar la extracción de electrones procedentes del emisor, y un ánodo que produce los rayos X cuando los electrones impactan en el mismo. Ejemplos de tales sistemas se dan a conocer en el documento US 4.274.005 y en el documento US 5.259.014.
- 10 Debido al creciente uso 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 baratos y que tengan una larga vida útil.
- 15 Por consiguiente, la presente invención proporciona una fuente de electrones para un escáner de rayos X que comprende un medio de emisión de electrones que comprende elementos emisores que definen una pluralidad de regiones de fuente de electrones, una rejilla de extracción que define una pluralidad de regiones de rejilla, cada una asociada a al menos una región de fuente respectiva de las regiones de fuente, y un medio de control dispuesto para controlar el potencial eléctrico relativo entre cada una de las regiones de rejilla y la región de fuente respectiva de manera que la posición desde la cual los electrones se extraen del medio de emisión puede moverse entre dichas regiones de fuente, donde la fuente de electrones comprende además un supresor que comprende un bloque que presenta un canal que se extiende a lo largo de su lado inferior en el que los elementos emisores están ubicados y una pluralidad de aberturas, cada una alineada con una de las regiones de fuente de electrones, por lo que el supresor rodea los elementos emisores y se mantiene a una tensión constante, y la diferencia de potencial entre los elementos emisores y el supresor es tal que los electrones se extraen de las regiones de fuente.
- 20 La rejilla de extracción puede comprender una pluralidad de elementos de rejilla separados a lo largo del medio de emisión. En este caso, cada región de rejilla puede comprender uno o más de los elementos de rejilla.
- 25 El medio de emisión puede comprender, por ejemplo, un elemento emisor alargado y los elementos de rejilla pueden estar separados a lo largo del elemento emisor, de manera que cada región de fuente está en una posición respectiva a lo largo del elemento emisor.
- 30 Preferentemente, el medio de control está dispuesto para conectar cada uno de los elementos de rejilla a un potencial eléctrico de extracción, que es positivo con respecto al medio de emisión, o a un potencial eléctrico de inhibición, que es negativo con respecto al medio de emisión. Más preferentemente, el medio de control está dispuesto 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 preferentemente, cada uno de los elementos de rejilla puede conectarse al mismo potencial eléctrico al igual que cualquiera de los elementos de rejilla adyacentes al mismo, de manera que puede formar parte de dos de dichos pares diferentes.
- 35 El medio de control puede estar dispuesto, cuando cada uno de dichos pares adyacentes está conectado al potencial de extracción, para conectar los elementos de rejilla situados a cada lado del par, o incluso todos los elementos de rejilla que no forman parte del par, al potencial de inhibición.
- 40 Los elementos de rejilla comprenden preferentemente elementos alargados paralelos y el elemento emisor, que también es un elemento alargado, se extiende preferentemente de manera sustancialmente perpendicular a los elementos de rejilla.
- Los elementos de rejilla pueden comprender hilos y, más preferentemente, son planos y se extienden en un plano sustancialmente perpendicular al elemento emisor para proteger al elemento emisor contra el bombardeo iónico inverso procedente del ánodo. Los elementos de rejilla están preferentemente separados del medio de emisión en una distancia casi idéntica a la distancia entre elementos de rejilla adyacentes.
- 45 La fuente de electrones comprende además preferentemente una pluralidad de elementos de enfoque, que también pueden ser alargados y son preferentemente paralelos a los elementos de rejilla, dispuestos para enfocar los haces de electrones después de que hayan pasado por los elementos de rejilla. Más preferentemente, 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 de elementos de enfoque correspondientes.
- 50 Preferentemente, los elementos de enfoque están dispuestos para conectarse a un potencial eléctrico que es negativo con respecto al emisor. Preferentemente, los elementos de enfoque están dispuestos para conectarse a un potencial eléctrico que es positivo con respecto a los elementos de rejilla.

Preferentemente, el medio de control está dispuesto 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 hilos, y pueden ser planos, que se extienden en un plano sustancialmente perpendicular al elemento emisor para proteger al elemento emisor contra el bombardeo iónico inverso procedente de un ánodo.

10 Los elementos de rejilla están preferentemente separados del emisor, de manera que si un grupo de uno o más elementos de rejilla adyacentes conmutan con respecto al potencial de extracción se extraerán electrones a partir de una longitud del elemento emisor que es mayor que el ancho de dicho grupo de elementos de rejilla. Por ejemplo, los elementos de rejilla pueden estar separados del elemento emisor en una distancia que es al menos casi idéntica a la distancia entre elementos de rejilla adyacentes, que puede ser del orden de 5 mm.

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

15 La presente invención proporciona además un sistema de tubos de rayos X que comprende una fuente de electrones según la invención y al menos un ánodo. Preferentemente, el al menos un ánodo comprende un ánodo alargado dispuesto de manera que los haces de electrones producidos por diferentes elementos de rejilla impactarán en diferentes partes del ánodo.

Un escáner de rayos X puede comprender un tubo de rayos X según la invención y un medio de detección de rayos X, donde el medio de control está dispuesto para producir rayos X a partir de puntos de fuente respectivos de rayos X en dicho al menos un ánodo y para recopilar conjuntos de datos respectivos procedentes del medio de detección.

20 Preferentemente, el medio de detección comprende una pluralidad de detectores. Más preferentemente, el medio de control está dispuesto para controlar los potenciales eléctricos de las regiones de fuente o de las regiones de rejilla para extraer electrones a partir de una pluralidad de agrupaciones sucesivas de dichas regiones de fuente, produciendo cada agrupación una iluminación que tiene un patrón de ondas cuadradas de una longitud de onda diferente, y para registrar una lectura del medio de detección para cada una de las iluminaciones. Aún más preferentemente, el medio de control está dispuesto además para aplicar una transformación matemática a las lecturas registradas para reconstruir las características de un objeto situado entre el tubo de rayos X y el detector.

25 Preferentemente, los puntos de fuente están colocados en una disposición lineal. Preferentemente, el medio de detección comprende una disposición lineal de detectores que se extiende en una dirección sustancialmente perpendicular a la disposición lineal de puntos de fuente. Más preferentemente, el medio de control está dispuesto para registrar una lectura de cada uno de los detectores para cada iluminación. Esto puede permitir que el medio de control use las lecturas de cada uno de los detectores para reconstruir características de una capa respectiva del objeto. Preferentemente, el medio de control está dispuesto para usar las lecturas para generar una reconstrucción tridimensional del objeto.

30 Preferentemente, el medio de control está dispuesto para hacer funcionar los puntos de fuente en dicha pluralidad de agrupaciones y las lecturas se toman simultáneamente desde cada uno de los detectores para cada una de dichas agrupaciones. Como alternativa, el medio de control puede estar dispuesto para hacer funcionar los detectores en dicha pluralidad de agrupaciones y, para cada agrupación, activar por turnos cada uno de los puntos de fuente para producir lecturas respectivas.

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

- la Figura 1 muestra una fuente de electrones según un ejemplo;
- la Figura 2 muestra una unidad emisora de rayos X 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 la trayectoria de los electrones dentro de la unidad;
- 45 la Figura 4 es una sección longitudinal a través de la unidad de la Figura 2 que muestra la trayectoria de los electrones dentro de la unidad;
- la Figura 5 es un diagrama de un sistema de formación de imágenes con rayos X que incluye una pluralidad de unidades emisoras según la invención;
- 50 la Figura 6 es un diagrama de un tubo de rayos X según un segundo ejemplo;
- la Figura 7 es un diagrama de un tubo de rayos X según un tercer ejemplo;
- la Figura 8 es una vista en perspectiva de un tubo de rayos X según una 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 un cuarto ejemplo;
- 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 un quinto ejemplo;
 la Figura 12a es una sección longitudinal a través de un tubo de rayos X según un sexto ejemplo;
 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;
 5 la Figura 13 es una representación esquemática de un sistema de escaneo con rayos X según una realización de la invención;
 las Figuras 14a, 14b y 14c muestran el funcionamiento del sistema de la Figura 13;
 la Figura 15 es una representación esquemática de un sistema de escaneo con rayos X según una realización de la invención;
 10 las Figuras 16a y 16b muestran una capa emisora y una capa calentadora de un emisor según un séptimo ejemplo;
 la Figura 17 muestra un elemento emisor que incluye la capa emisora y la capa calentadora de las Figuras 16a y 16b; y
 la Figura 18 muestra una disposición alternativa del elemento emisor mostrado en la Figura 17.

15 Haciendo referencia a la Figura 1, una fuente de electrones 10 comprende un supresor metálico conductor 12 que tiene dos lados 14, 16, y un elemento emisor 18 que se extiende a lo largo entre los lados 14, 16 del supresor. Una pluralidad de elementos de rejilla en forma de hilos 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 hilos de rejilla tienen un diámetro de 0,5 mm y están separados en una
 20 distancia de 5 mm. También están separados 5 mm aproximadamente del elemento emisor 18. Una pluralidad de elementos de enfoque en forma de hilos de enfoque 22 están soportados en otro plano en el lado opuesto de los hilos de rejilla con respecto al elemento emisor. Los hilos de enfoque 22 son paralelos a los hilos de rejilla 20 y están separados entre sí con la misma separación, 5 mm, que los hilos de rejilla, estando alineado cada hilo de enfoque 22 con un hilo de rejilla respectivo de los hilos de rejilla 20. Los hilos de enfoque 22 están separados 8
 25 mm aproximadamente de los hilos de rejilla 20.

