

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 028 058**

51 Int. Cl.:

A61B 6/40 (2014.01)

H01J 35/06 (2006.01)

H01J 35/24 (2006.01)

A61B 6/00 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.09.2018** **PCT/EP2018/025240**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.03.2019** **WO19057339**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.09.2018** **E 18778798 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2025** **EP 3685419**

54 Título: **Dispositivo de rayos X con arco en C**

30 Prioridad:

21.09.2017 DE 102017008921

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.06.2025

73 Titular/es:

ESSPEN GMBH (100.00%)
Zeppelinstraße 15
91052 Erlangen, DE

72 Inventor/es:

ZAHRA, MOHAMMADI

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 3 028 058 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

Dispositivo de rayos X con arco en C

- 5 La invención se refiere a un dispositivo de rayos X con arco en C, es decir, un dispositivo de rayos X que tiene un arco en forma de C en el que se sujetan un emisor de rayos X y un detector de rayos X asociado. La invención se refiere además a un método para operar un dispositivo de rayos X con arco en C.
- 10 Se conocen varios dispositivos de rayos X con arco en C, por ejemplo, por los documentos DE 10 2009 033 607 A1, DE 10 2008 059 455 A1, DE10 2010 028438 y US 8.559.591 B2. En este último caso, una fuente de rayos X comprende cátodos de emisión de campo basados en nanotubos de carbono (cátodo de CNT; *carbon nano tube*). También se conoce un dispositivo de rayos X con cátodos de CNT por el documento WO2009115982.
- 15 En el documento DE 10 2011 006 505 A1 se divulga un dispositivo móvil de rayos X con arco en C.
- El documento US8118488 divulga un dispositivo de tomografía en el que un emisor de rayos X y un detector de rayos X se pueden mover dentro de una carcasa en forma de anillo sostenida por un arco en C.
- 20 Los dispositivos de rayos X con arco en C tienen disposiciones de emisor-detector que están fijadas a un soporte con forma esencialmente de C, es decir, un arco en C. En las clínicas, se utilizan dispositivos de rayos X con arco en C, por ejemplo, para la obtención de imágenes intraoperatorias.
- La invención se basa en el objetivo de proporcionar un dispositivo de rayos X con arco en C con capacidades de obtención de imágenes mejoradas en comparación con la técnica anterior.
- 25 Este objetivo se logra de acuerdo con la invención mediante un dispositivo de rayos X con arco en C con las características de la reivindicación 1. El objeto de la reivindicación 1 consiste en un dispositivo de rayos X con arco en C, con un emisor de rayos X y un detector de rayos X, que se sostienen en un arco en C situado en un plano de referencia, en donde el emisor de rayos X comprende nanobarras como emisores de electrones y describe una estructura tubular alargada, caracterizado por que el emisor de rayos X tiene una estructura curva y alargada, en donde una tangente trazada centralmente en el emisor de rayos X representa una normal a la superficie del plano de referencia y la forma curva del emisor de rayos X define un plano orientado ortogonalmente al plano de referencia, y en donde la extensión total del emisor de rayos X es al menos cuatro veces el diámetro de la sección transversal del emisor de rayos X medida transversalmente a la estructura alargada. De este modo, el dispositivo de rayos X con arco en C de acuerdo con la invención se diferencia fundamentalmente de los dispositivos con arco en C conocidos, como por ejemplo los divulgados en el documento US 8.559.591 B2 en el que una disposición de varias fuentes de rayos X se encuentra en el plano de referencia. La orientación del emisor de rayos X transversal al plano de referencia permite la generación de imágenes seccionales de un objeto de examen sin ningún ajuste del arco en C. Esto favorece tanto el ahorro de tiempo en el funcionamiento del dispositivo de rayos X con arco en C adecuado para tomografía como la alta calidad de los datos de imagen generados.
- 30 35 40
- En un diseño simple que no entra dentro del alcance de protección de la reivindicación, el emisor de rayos X del dispositivo de rayos X con arco en C tiene una forma recta, alargada y esencialmente cilíndrica. El eje central del emisor de rayos X, en particular el eje longitudinal del cilindro, es idéntico a una normal a la superficie del plano de referencia.
- 45
- En un diseño modificado, el emisor de rayos X tiene una forma curva, en donde una tangente trazada centralmente en el emisor de rayos X representa una normal a la superficie del plano de referencia. En general, el emisor de rayos X curvo define un plano ortogonal al plano de referencia. La curvatura del emisor de rayos X puede diseñarse, por ejemplo, en forma de arco circular o en forma de U.
- 50
- Si se imaginan los dos extremos de un emisor de rayos X en forma de U juntos, se obtiene una forma de anillo para el emisor de rayos X. En esta configuración, dos tangentes paralelas trazadas en el emisor de rayos X representan, cada una, una normal a la superficie del plano de referencia definido por el arco en C. El emisor de rayos X en forma de anillo puede diseñarse como un anillo abierto o cerrado. En el caso de un anillo cerrado, en particular de una forma circular, la longitud de una línea cerrada que recorre centralmente todo el anillo, en particular un círculo cuyo diámetro corresponde al valor medio entre el diámetro interior y el diámetro exterior del emisor de rayos X en forma de anillo, indica la extensión total del emisor de rayos X en la dirección longitudinal de la estructura alargada.
- 55
- En lugar de tener forma de anillo, el emisor también puede tener, por ejemplo, forma poligonal. En este caso, la extensión del emisor de rayos X en la dirección longitudinal de la estructura alargada se define como la suma de las longitudes de los lados individuales del polígono, en donde las longitudes de los lados se deben medir, en cada caso, en el centro de la sección transversal del emisor de rayos X. Espacialmente, el tubo de rayos X poligonal representa una modificación de un toro. También se puede formar una forma de anillo, es decir, una forma de toro, o una forma poligonal mediante una disposición de varios emisores de rayos X, cada uno de los cuales contiene nanobarras.
- 60 65

Independientemente de que el emisor de rayos X sea completamente recto o curvo, ya sea en arco abierto o en anillo cerrado, la extensión total del emisor de rayos X medida en la dirección longitudinal de cada sección de la estructura alargada deberá ser al menos cuatro veces el diámetro máximo de la sección transversal del emisor de rayos X medida transversalmente a la estructura alargada.

5 Los cátodos del emisor de rayos X destinados a la emisión de electrones comprenden preferiblemente nanotubos de carbono como nanobarras. La altísima conductividad eléctrica y térmica de los nanotubos de carbono permite una elevada capacidad de transporte de corriente sin una generación significativa de calor de los propios nanotubos de carbono individuales. Los nanotubos de carbono presentan un umbral de intensidad de campo bajo de menos de 2
10 V/m para la emisión de campo de electrones. El umbral de intensidad de campo de los cátodos que contienen nanotubos de carbono para la emisión de electrones se puede reducir aún más disponiendo los nanotubos de carbono en una dirección preferencial vertical sobre la superficie del cátodo. Dado que los nanotubos de carbono de pared simple son semiconductores y los nanotubos de carbono de pared múltiple son conductores metálicos, los nanotubos de carbono de pared múltiple son especialmente adecuados para aplicaciones como emisores de electrones en los
15 cátodos del emisor de rayos X.

Además de los nanotubos de carbono, otros tipos de nanobarras, comúnmente denominadas nanobastones, también son adecuadas para la emisión de electrones dentro del emisor de rayos X. En una configuración preferida, se forman
20 cátodos de emisión de campo a partir de dichos nanobastones, como cátodos del tubo de rayos X.

Los nanobastones del cátodo están hechos preferiblemente de un material que tiene la función de trabajo de electrones más baja posible para la emisión de campo de electrones con respecto al efecto de emisión de campo mecánico cuántico. Los nanobastones tienen una composición uniforme o no uniforme y están configurados como cuerpos huecos, es decir, tubos, o sólidos. Los cátodos pueden estar compuestos por nanobastones del mismo tipo o por una
25 mezcla de diferentes tipos de nanobastones, donde el término "tipo de nanobastones" se refiere a su composición material y modificación del material.

Son materiales adecuados en forma pura o dopada para la emisión de campo de electrones, además de nanotubos de carbono de pared simple o múltiple, nanotubos de carbono heteronitrogenados de pared simple o múltiple, boruros de tierras raras, en particular hexaboruro de lantano y hexaboruro de cerio, óxidos metálicos, en particular TiO_2 , MnO ,
30 ZnO y Al_2O_3 , sulfuros metálicos, en particular sulfuro de molibdeno, nitruros, en particular nitruro de boro, nitruro de aluminio, nitruro de carbono, nitruro de galio, carburos, en particular carburo de silicio, silicio. Como materiales de partida para la producción de nanobastones, que emiten electrones cuando se hacen funcionar los cátodos, también son adecuados elementos en forma de varilla, opcionalmente huecos, hechos de materiales poliméricos. Los
35 nanobastones de los cátodos se fabrican opcionalmente a partir de materiales de partida que sólo contienen parcialmente materiales poliméricos, en particular en forma de recubrimiento.

En una formación especialmente preferida, los cátodos tienen nanobastones en la superficie en una dirección preferencial vertical, es decir, en la dirección del ánodo del emisor de rayos X. Cuando el emisor de rayos X está en
40 funcionamiento y la distancia entre ellos es suficiente, se pueden generar campos eléctricos muy intensos en las puntas de los nanobastones, lo que facilita mucho la emisión de electrones.

En una posible realización del dispositivo de rayos X con arco en C, se dispone más de un tipo de cátodo en el tubo de vacío del emisor de rayos X, en donde el término "tipo" puede referirse tanto a la geometría como a otras
45 propiedades de los cátodos, por ejemplo, a los materiales. En principio, los cátodos del mismo o de diferentes tipos se pueden controlar eléctricamente de forma secuencial de cualquier manera. Además de los propios cátodos, también puede haber diferencias en la focalización. Junto con propiedades como la geometría de la superficie de los cátodos individuales, se pueden generar diferentes haces de electrones y, en última instancia, diferentes haces de rayos X.

Por ejemplo, las nanobarras del cátodo tienen una longitud de menos de 20 μm y un diámetro de menos de 10 nm, en donde se da una densidad de al menos 10^6 nanobarras por cm^2 en la superficie del cátodo. Para producir el cátodo que contiene nanobarras es especialmente adecuado un método de serigrafía.

El emisor de rayos X del dispositivo de rayos X con arco en C se puede diseñar para generar diferentes imágenes de rayos X que se diferencien entre sí con respecto a la dosis, es decir, para trabajar con modulación de dosis. En general, los rayos X de diferentes longitudes de onda, como los destinados a la obtención de imágenes de energía múltiple o de energía dual, se pueden generar mediante diferentes configuraciones de voltaje de ánodo. Las imágenes de energía múltiple son particularmente útiles en la angiografía.

En cuanto al diseño del emisor de rayos X del dispositivo de rayos X con arco en C, así como al funcionamiento del emisor de rayos X, se pueden implementar todos los diseños y procedimientos que se describen en los documentos WO 2018/086737 A1 y WO 2018/141485 A1. El detector del dispositivo de rayos X con arco en C, por ejemplo, es un detector lineal.

Independientemente del diseño del al menos un emisor de rayos X, el dispositivo de rayos X con arco en C puede generar, en un modo de operación preferido, pulsos de rayos X sucesivos de diferentes longitudes de onda. Por lo

tanto, se pueden distinguir entre sí los diferentes materiales dentro del volumen de examen con una fiabilidad especialmente alta y, al mismo tiempo, un tiempo de adquisición corto.

De acuerdo con un desarrollo ventajoso, el dispositivo de rayos X con arco en C comprende, además del al menos un emisor de rayos X que contiene nanobarras, en particular nanotubos de carbono, un emisor de rayos X adicional. En el caso de una forma de anillo o poligonal del emisor de rayos X de CNT o emisores de rayos X que comprenden otras nanobarras, preferiblemente el emisor de rayos X adicional está dispuesto céntricamente en el emisor de rayos X con forma de anillo o poligonal. En una configuración preferida, en comparación con el último emisor de rayos X que tiene nanobarras, el emisor de rayos X adicional permite la emisión de una dosis de rayos X más alta. En particular, el emisor de rayos X adicional puede ser un emisor de rayos X con un ánodo giratorio. Al emisor de rayos X, que tiene nanobarras para emitir electrones, y al emisor de rayos X adicional se les asigna un detector común. En principio, el emisor de rayos X adicional puede ser un emisor de rayos X de cualquier tipo de construcción. En particular, el emisor de rayos X adicional, al igual que el emisor de rayos X en forma de anillo o poligonal, puede tener al menos un cátodo que contiene nanobarras, en particular nanotubos de carbono. Por ejemplo, el emisor de rayos X adicional contiene tres emisores de electrones, cada uno de ellos construido como un emisor de superficie con nanobarras. En particular, en una configuración del emisor del emisor de rayos X adicional con nanobarras, el ánodo de este emisor de rayos X también puede ser un ánodo no giratorio.

De acuerdo con una configuración alternativa, el emisor de rayos X y el detector de rayos X pueden pivotar juntos alrededor de un eje de rotación situado en el plano de referencia. Los movimientos de rotación del emisor de rayos X y del detector de rayos X están preferiblemente sincronizados electrónicamente. Esto crea un eje de rotación virtual común del emisor de rayos X y del detector de rayos X. Esta configuración también es adecuada para un arco en C que no se puede pivotar en su totalidad y representa una realización mecánicamente simplificada en general.

Si el emisor de rayos X y el detector de rayos X pueden pivotar alrededor de dicho eje de rotación, el dispositivo de rayos X con arco en C puede funcionar de acuerdo con la reivindicación 17. Se crean varias imágenes de rayos X que se diferencian entre sí tanto en cuanto al ajuste del arco en C en su dirección tangencial como en cuanto al ajuste angular del emisor de rayos X y del detector de rayos X con respecto a su eje de rotación común. Preferiblemente, al crear un conjunto de imágenes de rayos X, el arco en C se fija en un primer número de posiciones diferentes en cuanto a su ajuste en la dirección tangencial, en donde en cada una de estas posiciones se generan imágenes de rayos X con un segundo número de ajustes angulares diferentes del emisor de rayos X y del detector de rayos X, es decir, ajustes alrededor de dicho eje de rotación.

La capacidad de pivotar el emisor de rayos X y el detector alrededor del eje de rotación mencionado anteriormente se puede utilizar, entre otras cosas, para la tomosíntesis y, en general, permite la creación de imágenes multiplanares. Por lo demás, el dispositivo de rayos X con arco en C, incluso cuando el emisor de rayos X no es regulable en el arco en C, ofrece la posibilidad, gracias a su configuración descrita, de crear imágenes de rayos X de una calidad especialmente alta en comparación con los dispositivos de rayos X convencionales sin ningún gasto instrumental o con solo un aumento moderado del gasto.

A continuación se explican con más detalle varias realizaciones mediante un dibujo. En este muestran:

- Figuras 1 y 2 un primer ejemplo de realización de un dispositivo de rayos X con arco en C en diferentes posiciones de funcionamiento,
- Figuras 3 y 4 un segundo ejemplo de realización de un dispositivo de rayos X con arco en C,
- Figura 5 un tercer ejemplo de realización de un dispositivo de rayos X con arco en C,
- Figura 6 un cuarto ejemplo de realización de un dispositivo de rayos X con arco en C,
- Figura 7 una representación simplificada de un detalle del dispositivo de rayos X con arco en C según la figura 1 con una trayectoria ilustrada del haz de la radiación de rayos X emitida desde varias fuentes de rayos X,
- Figura 8 en diferentes representaciones, al menos en partes, un emisor de rayos X en forma de anillo,
- Figuras 9 a 11 diferentes esquemas para el funcionamiento de un emisor de rayos X en forma de anillo,
- Figura 12 un emisor de rayos X con forma básica cilíndrica,
- Figura 13 un emisor de rayos X en forma de arco,
- Figura 14 un esquema que muestra el funcionamiento del emisor de rayos X según la figura 12.
- Figuras 15 a 20 diferentes formas básicas de emisores de rayos X adicionales,

- Figura 21 otro ejemplo de realización de un dispositivo de rayos X con arco en C en una vista esquemática en perspectiva.
- 5 Figura 22 el dispositivo de rayos X con arco en C según la figura 22 en una vista esquemática frontal.
- Figuras 23 y 24 componentes giratorios alrededor de un eje virtual común, es decir, un emisor de rayos X y un detector de rayos X, respectivamente, del dispositivo de rayos X con arco en C según la figura 21.
- 10 Figura 25 el dispositivo de rayos X con arco en C según la figura 5 con un ajuste angular diferente del emisor de rayos X alrededor de un eje de rotación virtual que, en comparación con el ajuste según la figura 5, discurre entre el emisor de rayos X y el detector de rayos X.