Como se muestra en la Figura 2, la fuente 10 está encerrada en un alojamiento 24 de una unidad emisora 25, estando soportado el supresor 12 en la base 24a del alojamiento 24. Los hilos 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 en la base 24a del alojamiento 24. Los carriles de soporte 26a, 26b conducen electricidad, de manera que todos los hilos 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 del alojamiento 24 para proporcionar una conexión eléctrica para los hilos de enfoque 22. Cada uno de los hilos de rejilla 20 se extiende hacia abajo siguiendo un lado 16 del supresor 12 y está conectado a un conector eléctrico 30 respectivo que proporciona diferentes conexiones eléctricas para cada uno de los hilos de rejilla 20.

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

40 El elemento emisor 18 está soportado en los extremos 12a, 12b del supresor 12, pero está eléctricamente aislado del mismo, y es calentado por medio de una corriente eléctrica suministrada al mismo a través de conectores adicionales 36, 38 en el alojamiento 24. En este ejemplo, el emisor 18 está formado por un núcleo de hilo de wolframio, que actúa como el calentador, un recubrimiento de níquel sobre el núcleo y una capa de óxido de tierras raras que presenta una baja función de trabajo sobre el níquel. Sin embargo, también pueden usarse otros tipos de emisor, tal como un hilo de wolframio simple.

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

50 Todos los hilos de rejilla 20, además de los hilos 20a, 20b del par de extracción, inhiben, e incluso impiden sustancialmente, la emisión de electrones hacia el ánodo sobre la mayor parte de la longitud del elemento emisor 18. Esto se debe a que están a un potencial que es negativo con respecto al emisor 18 y, por lo tanto, la dirección del campo eléctrico entre los hilos de rejilla 20 y el emisor 18 tiende a devolver los electrones emitidos hacia el emisor 18. Sin embargo, el par de extracción 20a, 20b, que está a un potencial positivo con respecto al emisor 18,
 55

- 5 atrae a los electrones emitidos alejándolos del emisor 18, produciendo de este modo un haz 40 de electrones que pasa entre los hilos de extracción 20a, 20b y que se dirige hacia el ánodo 32. Debido a la separación de los hilos de rejilla 20 con respecto al elemento emisor 18, los electrones emitidos desde una longitud x del elemento emisor 18, que es considerablemente mayor que la separación entre los dos hilos de rejilla 20a, 20b, son arrastrados dentro del haz que pasa entre el par de hilos 20a, 20b. Por lo tanto, los hilos de rejilla 20 no solo sirven para extraer los electrones, sino también para enfocarlos juntos dentro del haz 40. La longitud del emisor 18 de la que se extraerán los electrones depende de la separación de los hilos de rejilla 20 y de la diferencia de potencial entre el par de extracción 20a, 20b y los hilos de rejilla 20 restantes.
- 10 Después de pasar entre los dos hilos de rejilla de extracción 20a, 20b, el haz 40 es atraído hacia y pasa entre el par de hilos de enfoque 22a, 22b correspondientes. El haz converge hacia una línea focal f_1 que está entre los hilos de enfoque 22 y el ánodo 32, y después diverge de nuevo hacia el ánodo 32. El potencial positivo de los hilos de enfoque 22 puede variarse para modificar la posición de la línea focal f_1 para variar de este modo el ancho del haz cuando incide en el ánodo 32.
- 15 Haciendo referencia a la Figura 4, vista en la dirección longitudinal del emisor 18 y el ánodo 32, el haz de electrones 40 converge de nuevo hacia una línea focal f_2 entre los hilos de enfoque 22 y el ánodo 32, dependiendo en gran medida la posición de la línea focal f_2 de la intensidad de campo producida entre el emisor 18 y el ánodo 32.
- 20 Haciendo de nuevo referencia a la Figura 2, con el fin de producir un haz de electrones móvil, pares sucesivos de hilos de rejilla adyacentes 20 pueden conectarse al potencial de extracción en una sucesión rápida para variar de este modo la posición del ánodo 32 en la que van a producirse los rayos X.
- 25 El hecho de que la longitud x del emisor 18 desde la que se extraen los electrones sea significativamente mayor que la separación entre los hilos 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 cual pueden extraerse los electrones para cada haz es significativamente mayor que la separación de haz mínima. Esto se debe a que cada parte del emisor 18 puede emitir electrones que pueden ser arrastrados dentro de haces en una pluralidad de posiciones diferentes. Esto permite que el emisor 18 funcione a una temperatura relativamente baja en comparación con una fuente convencional para proporcionar una corriente de haz equivalente. Como alternativa, si se usa la misma temperatura como en una fuente convencional, puede producirse una corriente de haz que es mucho mayor, hasta en un factor de siete. Además, las variaciones en el brillo de la fuente a través de la longitud del emisor 18 se desvanecen, de modo que la variación de intensidad resultante de los haces extraídos de diferentes partes del emisor 18 se reduce en gran medida.
- 30 Haciendo referencia a la Figura 5, un escáner de rayos X 50 está configurado en una geometría convencional y comprende una serie de unidades emisoras 25 dispuestas en un arco alrededor de un eje Z de escáner central y orientadas para emitir rayos X hacia el eje Z del escáner. Un anillo de sensores 52 está colocado dentro de los emisores, dirigidos hacia dentro hacia el eje Z del escáner. Los sensores 52 y las unidades emisoras 25 están descentrados entre sí a lo largo del eje Z, de manera que los rayos X emitidos desde las unidades emisoras pasan por los sensores más cercanos a las mismas, a través del eje Z, y son detectados por los sensores más alejados de las mismas. El escáner es controlado por un sistema de control que realiza varias funciones representadas mediante 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 tubos de rayos X 58 y un bloque de reconstrucción de imágenes 60. El bloque de control de tubos de rayos X 58 controla un bloque de control de enfoque 62 que controla los potenciales de los hilos de enfoque 22 en cada una de las unidades emisoras 25, un bloque de control de rejilla 64 que controla el potencial de los hilos de rejilla individuales 20 en cada unidad emisora 25 y una fuente de alta tensión 68 que proporciona energía al ánodo 32 de cada uno de los bloques emisores y energía a los elementos emisores 18. El bloque de reconstrucción de imágenes 60 controla y recibe datos procedentes de un bloque de control de sensor 70 que, a su vez, controla y recibe datos procedentes de los sensores 52.
- 35 En funcionamiento, un objeto que va a escanearse recorre el eje Z, el haz de rayos X pasa a su vez por cada unidad emisora para rotar alrededor del objeto y los sensores 52 detectan los rayos X que atraviesan el objeto desde cada posición de fuente de rayos X en cada unidad. Los datos de los sensores 52 para cada punto de fuente de rayos X en el escaneo se registran como un conjunto de datos respectivo. Los conjuntos de datos de cada rotación de la posición de fuente de rayos X pueden analizarse para producir una imagen de un plano a través del objeto. El haz se hace girar repetidamente a medida que el objeto recorre el eje Z para generar una imagen tomográfica tridimensional de todo el objeto.
- 40
- 45
- 55 Haciendo referencia a la Figura 6, en un segundo ejemplo de la invención, los elementos de rejilla 120 y los elementos de enfoque 122 están formados como tiras planas. Los elementos 120, 122 están colocados como en el

5 primer ejemplo, pero el plano de las tiras es perpendicular al elemento emisor 118 y al ánodo 132, y es paralelo a la dirección en la que el elemento emisor 118 está dispuesto para emitir electrones. Una ventaja de esta disposición es que los iones 170 producidos por el haz de electrones 140 que incide en el ánodo 132 y es devuelto al emisor son bloqueados en gran medida por los elementos 120, 122 antes de que lleguen al emisor. Un pequeño número de iones 172 que vuelven directamente a lo largo de la trayectoria del haz de electrones 140 llegará al emisor, pero el daño total producido en el emisor debido al bombardeo iónico inverso se reduce sustancialmente. En algunos casos puede ser suficiente que solo los elementos de rejilla 120 o solo los elementos de enfoque 122 sean planos.

10 En el ejemplo de la Figura 6, el ancho de las tiras 120, 122 es casi idéntico a su distancia de separación, es decir, 5 mm aproximadamente. Sin embargo, se apreciará que pueden ser sustancialmente más anchas.

15 Haciendo referencia a la Figura 7, en un tercer ejemplo los elementos de rejilla 220 y los elementos de enfoque 222 están más cerca entre sí que en el primer ejemplo. Esto permite que grupos de más de dos de los elementos de rejilla 220a, 220b, 220c, tres en el ejemplo mostrado, puedan conmutar al potencial de extracción para formar una ventana de extracción en la rejilla de extracción. En este caso, el ancho de la ventana de extracción es casi idéntico al ancho del grupo de tres elementos 220. La separación de los elementos de rejilla 220 con respecto al emisor 218 es casi idéntica al ancho de la ventana de extracción. Los elementos de enfoque también están conectados a un potencial positivo por medio de conmutadores individuales, de manera que cada uno de ellos puede conectarse o bien al potencia positivo o bien a un potencial negativo. Los dos elementos de enfoque 222a, 222b más adecuados para enfocar el haz de electrones se conectan al potencial de enfoque positivo. Los elementos de enfoque restantes 222 se conectan a un potencial negativo. En este caso, como hay un elemento de enfoque 222c entre los dos requeridos para el enfoque, ese elemento de enfoque también se conecta al potencial de enfoque positivo.

25 Haciendo referencia a las Figuras 8 y 9, una fuente de electrones según una realización de la invención comprende una pluralidad de elementos emisores 318, de los cuales solo se muestra uno, estando formado cada uno por una tira metálica de wolframio que es calentada haciendo pasar una corriente eléctrica por la misma. Una región 318a en el centro de la tira es 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 están ubicados los elementos emisores 318. Una fila de aberturas 315 está prevista a lo largo del supresor 312, cada una alineada con la región toriada 318a de un elemento emisor respectivo de los elementos emisores 318. Una serie de elementos de rejilla 320, de los cuales solo se muestra uno, se extiende a lo largo de las aberturas 315 en el supresor 312, es decir, en el lado opuesto de las aberturas 315 con respecto a los elementos emisores 318. Cada uno de los elementos de rejilla 320 tiene además una abertura 321 a través del mismo que está alineada con la abertura de supresor 315 respectiva, de manera que los electrones que salen de los elementos emisores 318 pueden desplazarse 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 se controle el potencial de los elementos de rejilla 20.

40 En funcionamiento, debido a la diferencia de potencial entre los elementos emisores 318 y el electrodo supresor circundante 312, que es normalmente inferior a 10 V, se extraen electrones de la región toriada 318a de los elementos emisores 318. Dependiendo del potencial del elemento de rejilla respectivo 320 situado 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.

45 En 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 aumentarán su velocidad hacia el elemento de rejilla 318 y la mayor parte pasará a través de una abertura 321 situada en la rejilla 320 encima de la abertura 315 en el supresor 312. Esto forma un haz de electrones que pasa por el campo externo encima de la rejilla 320.

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

55 Esta fuente de electrones puede configurarse para formar parte de un sistema de escáner similar al mostrado en la Figura 5, controlándose de manera individual el potencial de cada uno de los elementos de rejilla 330. Esto proporciona un escáner que incluye una fuente de electrones controlada por rejilla, donde la posición de fuente eficaz puede modificarse en el espacio mediante un control electrónico de la misma manera que la descrita anteriormente con referencia a la Figura 5.

Haciendo referencia a la Figura 10, en el cuarto ejemplo, una fuente de electrones es similar a la de las Figuras 8 y 9, donde las partes correspondientes se indican con el mismo número de referencia incrementado en 100. En este ejemplo, los elementos emisores 318 se han sustituido por un único filamento calentado 418 situado dentro de una caja de supresor 412. Se usa una serie de elementos de rejilla 420 para determinar la posición del punto de fuente eficaz para el haz de electrones externo 440. Debido a la diferencia de potencial que se experimenta a lo largo de la longitud del hilo 318 debido a la corriente eléctrica que pasa a través del mismo, la eficacia de la extracción de electrones variará con la posición.

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 baja función de trabajo 502, tal como óxido de estroncio-bario dispuesto sobre un tubo eléctricamente conductor 504 que es preferentemente de níquel. Un hilo de wolframio 506 se cubre con partículas de vidrio o de cerámica 508 y después se hace pasar por el 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 hace pasar una corriente a través del hilo de wolframio 506. A medida que el hilo 506 se calienta, la energía térmica radiada calienta el tubo de níquel 504. A su vez, esto calienta el material emisor 502, el cual empieza a emitir electrones. En este caso, el potencial emisor se fija con respecto al electrodo supresor 412 para garantizar una eficacia de extracción uniforme a lo largo de la longitud del emisor 500. Además, debido a la buena conductividad térmica del níquel, cualquier variación de temperatura del hilo de wolframio 506, por ejemplo causada por la variación de grosor durante la fabricación o por el envejecimiento, se equilibra, dando como resultado una extracción de electrones más uniforme para todas las regiones del emisor 500.

Haciendo referencia a la Figura 12, en un quinto ejemplo, un emisor de electrones controlado por rejilla comprende un pequeño bloque de níquel 600, normalmente de 10x3x3 mm, cubierto en un lado 601 (por ejemplo, 10x3 mm) por un material de óxido de baja función de trabajo 602, tal como óxido de estroncio-bario. El bloque de níquel 600 se mantiene a un potencial comprendido, por ejemplo, entre +60 V y +300 V con respecto al electrodo supresor circundante 604 montándose sobre una barra eléctricamente conductora 606. Uno o más hilos de wolframio 608 se introducen a través de orificios aislados 610 del bloque de níquel 600. Normalmente, esto se consigue cubriendo el hilo de wolframio con partículas de vidrio o de cerámica 612 antes de hacerlo pasar a través del orificio 610 del bloque de níquel 600. Una tela metálica 614 está conectada eléctricamente al supresor 604 y se extiende por la superficie cubierta 601 del bloque de níquel 600, de manera que establece el mismo potencial que el supresor 604 encima de la superficie 601.

Cuando se hace pasar una corriente a través del hilo de wolframio 608, el hilo se calienta e irradia energía térmica dentro del bloque de níquel circundante 600. El bloque de níquel 600 aumenta su temperatura, calentando de este modo el recubrimiento de óxido 602. A 900 grados centígrados aproximadamente, el recubrimiento de óxido 602 pasa a ser un emisor de electrones eficaz.

Si, usando la barra conductora aislada 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 tela metálica 614, que es solidaria con el supresor 604, al 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, la emisión de electrones a través de la tela 614 se interrumpirá. Puesto que los potenciales eléctricos del bloque de níquel 600 y del hilo de wolframio 608 se aíslan entre sí mediante las partículas aislantes 612, el hilo de wolframio 608 puede fijarse a un potencial normalmente aproximado al del electrodo supresor 604.

Usando una pluralidad de bloques emisores cubiertos por óxido 600 con uno o más hilos de wolframio 608 para calentar el conjunto de bloques 600, es posible crear una fuente de electrones para múltiples emisores, donde cada uno de los emisores puede encenderse y apagarse de manera independiente. Esto permite que la fuente de electrones pueda usarse en un sistema de escáner, por ejemplo similar al de la Figura 5.

Haciendo referencia a las Figuras 12a, 12b y 12c, en un sexto ejemplo, una fuente para múltiples emisores comprende un ensamblado de bloques de alúmina aislantes 600a, 600b, 600c, que soporta una pluralidad de pastillas emisoras de níquel 603a, cada una cubierta con óxido 602a. Los bloques comprenden un bloque superior 600a largo y rectangular, un bloque inferior 600c conformado de manera correspondiente y dos bloques intermedios 600b que están intercalados entre los bloques superior e inferior, y presentan un hueco entre los mismos que forma un canal 605a que extiende a lo largo del ensamblado. Una bobina calentadora de wolframio 608a se extiende a lo largo del canal 605a por toda la longitud de los bloques 600a, 600b, 600c. Las pastillas 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 pastillas de níquel 603a están separadas para estar aisladas eléctricamente entre sí.

Un supresor 604a se extiende a lo largo de los lados de los bloques 600a, 600b, 600c y soporta una tela metálica 614a sobre las pastillas emisoras de níquel 603a. El supresor también soporta una pluralidad de hilos de enfoque

616a que están situados justo por encima de la tela 614a y que se extienden a través de la superficie paralela a las pastillas de níquel 603a, estando situado cada hilo entre dos pastillas de níquel 603a adyacentes. Los hilos de enfoque 616a y la tela 614a están conectados eléctricamente al supresor 604a y, por lo tanto, al mismo potencial eléctrico.

5 Al igual que en el ejemplo de la Figura 12, la bobina calentadora 608a calienta las pastillas emisoras 603a, de manera que la capa de óxido puede emitir electrones. Las pastillas 603a se mantienen a un potencial positivo, por ejemplo de +60 V, con respecto al supresor 604a, pero están conectadas de manera individual a un potencial negativo, por ejemplo de -60 V, con respecto al supresor 604a para hacer que emitan. Como puede observarse mejor en la Figura 12a, cuando una cualquiera de las pastillas 603a está emitiendo electrones, estos se enfocan en el haz 607a mediante los dos hilos de enfoque 616a a ambos lados de las pastillas 603a. Esto se debe a que las líneas de campo eléctrico entre las pastillas emisoras 603a y el ánodo se comprimen ligeramente hacia dentro cuando pasan entre los hilos de enfoque 616a.

15 Haciendo referencia a la Figura 13, en una realización de la invención, una fuente de rayos X 700 está dispuesta para producir rayos X desde cada punto de fuente de una serie de puntos de fuente de rayos X 702. Éstos pueden estar formados por uno o más ánodos y una pluralidad de fuentes de electrones según la realización descrita 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 van a generarse imágenes está situado entre la fuente de rayos X y el detector. Después, una imagen del objeto 706 se genera usando transformadas de Hadamard, como se describe a continuación.