A menos que se indique lo contrario, las siguientes explicaciones se refieren a todos los ejemplos de realización.

15 Un dispositivo de rayos X con arco en C 1 tiene un arco en C 2 que puede ajustarse de muchas maneras y al que están fijados una disposición de emisor de rayos X 3 y un detector de rayos X asociado 4. La ajustabilidad del arco en C 2 no se aplica al ejemplo de realización mostrado en las figuras 21 a 24. En todos los ejemplos de realización, el arco en C 2 define un plano de referencia que, por ejemplo, está orientado verticalmente en la disposición según la figura 1 y horizontalmente en la disposición según la figura 2.

20 En todos los ejemplos de realización, la disposición de emisor de rayos X 3 comprende un emisor de rayos X 5 del primer tipo, que comprende cátodos de emisión de campo con nanotubos de carbono (CNT). El emisor de rayos X 5 tiene una forma alargada, opcionalmente curva en una estructura cerrada o casi cerrada en forma de anillo. La forma cerrada también puede estar formada por varios emisores de rayos X 5. En ningún caso, la forma anular o cualquier otra forma cerrada en anillo o marco, formada por al menos un emisor de rayos X 5, está rellena en toda su superficie, por ejemplo, en forma de un cuadrado.

30 En una sección del emisor de rayos X 5 que tenga al menos una dirección longitudinal o tangencial, ya sea recta o curva, se puede trazar una tangente que esté orientada normal al plano de referencia definido por el arco en C 2. Si el emisor de rayos X 5 no tiene una forma recta, similar a una varilla, define un plano que está orientado ortogonalmente al plano de referencia.

35 Además del emisor de rayos X 5 del primer tipo, la disposición de emisor de rayos X 3 en las configuraciones según las figuras 1, 3 y 6 comprende un emisor de rayos X adicional 6. Este emisor de rayos X adicional 6 funciona con un ánodo giratorio (no mostrado) para fines de refrigeración y, por lo tanto, es adecuado para generar dosis de rayos X particularmente altas. El emisor de rayos X adicional 6, al igual que el emisor de rayos X en forma de anillo 5, tiene nanobarras para la emisión de electrones. En el ejemplo de realización, tres emisores de electrones planos, cada uno de los cuales tiene nanobarras, están dispuestos en el emisor de rayos X adicional 6.

40 En la configuración según la figura 1, el emisor de rayos X adicional 6 está situado céntricamente en el espacio en forma de disco rodeado por el primer emisor de rayos X 5. El eje central del emisor de rayos X adicional 6 coincide con el eje de simetría del emisor de rayos X anular 5. Los emisores de rayos X 5, 6 se pueden controlar independientemente uno del otro.

45 En la configuración según la figura 3, el emisor de rayos X 5 del primer tipo tiene una forma alargada y curva. En general, el emisor de rayos X 5 está orientado transversalmente al plano de referencia definido por el arco en C 2. El emisor de rayos X 5 en forma de arco define un plano que está orientado normal al eje de inclinación del arco C 2, designado K. El eje de inclinación K se encuentra en el plano de referencia. En el caso de la figura 3, el emisor de rayos X adicional 6 está fijado al arco en C 2 junto al emisor de rayos X 5 del primer tipo.

50 La realización según la figura 5 se diferencia de la realización según la figura 3 por la omisión del emisor de rayos X adicional 6. Asimismo, en la realización según la figura 1 se podría omitir dicho emisor de rayos X adicional 6.

55 La configuración según la figura 6 es similar a la realización según la figura 3, pero en este caso el emisor de rayos X 5 tiene una forma recta, similar a una varilla. El eje longitudinal del emisor de rayos X 5 en forma de varilla es idéntico a la normal de la superficie del plano de referencia formado por el arco en C 2. En la disposición según la figura 6, así como en la disposición según la figura 3, se fija un emisor de rayos X adicional 6 opcional, junto al primer emisor de rayos X 5 en un extremo del arco en C 2.

60 La figura 7 ilustra la trayectoria del haz de radiación de rayos X que emana del emisor de rayos X 5. En este caso, se parte de dos fuentes puntuales de radiación de rayos X. Desde cada fuente aproximadamente puntual, la radiación de rayos X se propaga de tal manera que incide en toda la superficie del detector 4. Los aparatos colimadores que limitan la trayectoria del haz de radiación de rayos X no se muestran en la figura 7. Se pueden generar imágenes tomográficas de un objeto a examinar a partir de una gran cantidad de imágenes de proyección individuales, cada una adquirida con una única fuente de rayos X, sin cambiar la relación espacial entre el arco C 2 y el objeto a examinar. El emisor

de rayos X 5 según la figura 7 forma un total de 96 fuentes de rayos X en una posición definida con exactitud.

La disposición de emisor de rayos X 3 mostrada en la figura 8, que es adecuada para el dispositivo de rayos X con arco en C 1 según la figura 1, se puede combinar con un emisor de rayos X adicional 6, no mostrado aquí, si es necesario. Los conductos de vacío se designan con el número 7 y las disposiciones de emisor del emisor de rayos X 5 se designan con el número 9.

Las figuras 9 a 11 ilustran un posible modo de funcionamiento de la disposición de emisor de rayos X 3 en forma de anillo. Todos los emisores de electrones de la disposición de emisor de rayos X 3 están formados por cátodos de emisión de campo con nanotubos de carbono (CNT). En el primer paso, por ejemplo, como se marca en la figura 9, se controlan cuatro emisores, separados en un ángulo de 90° entre sí, es decir, ubicados en el eje X o en el eje Y. En los siguientes pasos se pueden generar imágenes de proyección adicionales, por ejemplo, según la figura 10 o la figura 11. En el caso de la figura 10, partiendo del emisor ubicado en el eje X entre el segundo y tercer cuadrante, se controlan secuencialmente los demás emisores en un orden circular.

Por el contrario, en el caso de la figura 11, los emisores situados en diferentes cuadrantes se activan uno tras otro, de modo que siempre se controlan dos emisores sucesivamente, entre los cuales hay una gran distancia en la dirección circunferencial del emisor de rayos X 5 en comparación con el modo de funcionamiento según la figura 10. El modo de funcionamiento ilustrado en la figura 11 tiene la ventaja de que se pueden obtener imágenes tridimensionales de calidad aceptable a partir de imágenes de proyección generadas con sólo una parte de los emisores disponibles.

Las figuras 12 y 13 muestran los emisores de rayos X 5 según la figura 6 y la figura 3, respectivamente, en una representación en perspectiva, parcialmente transparente (figura 12). El ánodo del emisor de rayos X 5, designado 8 en la figura 12, se enfría mediante un aceite eléctricamente no conductor que fluye a través del ánodo 8. Cada uno de los emisores de rayos X 5 define una dirección longitudinal, que en el caso de la figura 13 está definida por la dirección tangencial del arco descrito por el emisor de rayos X 5, trazándose la tangente centralmente entre los dos extremos del arco. En la configuración según la figura 12, LS indica la longitud total del emisor de rayos X 5. La longitud total LS debe medirse siempre en la dirección longitudinal de una estructura alargada descrita por el emisor de rayos X 5, en el caso de la figura 12 un cilindro con sección transversal circular.

La figura 14 sirve para ilustrar un posible modo de funcionamiento del emisor de rayos X 5 según la figura 12. En este caso se controlan inicialmente tres cátodos de CNT del emisor de rayos X 5, que están situados en el medio y en los dos extremos del emisor de rayos X 5. En cuanto al control posterior de los emisores de electrones restantes, existen varias posibilidades: Por ejemplo, los emisores de electrones restantes se pueden activar de forma lineal y continua, lo que en principio corresponde al modo de funcionamiento mostrado en la figura 10. También es posible controlar emisores individuales uno tras otro, que están más separados entre sí, como ya se ha explicado en principio con referencia a la figura 11. También es posible la activación aleatoria de emisores de electrones individuales.