20 Haciendo referencia a las Figuras 14a a 14c, los puntos de fuente 702 se dividen en grupos con el mismo número de puntos adyacentes 702. Por ejemplo, en la agrupación mostrada en la Figura 14a, cada grupo consiste en un único punto de fuente 702. Los puntos de fuente 702 en grupos alternos se activan después simultáneamente, de manera que en la agrupación de la Figura 14a se activan puntos de fuente 702a alternos, mientras que cada punto de fuente 702b entre los puntos de fuente activados 702a no se activa. Esto produce un patrón de iluminación de ondas cuadradas con una longitud de onda igual al ancho de dos puntos de fuente 702a, 702b. La cantidad de iluminación de rayos X medida por el detector 704 es registrada para este patrón de iluminación. Después, otro patrón de iluminación se usa como se muestra en la Figura 14b, donde cada grupo de puntos de fuente 702 comprende dos puntos de fuente adyacentes, y grupos alternos 702c se activan de nuevo, no activándose los grupos intermedios 702d. Esto produce un patrón de iluminación de ondas cuadradas como el mostrado en la Figura 14b con una longitud de onda igual al ancho de cuatro de los puntos de fuente 702. La cantidad de iluminación de rayos X en el detector 704 se registra de nuevo. Este proceso se repite después, 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 mediciones respectivas asociadas a las diferentes longitudes de onda de iluminación de ondas cuadradas, los resultados pueden usarse para reconstruir un perfil de imagen completo de la capa 2D del objeto 706 dispuesto entre la línea de puntos de fuente 702 y el detector 704 usando transformadas de Hadamard. Una ventaja de esta disposición es que, en lugar de que los puntos de fuente se activen individualmente, en cualquier momento la mitad de los puntos de fuente 702 está activada y la otra mitad no. Por lo tanto, la relación de señal a ruido de este procedimiento es considerablemente mayor que en procedimientos en los que los puntos de fuente 702 se activan individualmente para realizar un escaneo a lo largo de la disposición de puntos de fuente.

35 También puede realizarse un análisis de transformada de Hadamard usando una única fuente en un lado del objeto y una disposición lineal de detectores en el otro lado del objeto. En este caso, en lugar de activar las fuentes en grupos de diferentes tamaños, la única fuente se activa continuamente y se toman lecturas de los detectores en grupos de diferentes tamaños, correspondientes 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.

45 Haciendo referencia a la Figura 15, en una modificación de esta disposición, el único detector de la Figura 13 se sustituye por una serie lineal de detectores 804 que se extiende en una dirección perpendicular a la serie lineal de puntos de fuente 802. Las series de puntos de fuente 802 y de detectores 804 definen un volumen tridimensional 805 delimitado por las líneas 807 que unen los puntos de fuente 802a, 802b en los extremos de la serie de puntos de fuente a los detectores 804a, 804b en los extremos de la serie de detectores. Este sistema funciona del mismo modo que el de la Figura 13, excepto que para agrupación de puntos de fuente iluminados de ondas cuadradas 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 las capas pueden combinarse después para formar una imagen completamente tridimensional del objeto 806.

55 Haciendo referencia a las Figuras 16a, 16b, 17 y 18, en un ejemplo adicional, el elemento emisor 916 comprende una capa emisora de AIN 917 con emisores de baja función de trabajo 918 formados en la misma y una capa calentadora 919 hecha de un sustrato de nitrato de aluminio (AIN) 920 y un elemento calentador de platino (Pt)

- 5 922, conectadas a través de pastillas de interconexión 924. Resortes conductores 926 conectan después el sustrato de AlN 920 a una placa de circuito 928. El nitruro de aluminio (AlN) es un robusto material cerámico de alta conductividad térmica y el coeficiente de expansión térmica del AlN es muy similar al del platino (Pt). Estas propiedades dan lugar al diseño de un calentador - emisor de electrones integrado 916, como el mostrado en las Figuras 16a y 16b, para su uso en aplicaciones con tubos de rayos X.
- 10 Normalmente, el metal de Pt adopta la forma de una banda de 1 a 3 mm de ancho con un grosor de 10 a 100 micrones para proporcionar una resistencia de banda a temperatura ambiente en el intervalo de 5 a 50 ohmios. Haciendo pasar una corriente eléctrica a través de la banda, la banda empezará a calentarse y esta energía térmica se disipa directamente en el 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 del entorno ambiental, pueden conseguirse temperaturas de sustrato estables superiores a 1100 °C. Puesto que el AlN y el Pt son resistentes a los ataques del oxígeno, tales temperaturas pueden conseguirse con el sustrato expuesto al aire. Sin embargo, en aplicaciones con tubos de rayos X, el sustrato se calienta normalmente al vacío.
- 15 Haciendo referencia a la Figura 17, reflectores de calor 930 están situados cerca del lado calentado del sustrato de AlN 920 para mejorar la eficacia del calentador, reduciendo la pérdida de calor a través de la transferencia de calor radiante. En este ejemplo, la pantalla térmica 930 está formada a partir de una lámina de mica cubierta con una delgada capa de oro. La adición de una capa de titanio debajo del oro mejora la adhesión a la mica.
- 20 Con el fin de generar electrones, una serie de tiras de Pt 932 se depositan sobre el sustrato de AlN 920 en el lado opuesto del sustrato de AlN con respecto al calentador 922 con sus extremos extendiéndose alrededor de los lados del sustrato y terminando en el lado inferior del sustrato, donde forman las pastillas 924. Normalmente, estas tiras 932 se depositarán usando tintas de Pt y, posteriormente, mediante cocción térmica. Las tiras de Pt 932 se cubren después en una región central de las mismas con una delgada capa formada por una mezcla de carbonado de Sr:Ba:Ca 918. Cuando el material de carbonato se calienta a temperaturas normalmente superiores a 700 °C se descompondrá en óxidos de Sr:Ba:Ca - materiales de baja función de trabajo que son fuentes de electrones muy eficaces a temperaturas comprendidas normalmente entre 700 y 900 °C.
- 25 Con el fin de generar un haz de electrones, la tira de Pt 932 está conectada a una fuente de energía eléctrica con el fin de suministrar al vacío la corriente de haz que se extrae de los óxidos de Sr:Ba:Ca. En este ejemplo, esto se consigue usando un ensamblado como el mostrado en la Figura 17. En este caso, un conjunto de resortes 926 proporciona una conexión eléctrica a las pastillas 924 y una conexión mecánica al sustrato de AlN. Preferentemente, estos resortes estarán hechos de wolframio, aunque puede usarse molibdeno y otros materiales. Estos resortes 926 se flexionan según la expansión térmica del ensamblado emisor de electrones 916, proporcionando un procedimiento de interconexión fiable.
- 30 Las bases de los resortes están situadas preferentemente en tubos de pared delgada 934 de baja conductividad térmica pero con buena conductividad eléctrica que proporcionan una conexión eléctrica con una placa de circuito de cerámica subyacente 928. Normalmente, esta placa de circuito subyacente 928 proporcionará boquillas de vacío para las señales de control/potencia que se controlan de manera individual en cada emisor. La placa de circuito está hecha de manera ventajosa de un material con bajas propiedades de desgasificación, tal como cerámica de alúmina.
- 35 Una configuración alternativa invierte el tubo de pared delgada 934 y el ensamblado de resorte 926, de manera que el tubo 934 funciona a altas temperaturas y el resorte 926 a bajas temperaturas, como se muestra en la Figura 18. Esto permite una mayor selección de los materiales de resorte, ya que la deformación del resorte se reduce a temperaturas más bajas.
- 40 En este diseño es ventajoso usar interconexiones de Pt envolventes o de orificio de paso en el sustrato de AlN 920 entre la superficie de emisión superior y el punto de interconexión inferior 924, como se muestra en las Figuras 16a y 16b. Como alternativa, puede usarse una disposición de abrazadera para conectar la fuente de energía eléctrica a la superficie superior del sustrato de AlN.
- 45 Resulta evidente que pueden usarse procedimientos de ensamblaje alternativos, incluidos ensamblajes soldados, ensamblados soldados a alta temperatura y otras conexiones mecánicas, tales como pernos a presión y resortes de bucles.
- 50 El AlN es un material semiconductor de gran intervalo entre bandas y un contacto semiconductor de inyección está formado entre el Pt y el AlN. Para reducir la corriente inyectada que puede producirse a altas temperaturas de funcionamiento, resulta ventajoso convertir el contacto de inyección en un contacto de bloqueo. Esto puede conseguirse, por ejemplo, generando una capa de óxido de aluminio sobre la superficie del sustrato de AlN 920 antes de la fabricación de la metalización de Pt.
- 55

Como alternativa, una variedad de otros materiales puede usarse en lugar de Pt, tal como wolframio o níquel. Normalmente, tales metales pueden sinterizarse en la cerámica durante su proceso de horneado para proporcionar un dispositivo híbrido robusto.

5 En algunos casos resulta ventajoso cubrir el metal dispuesto sobre el sustrato de AlN con un segundo metal, tal como níquel. Esto puede ayudar a aumentar la vida útil del emisor de óxido o controlar la resistencia del calentador, por ejemplo.

10 En un ejemplo adicional, el elemento calentador 922 está formado en la parte posterior del bloque emisor 917, de manera que el lado inferior del bloque emisor 917 de la Figura 16a es como el mostrado en la Figura 16b. Las pastillas conductoras 924 mostradas en las Figuras 16a y 16b son, por tanto, el mismo componente y proporcionan los contactos eléctricos hacia los elementos conectores 926.

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Una fuente de electrones para un escáner de rayos X, que comprende: un medio de emisión de electrones que comprende elementos emisores (318) que definen una pluralidad de regiones de fuente de electrones (318); una rejilla de extracción (20) que define una pluralidad de regiones de rejilla (120; 220; 320; 420), cada una asociada a al menos una región de fuente respectiva de las regiones de fuente; y un medio de control dispuesto para controlar el potencial eléctrico relativo entre cada una de las regiones de rejilla y la región de fuente respectiva de manera que la posición desde la cual los electrones se extraen del medio de emisión puede moverse entre dichas regiones de fuente, caracterizada porque la fuente de electrones comprende además un supresor (312; 412) que comprende un bloque que presenta un canal (313) que se extiende a lo largo de su lado inferior en el que los elementos emisores (318) están ubicados y una pluralidad de aberturas, cada una alineada con una de las regiones de fuente de electrones, por lo que el supresor rodea los elementos emisores y se mantiene a una tensión constante, y la diferencia de potencial entre los elementos emisores y el supresor es tal que los electrones se extraen de las regiones de fuente.
- 10 2.- Una fuente de electrones según la reivindicación 1, en la que cada una de la pluralidad de aberturas (315) está alineada con una región de fuente respectiva de las regiones de fuente (318a).
- 15 3.- Una fuente de electrones según la reivindicación 2, en la que la rejilla de extracción (20) está situada encima del supresor (12; 312; 412) y comprende una pluralidad de elementos de rejilla (120; 220; 320; 420) separados a lo largo del medio de emisión.
- 20 4.- Una fuente de electrones según la reivindicación 3, en la que cada uno de los elementos de rejilla (120; 220; 320; 420) incluye una abertura (321), estando alineada la abertura con una abertura de supresor (315) respectiva.
- 25 5.- Una fuente de electrones según la reivindicación 3, en la que el medio de control está dispuesto para conectar cada uno de los elementos de rejilla (120; 220; 320; 420) o bien a un potencial de extracción que es positivo con respecto al medio de emisión o bien a un potencial de inhibición que es negativo con respecto al medio de emisión.
- 30 6.- Una fuente de electrones según la reivindicación 5, en la que un elemento de rejilla (120; 220; 320; 420) está conectado a un potencial eléctrico de extracción y está dispuesto para acelerar los electrones hacia el elemento de rejilla.
- 35 7.- Una fuente de electrones según la reivindicación 5 o la reivindicación 6, en la que un elemento de rejilla (120; 220; 320; 420) está conectado a un potencial eléctrico de inhibición y está dispuesto para retener electrones adyacentes al punto de emisión.
- 40 8.- Una fuente de electrones según cualquier reivindicación anterior, en la que el medio de emisión (18) comprende una pluralidad de elementos emisores (318).
- 9.- Una fuente de electrones según cualquier reivindicación anterior, en la que el medio de control está dispuesto para activar cada una de las regiones de fuente (318) por turnos.
- 10.- Una fuente de electrones según cualquier reivindicación anterior, en la que el medio de control está dispuesto para controlar los potenciales eléctricos de las regiones de rejilla (120; 220; 320; 420) para extraer electrones de una pluralidad de agrupaciones sucesivas de dichas regiones de fuente, produciendo cada agrupación una iluminación que tiene un patrón de ondas cuadradas de diferente longitud de onda.
- 11.- Un tubo de rayos X caracterizado porque comprende una fuente de electrones (18) según cualquier reivindicación anterior y al menos un ánodo (32; 132).
- 12.- Un tubo de rayos X según la reivindicación 11, en el que el al menos un ánodo (32; 132) comprende un ánodo alargado dispuesto de manera que los haces de electrones producidos por diferentes elementos de rejilla (120; 220; 320; 420) incidirán en diferentes partes del ánodo.