Además del emisor de rayos X 5 en forma de anillo según la figura 1, en las figuras 15 a 20 se muestran otras posibles formas de emisores de rayos X 5 que se pueden utilizar para el dispositivo con arco en C 1. Se trata de formas triangulares, cuadradas, pentagonales, hexagonales y decagonales. También son posibles otras formas cerradas, como la forma octogonal.

DS denota el diámetro de la sección transversal de la estructura alargada del emisor de rayos X 6. En el caso de la figura 15, la estructura alargada es un toro. En el caso de una sección transversal no circular de la estructura alargada, como en los casos de las Figuras 16 a 20, DS se define como el diámetro máximo de la sección transversal de la estructura alargada. La línea parcialmente discontinua a lo largo de la cual se debe medir toda la extensión LS está, en el caso de un emisor de rayos X poligonal 5, doblada varias veces según la forma del polígono correspondiente. En todos los casos, la extensión LS es más de cuatro veces el diámetro DS.

En los casos ilustrados en las figuras 15 a 20, el emisor de rayos X adicional 6 opcional se ubica preferiblemente en el centro de la forma respectiva, al igual que en la disposición según la figura 1. De este modo, el plano de referencia definido por el arco en C 2 intersecta el emisor de rayos X adicional 6, mientras que el emisor de rayos X 5 que funciona con emisores CNT sobresale por ambos lados de dicho plano de referencia.

En el ejemplo de realización según las figuras 21 a 24, el arco en C 2 está fijado en el espacio durante un examen radiográfico. Sólo el emisor de rayos X 5 y el detector de rayos X 4 pueden girar alrededor de un eje de rotación virtual común D. La sincronización de los movimientos de pivote del emisor de rayos X 5 y del detector de rayos X 4 se realiza electrónicamente. Como se puede ver en la figura 21, el emisor de rayos X 5 y el detector de rayos X 4 tienen, cada uno, una forma básica alargada. En la disposición según la figura 21, el emisor de rayos X 5 así como el detector de rayos X 4 están orientados transversalmente al plano de referencia definido por el arco en C 2. En la vista según la figura 22, el plano de referencia está orientado ortogonalmente al plano de dibujo, en donde el eje de rotación D está situado en el plano de referencia. Un área de examen U situada entre el emisor de rayos X 5 y el detector de rayos X 4 es intersectada por el eje de rotación D.

El emisor de rayos X 5 del dispositivo de rayos X 1 según la figura 21 es adecuado para emitir haces de rayos X en

forma de abanico, pudiendo ajustarse de muchas maneras el plano en el que se encuentra el abanico durante una exposición a rayos X mediante una pivotación discontinua o continua del emisor de rayos X 5 alrededor del eje de rotación D. Las bajas masas y momentos de inercia del emisor de rayos X 5 y del detector de rayos X 4 en comparación con todo el arco en C 2 permiten tomar imágenes de rayos X sucesivas a intervalos cortos con diferentes ajustes de ángulo del emisor de rayos X 5 y del detector de rayos X 4, en donde el conjunto formado por el emisor de rayos X 5 y el detector de rayos X 4 puede permanecer inmóvil para cada imagen de rayos X. Un conjunto de proyecciones generado de esta manera permite proporcionar imágenes seccionales y datos de volumen con poco gasto instrumental y tiempo en comparación con los equipos convencionales. En el ejemplo de realización según la figura 21, se proporciona un detector lineal como detector de rayos X 4.

El emisor de rayos X 5, al igual que el detector de rayos X 4, es ajustable en un rango angular de al menos $+20^\circ$ a -20° en lo que respecta al ajuste alrededor del eje de rotación D. El ajuste se puede realizar, por ejemplo, en 40 pasos. Si además se proporciona un ajuste en dirección tangencial del arco en C 2, no visible en la figura 21, es decir, alrededor de un eje transversal imaginario orientado normal al plano de referencia, es decir, en dirección longitudinal del emisor de rayos X 5 y del detector de rayos X 4, siempre que estos se encuentren en su posición central, se obtiene en total una pluralidad de posibles ajustes. Si, por ejemplo, se proporciona un ajuste del arco en C alrededor del eje transversal en 60 pasos, se obtienen en total $40 \times 60 = 2.400$ ajustes posibles para el conjunto formado por el emisor de rayos X 5 y el detector de rayos X 4.

El ajuste del emisor de rayos X 5 alrededor del eje de rotación D, que intersecta centralmente el emisor de rayos X 5 y el detector de rayos X 4, también se ilustra en la figura 25, que muestra el ejemplo de realización según la figura 5. En todas las demás realizaciones del dispositivo de rayos X con arco en C 1 con un emisor de rayos X 5 alargado, recto o curvo, también se puede proporcionar su capacidad de ajuste alrededor del eje de rotación 5.

Lista de referencias

- | | |
|----|---|
| 1 | Dispositivo de rayos X con arco en C |
| 2 | Arco en C |
| 3 | Disposición de emisor de rayos X |
| 4 | Detector de rayos X |
| 5 | Emisor de rayos X del primer tipo (con nanobarras) |
| 6 | Emisor de rayos X adicional |
| 7 | Conductos de vacío |
| 8 | Ánodo |
| 9 | Disposición de emisor |
| DS | Diámetro de la sección transversal de la estructura alargada del emisor de rayos X |
| K | Eje de inclinación |
| LS | Extensión en dirección longitudinal de la estructura alargada del emisor de rayos X |
| U | Área de examen |

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de rayos X con arco en C, con un emisor de rayos X (5) y un detector de rayos X (4), que se sostienen en un arco en C (2) situado en un plano de referencia, en donde el emisor de rayos X (5) comprende nanobarras como emisores de electrones y describe una estructura tubular alargada, caracterizado por que el emisor de rayos X (5) tiene una forma curva y alargada, en donde una tangente trazada centralmente en el emisor de rayos X representa una normal a la superficie del plano de referencia y la forma curva del emisor de rayos X define un plano orientado ortogonalmente al plano de referencia, y en donde la extensión total del emisor de rayos X (5) es al menos cuatro veces el diámetro de la sección transversal del emisor de rayos X (5) medida transversalmente a la estructura alargada.
2. Dispositivo de rayos X según la reivindicación 1, caracterizado por que se proporcionan nanotubos de carbono (CNT) como nanobarras para la emisión de electrones.
3. Dispositivo de rayos X según la reivindicación 2, caracterizado por que al menos una parte de las nanobarras están configuradas como nanotubos de carbono de pared simple o múltiple o nanotubos de carbono heteronitrogenados de pared simple o múltiple.
4. Dispositivo de rayos X según las reivindicaciones 2 o 3, caracterizado por que al menos una parte de las nanobarras contienen boruros de tierras raras, óxidos metálicos, sulfuros metálicos, nitruros, carburos o silicio.
5. Dispositivo de rayos X según una de las reivindicaciones 2 a 4, caracterizado por que las nanobarras tienen una longitud inferior a 20 μm y un diámetro inferior a 10 nm, en donde se da una densidad de al menos 10^6 nanobarras por cm^2 con relación a la superficie del cátodo configurada para emitir electrones.
6. Dispositivo de rayos X según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que comprende, además del emisor de rayos X (5) que contiene nanobarras, en particular nanotubos de carbono (CNT), un emisor de rayos X adicional (6).
7. Dispositivo de rayos X según la reivindicación 6, caracterizado por que el emisor de rayos X adicional (6) tiene un ánodo giratorio.
8. Dispositivo de rayos X según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que el emisor de rayos X (5) y el detector de rayos X (4) pueden pivotar juntos alrededor de un eje de rotación (D) situado en el plano de referencia.
9. Dispositivo de rayos X según la reivindicación 8, caracterizado por que el emisor de rayos X (5) está configurado para emitir haces de rayos X en forma de abanico.
10. Dispositivo de rayos X según las reivindicaciones 8 o 9, caracterizado por que el emisor de rayos X (5) y el detector de rayos X (4) están sincronizados electrónicamente en cuanto a rotaciones alrededor del eje de rotación (D).
11. Dispositivo de rayos X según una de las reivindicaciones 8 a 10, caracterizado por que el arco en C (2) es orientable en su dirección tangencial, es decir, respecto de un eje de pivote imaginario dispuesto transversalmente al plano de referencia.
12. Método para operar un dispositivo de rayos X según la reivindicación 11, en donde se crean varias imágenes de rayos X que se diferencian entre sí tanto en cuanto al ajuste del arco en C (2) en su dirección tangencial como en cuanto al ajuste angular del emisor de rayos X (5) y del detector de rayos X (4) con respecto a su eje de rotación común (D).
13. Método según la reivindicación 12, caracterizado por que al crear un conjunto de imágenes de rayos X, el arco en C (2) se fija en un primer número de posiciones diferentes en cuanto a su ajuste en dirección tangencial, y en cada una de estas posiciones se generan imágenes de rayos X con un segundo número de ajustes angulares diferentes del emisor de rayos X (5) y del detector de rayos X (4).

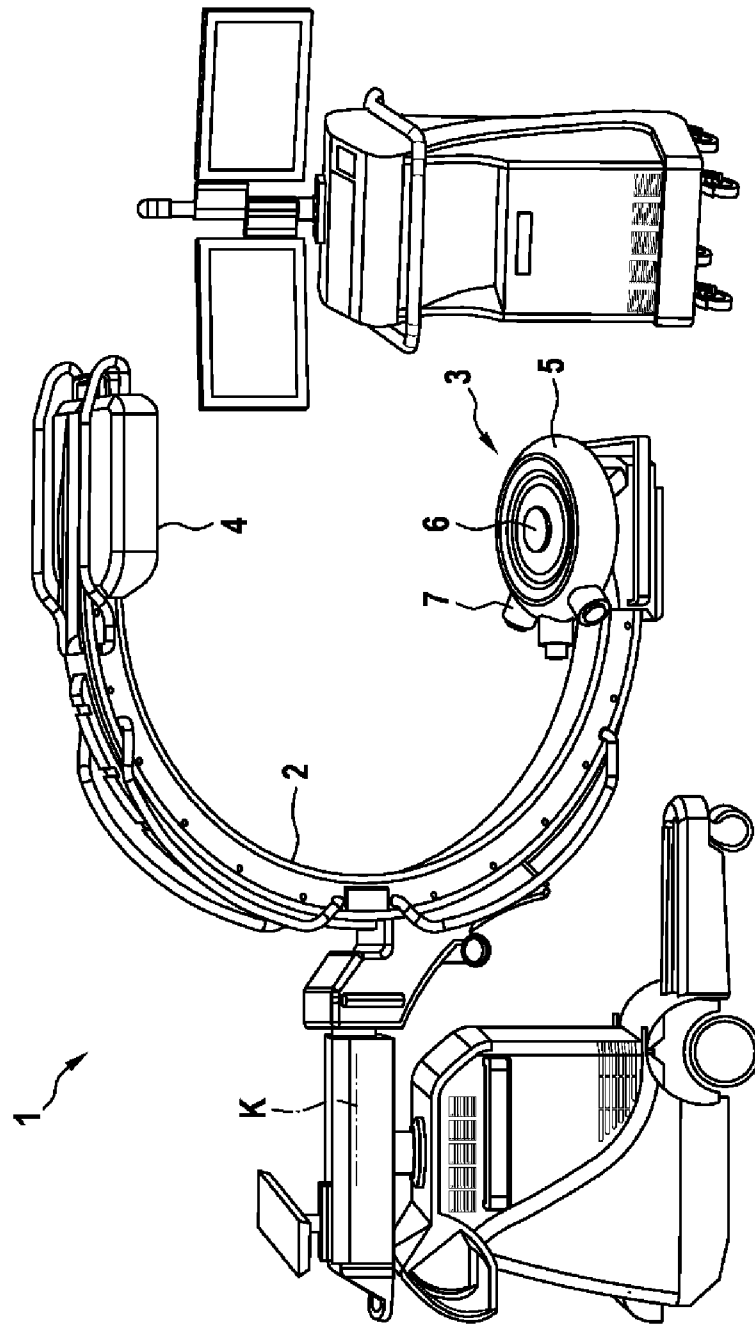


Fig. 1

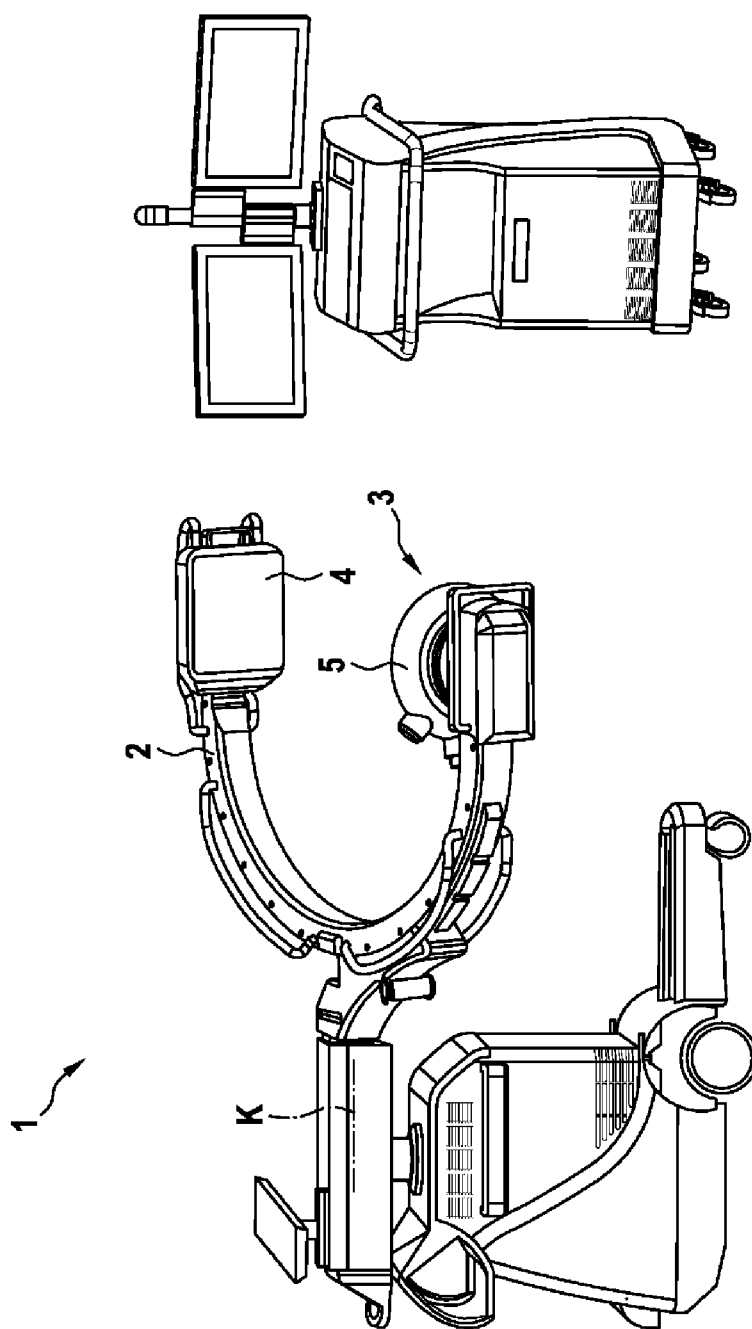


Fig. 2