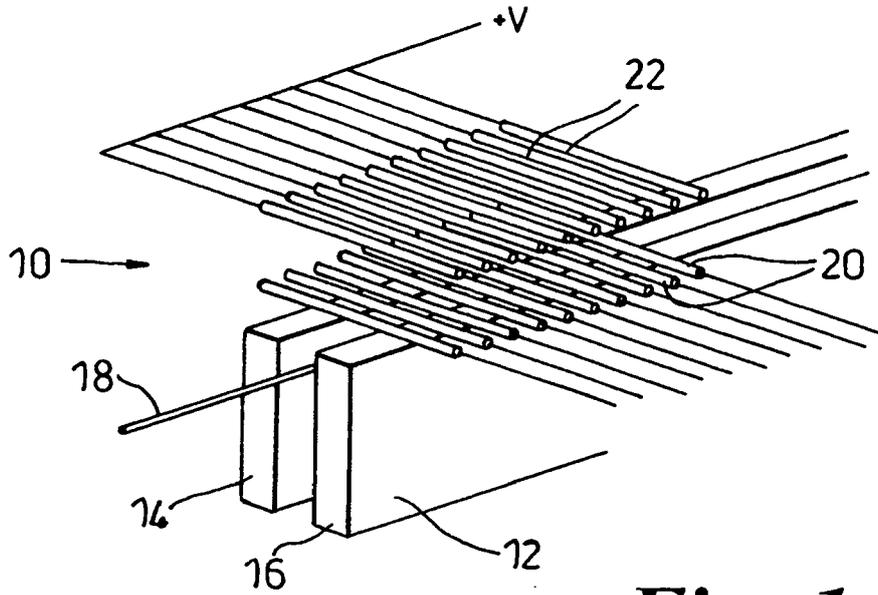


Fig. 1

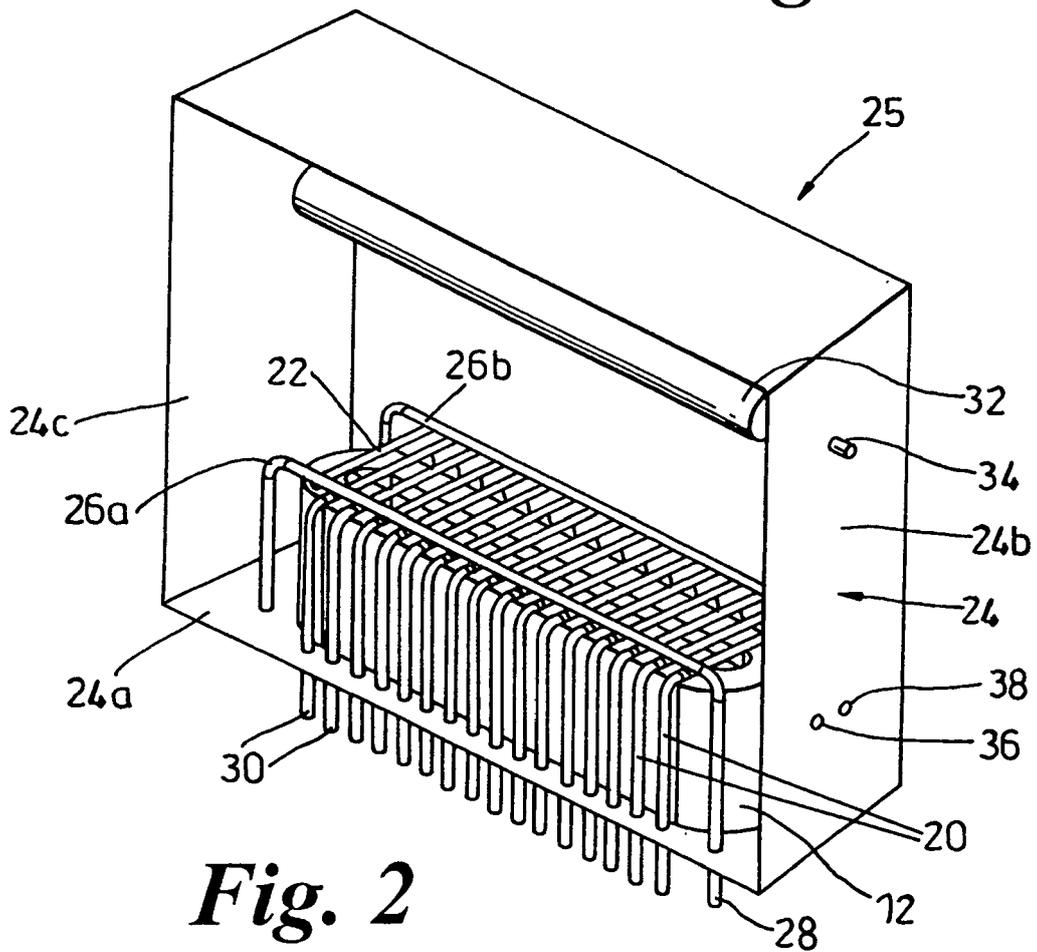


Fig. 2

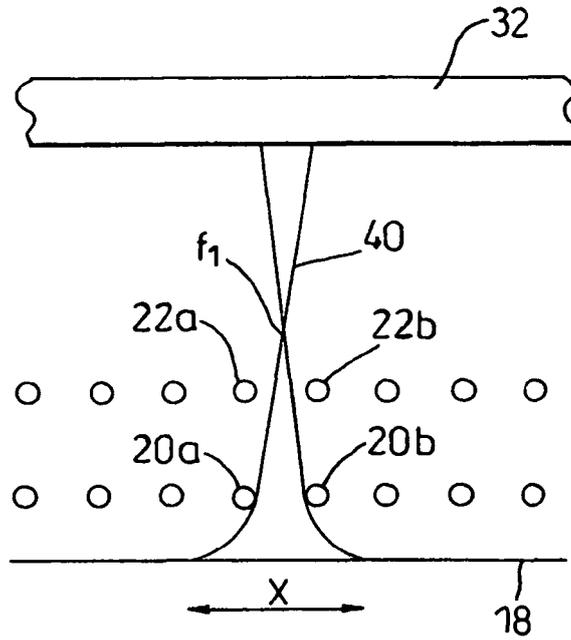


Fig. 3

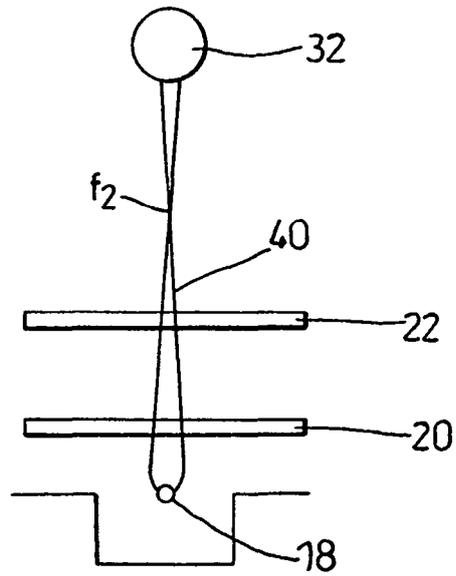


Fig. 4

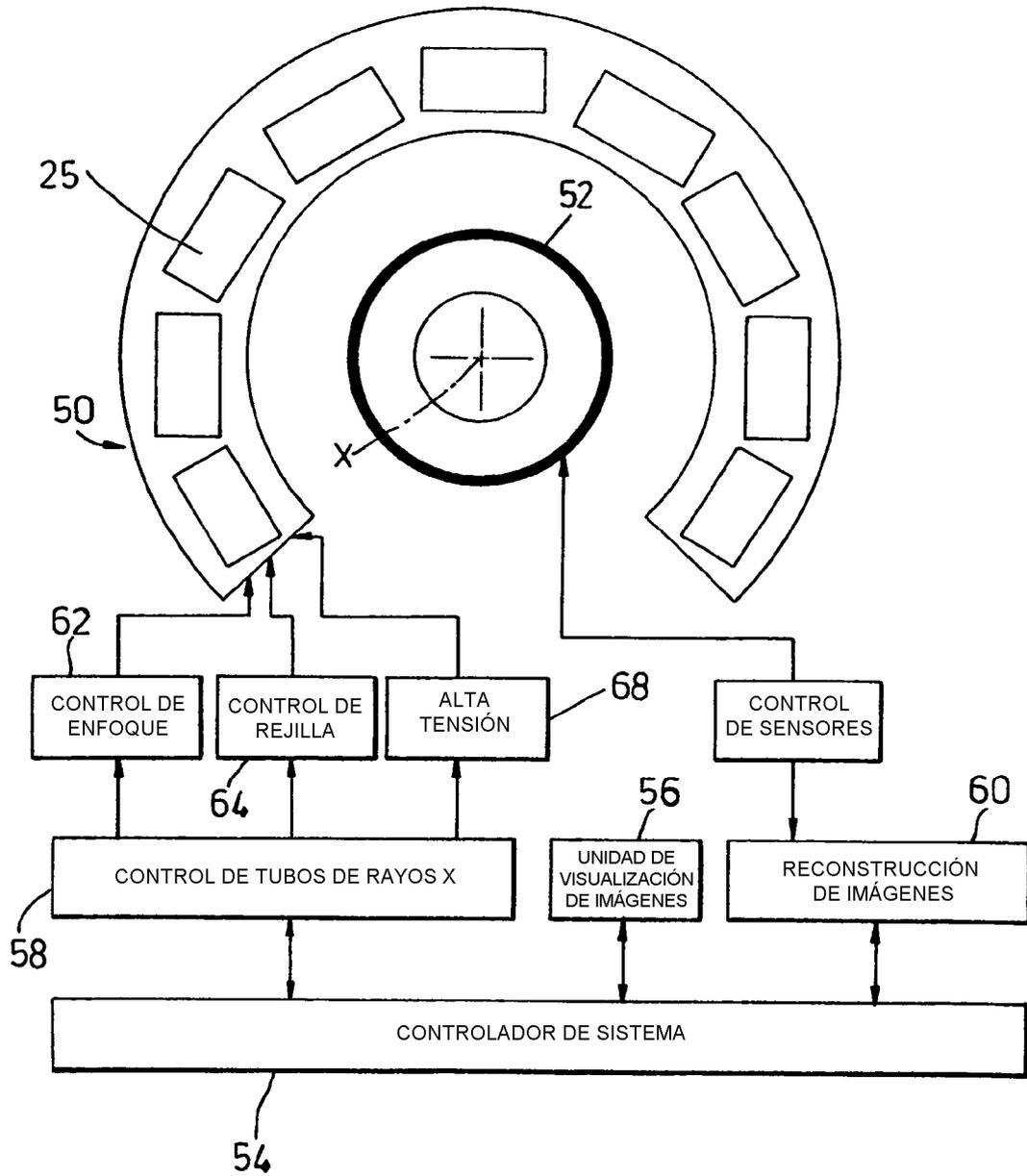


Fig. 5

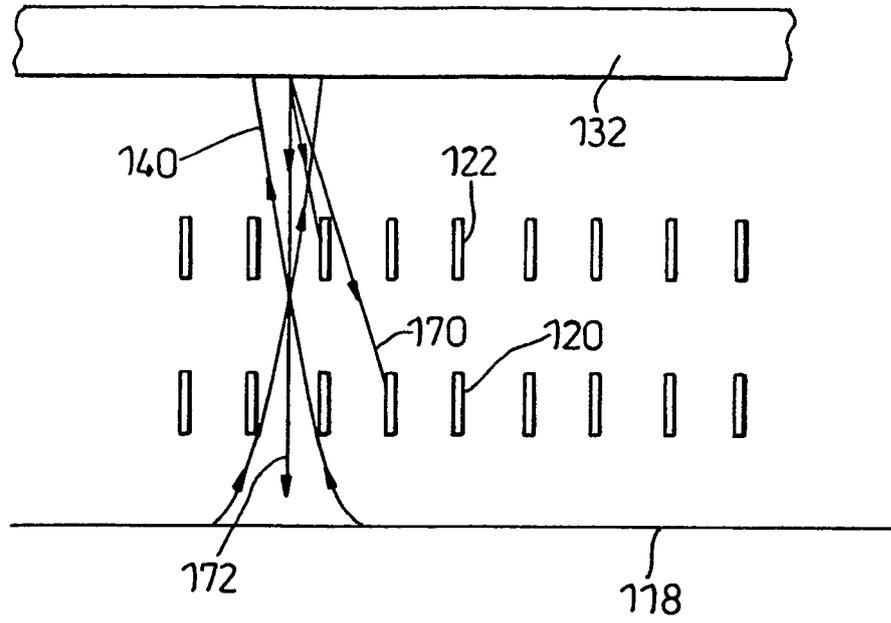


Fig. 6

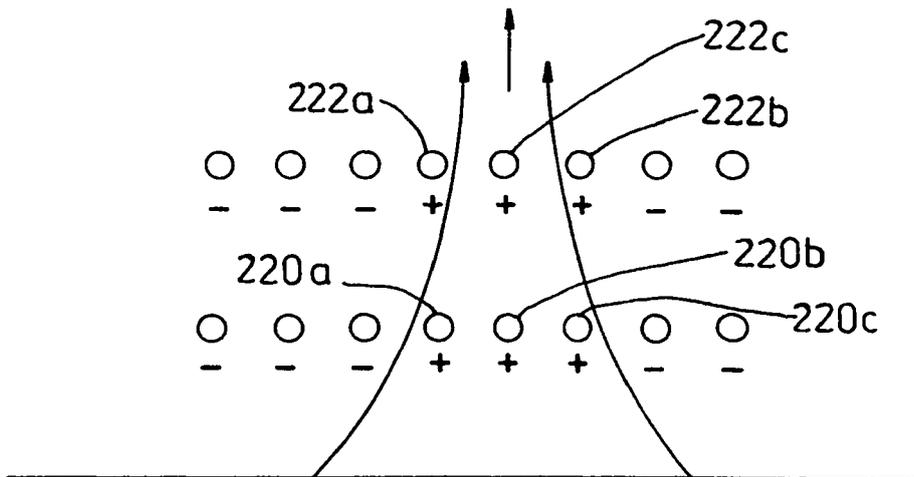


Fig. 7