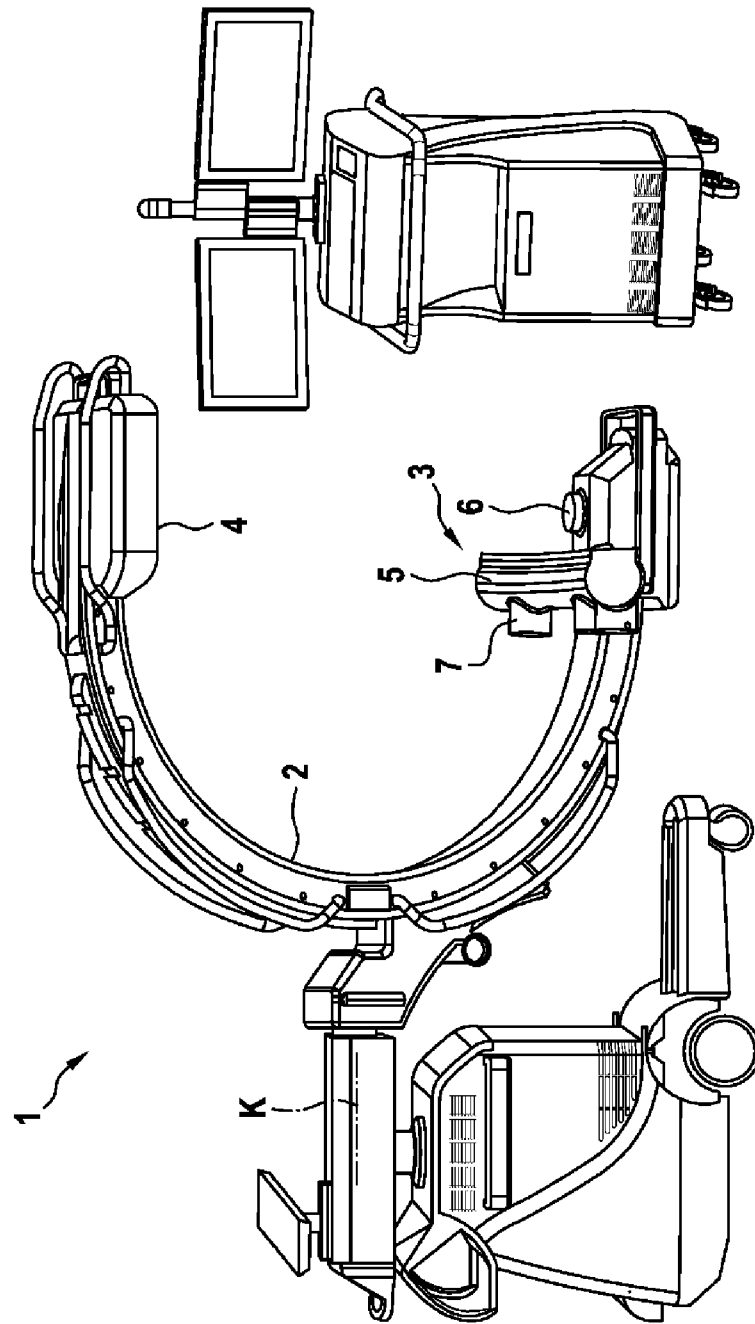


Fig. 3

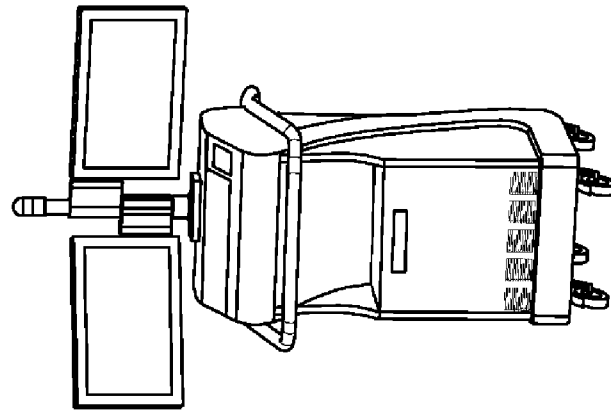
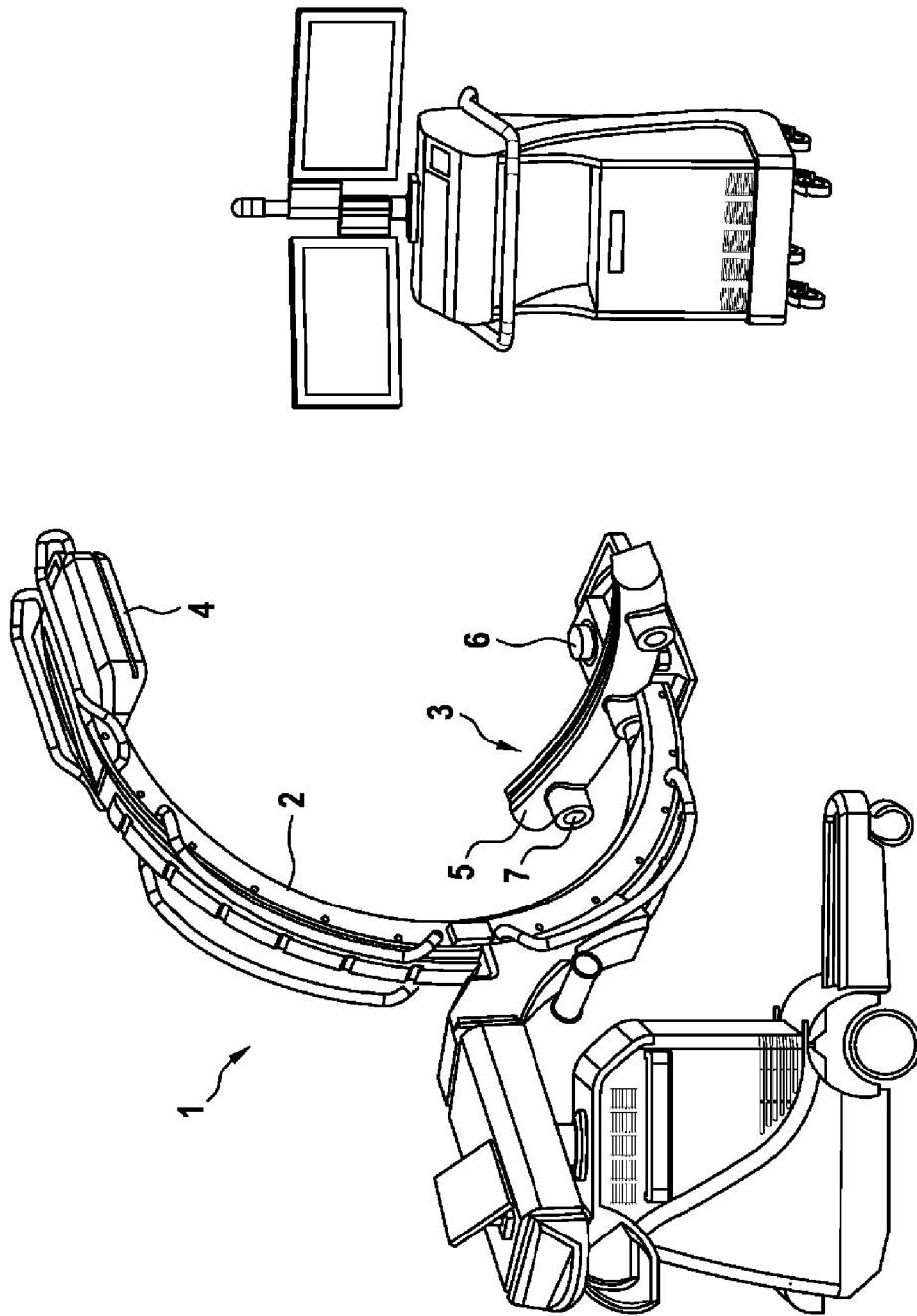


Fig. 4

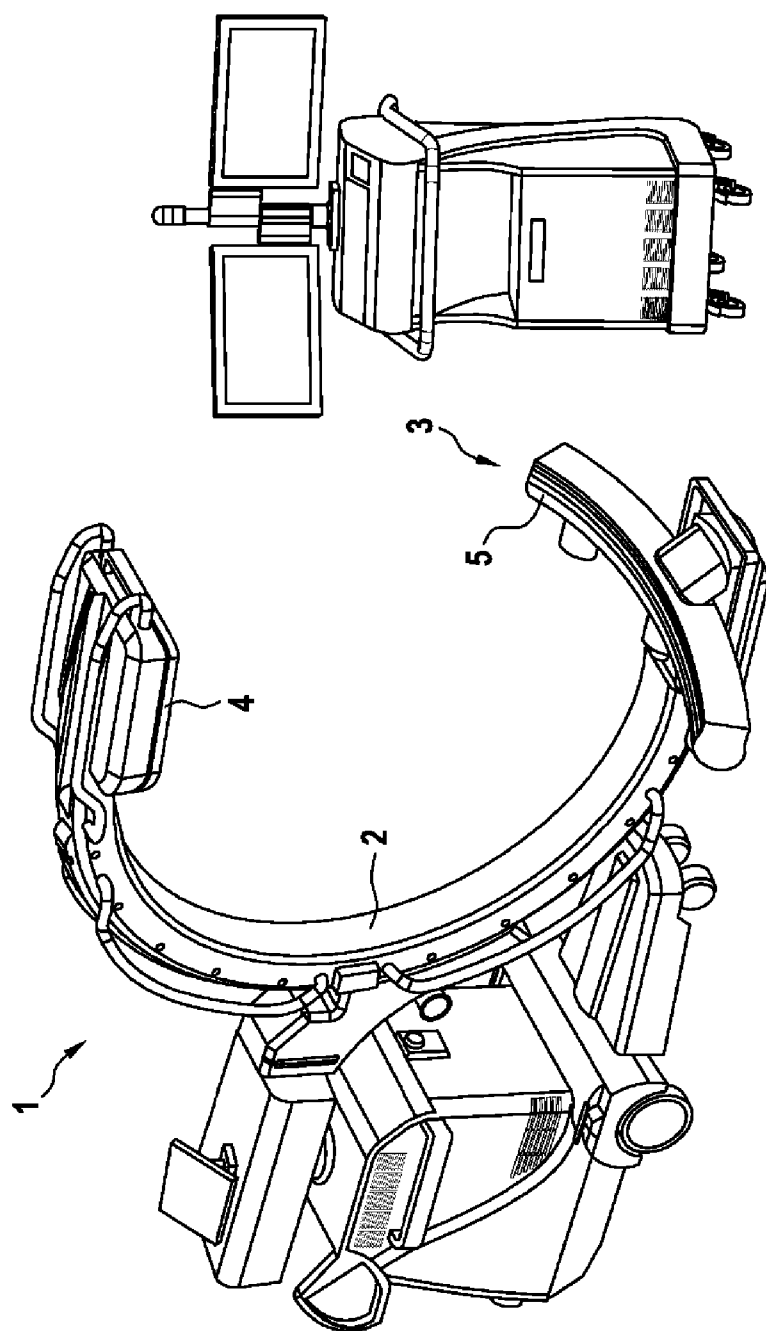


Fig. 5

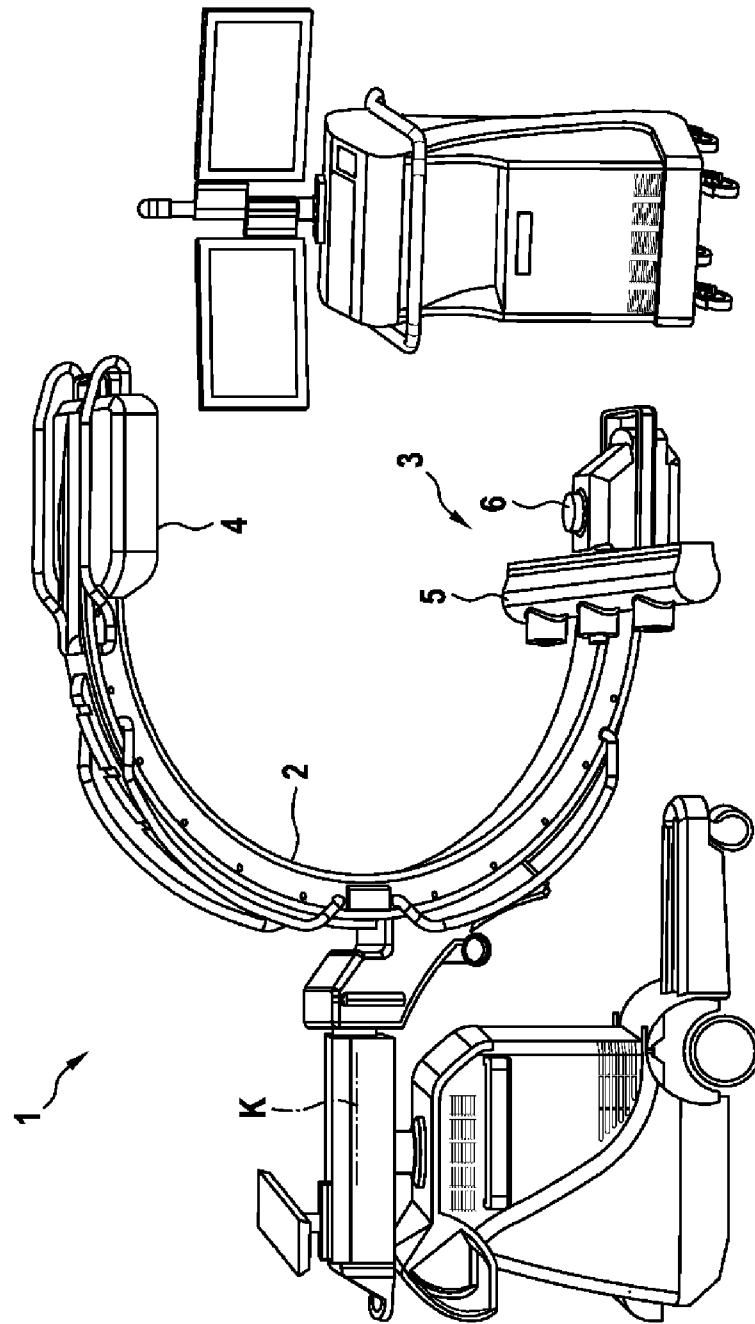
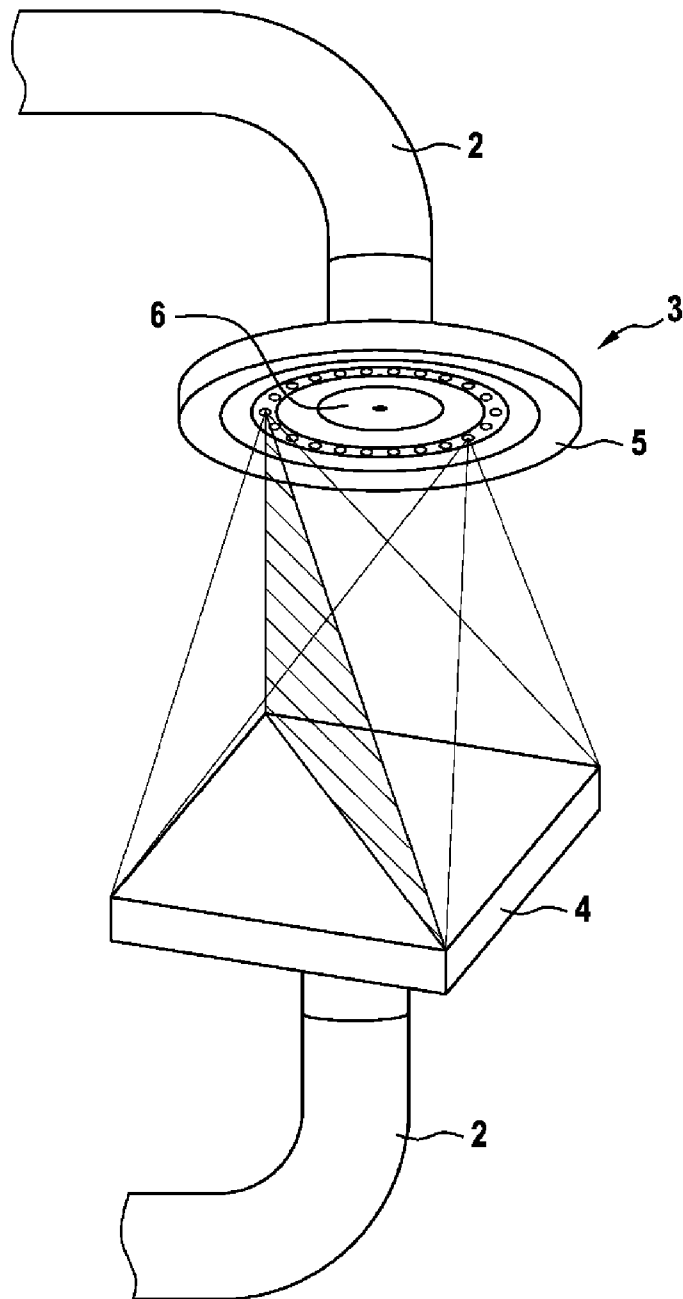