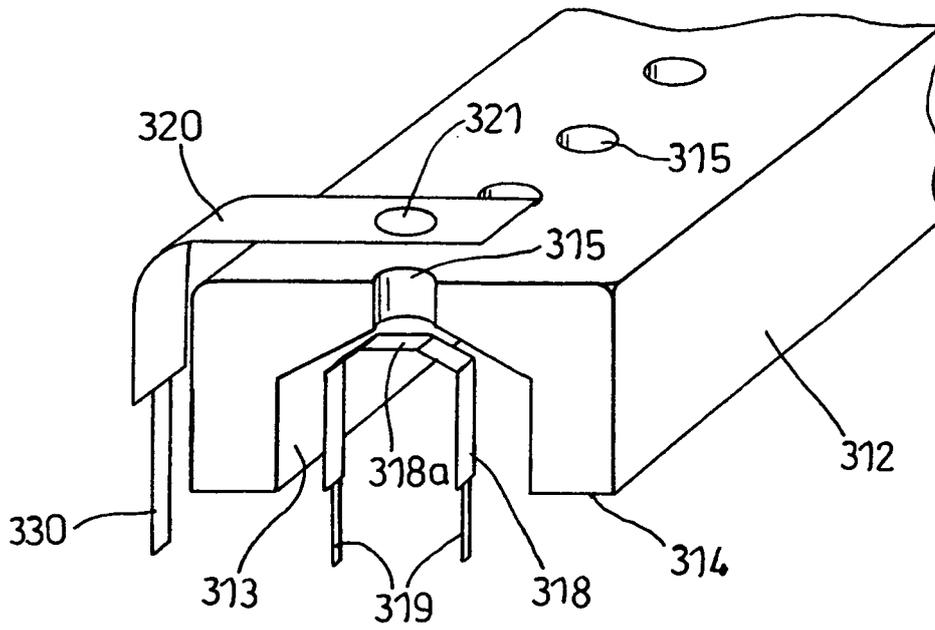


Fig. 8

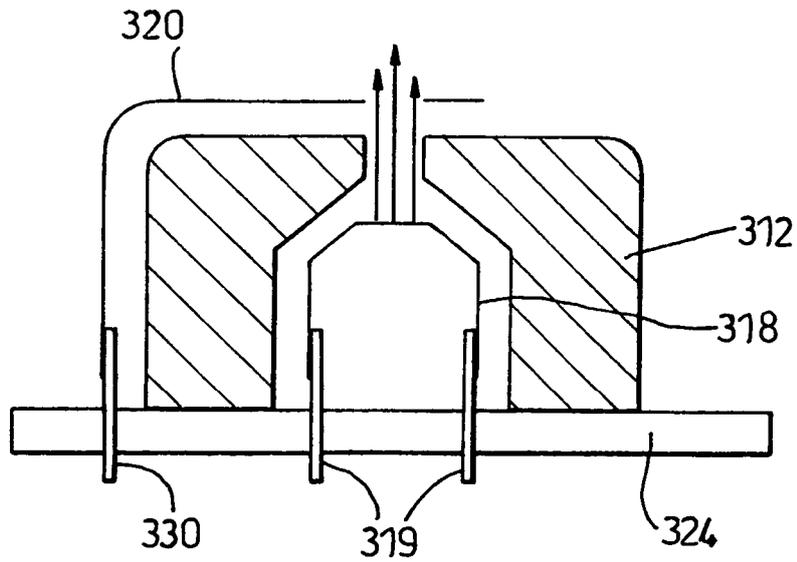


Fig. 9

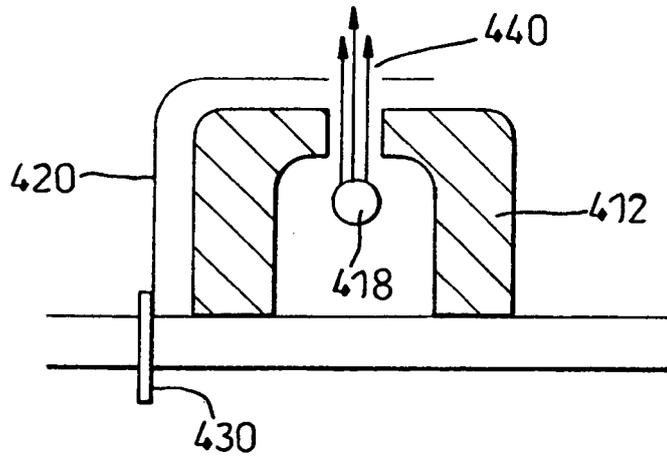


Fig. 10

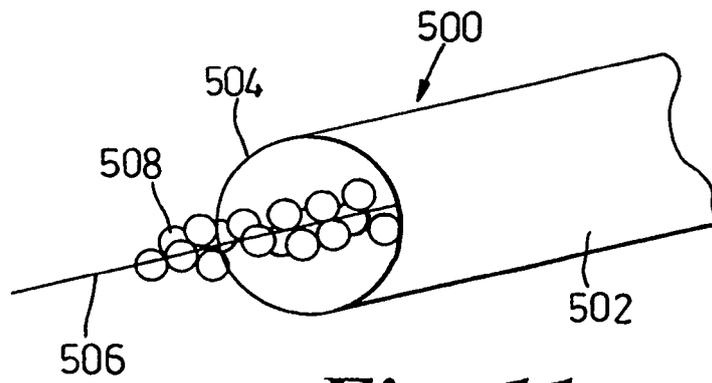


Fig. 11

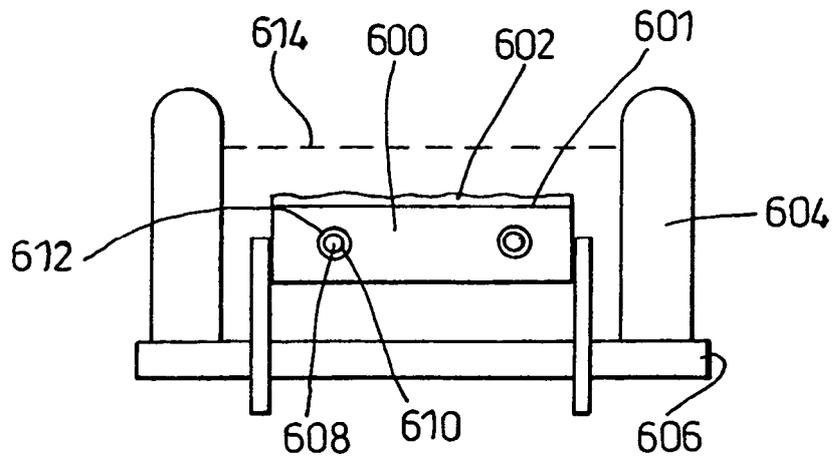


Fig. 12

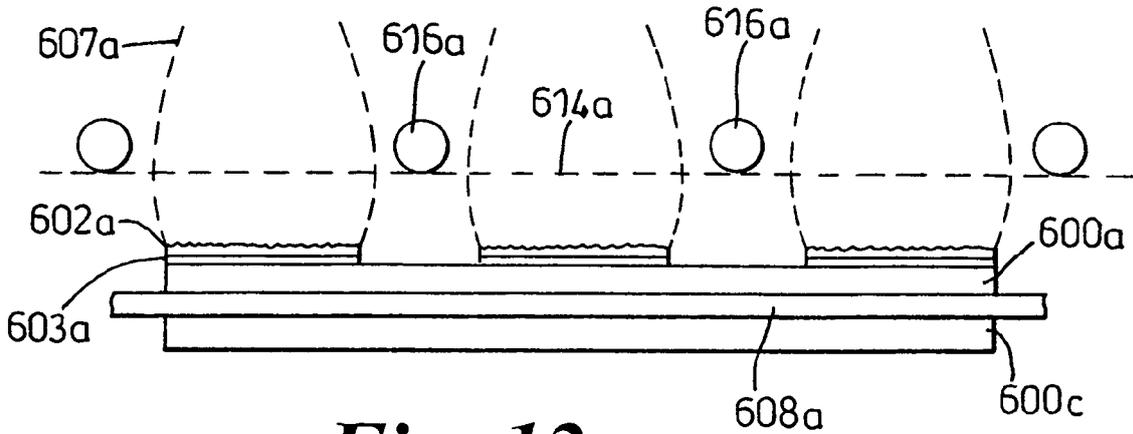


Fig. 12a

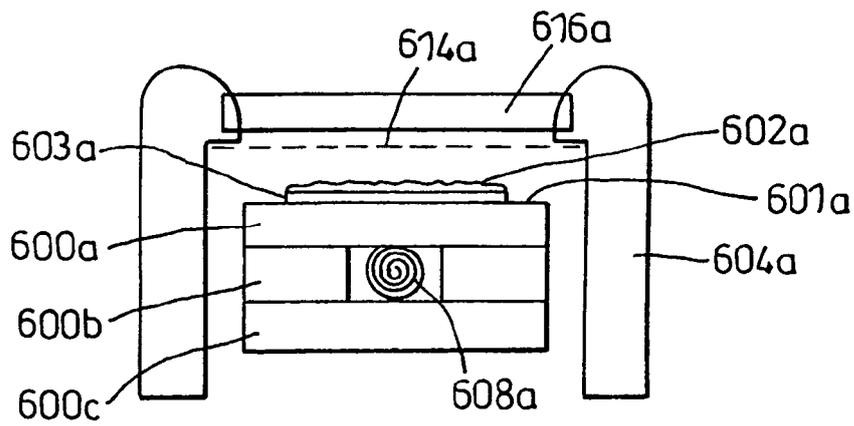


Fig. 12b

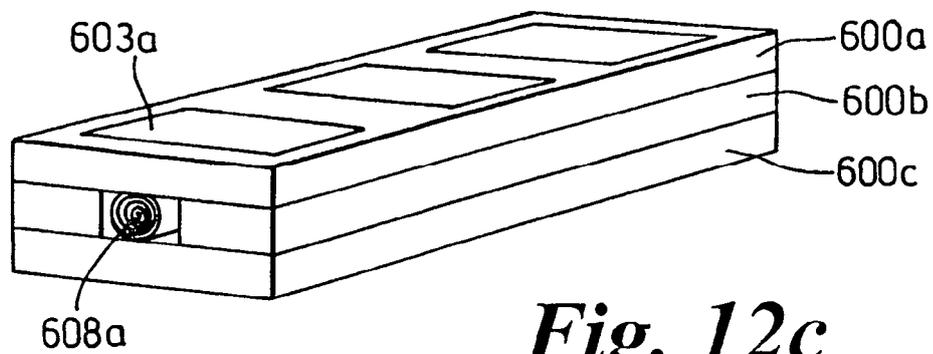
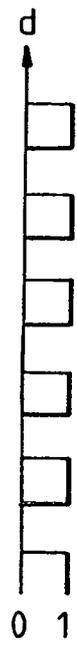
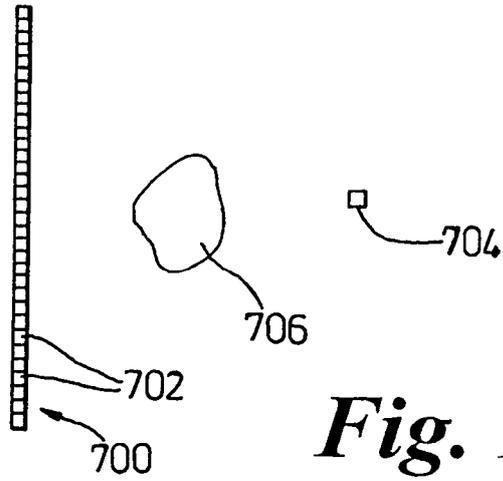


Fig. 12c



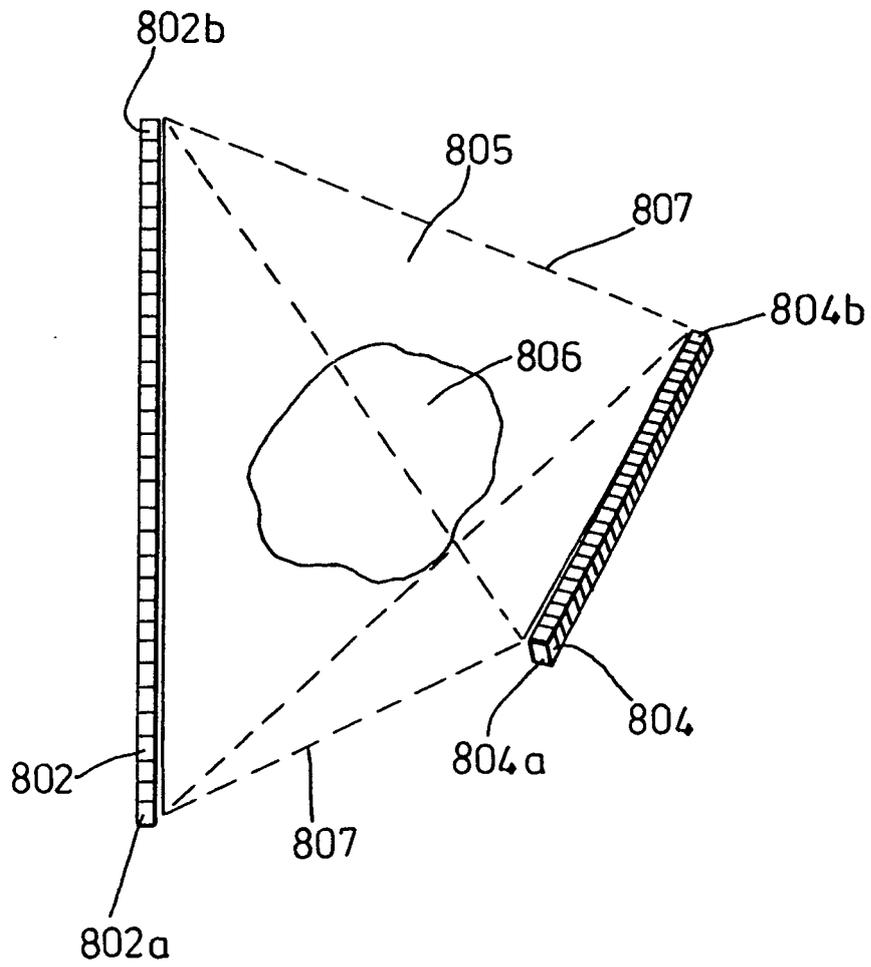


Fig. 15

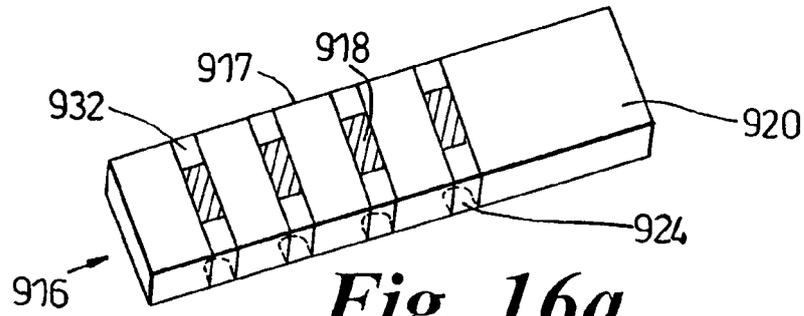


Fig. 16a

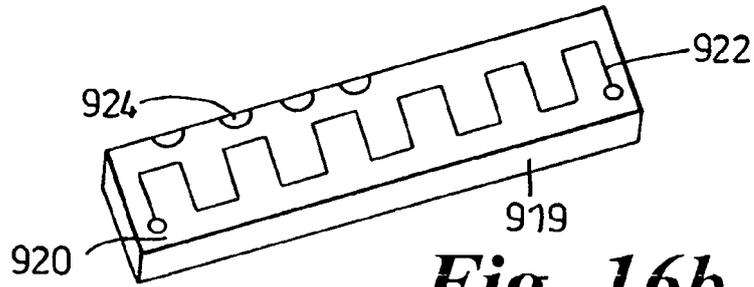


Fig. 16b

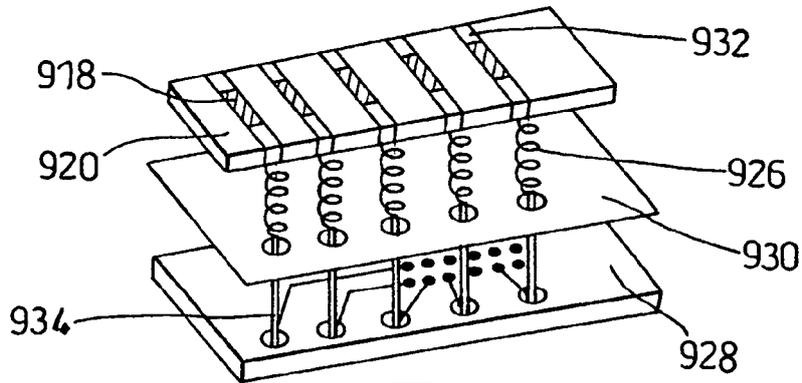


Fig. 17

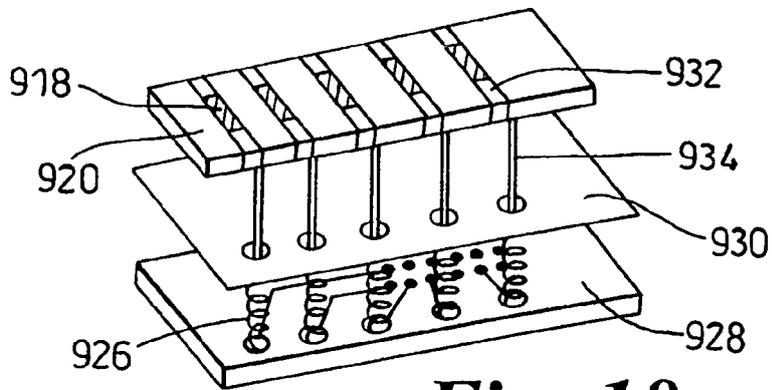


Fig. 18