Fig. 6

Fig. 7



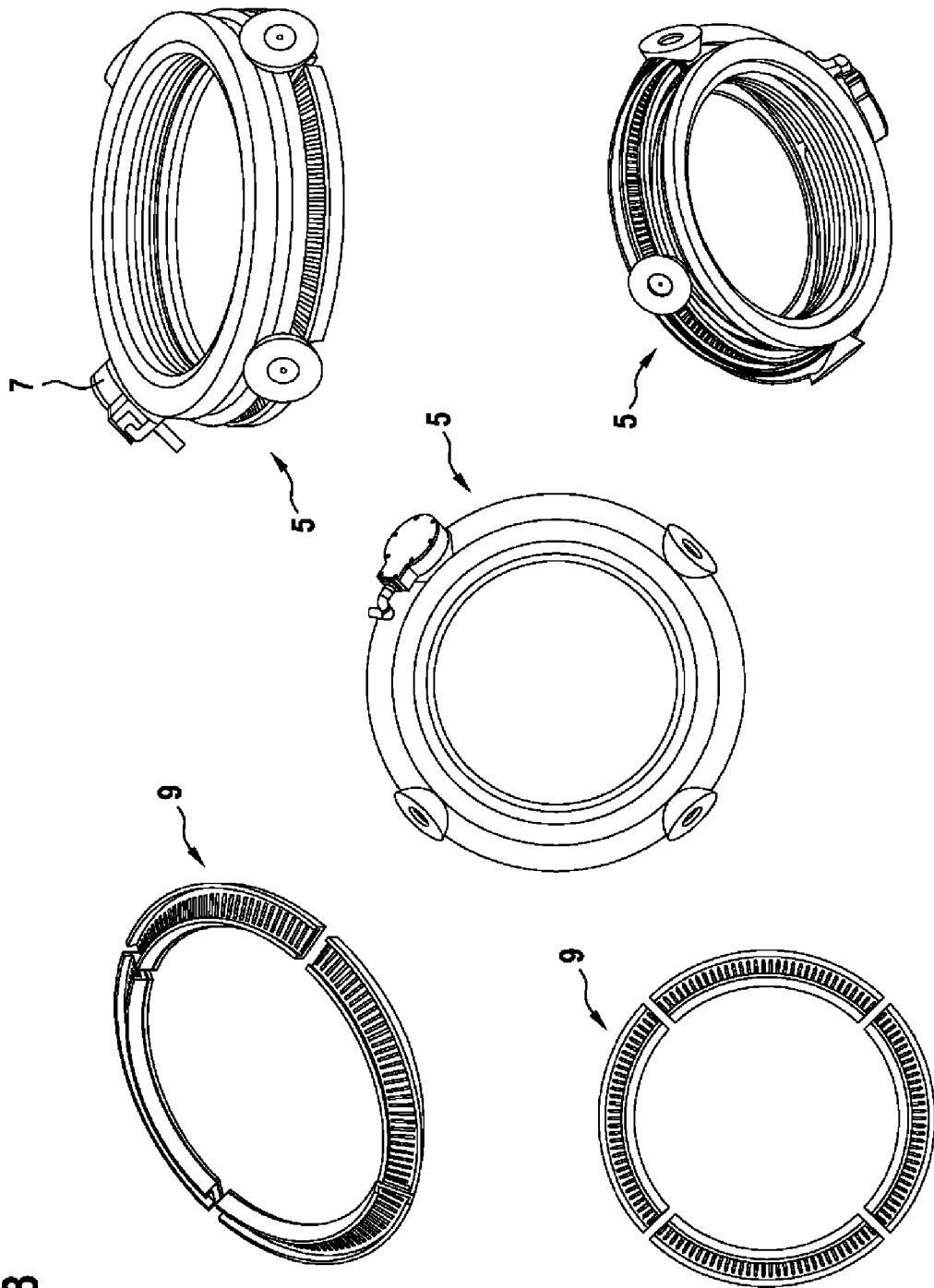


Fig. 8

Fig. 9

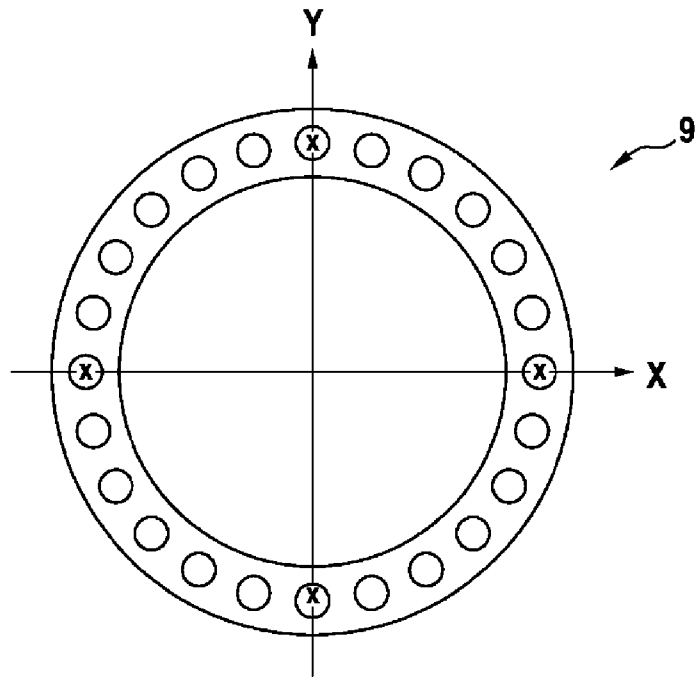


Fig. 10

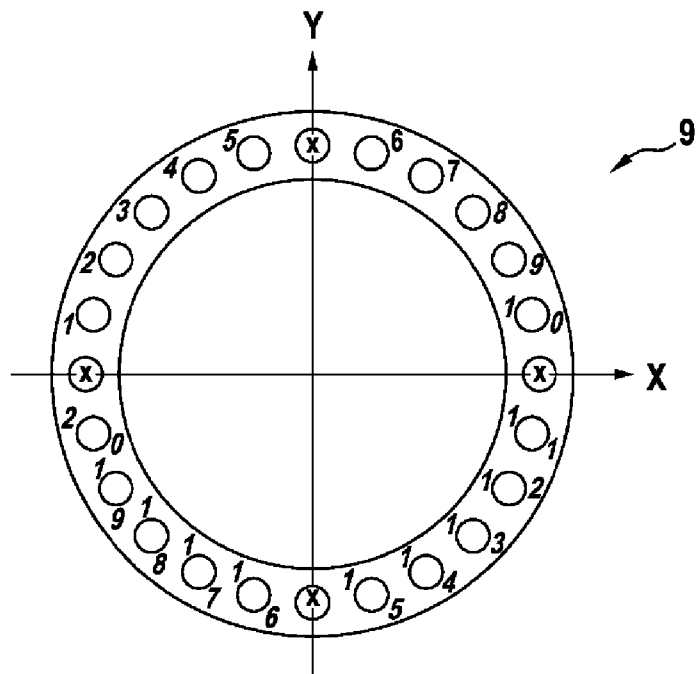


Fig. 11

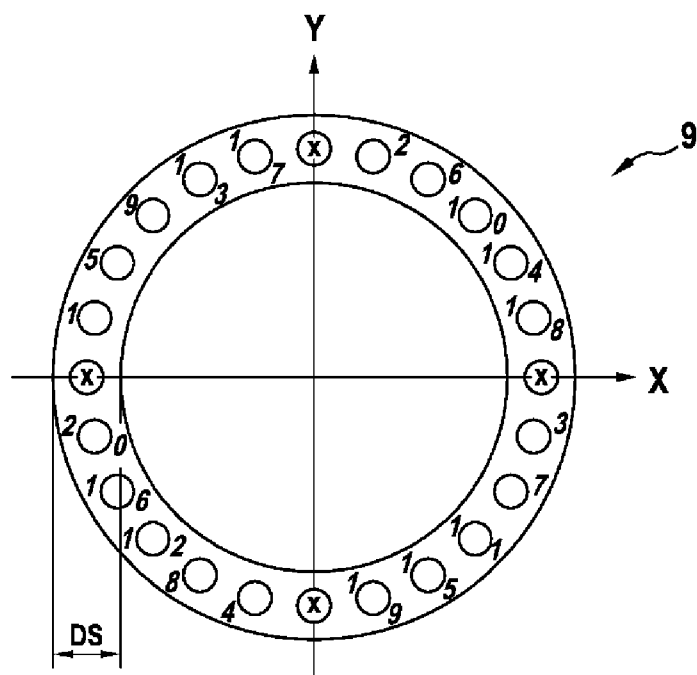


Fig. 12

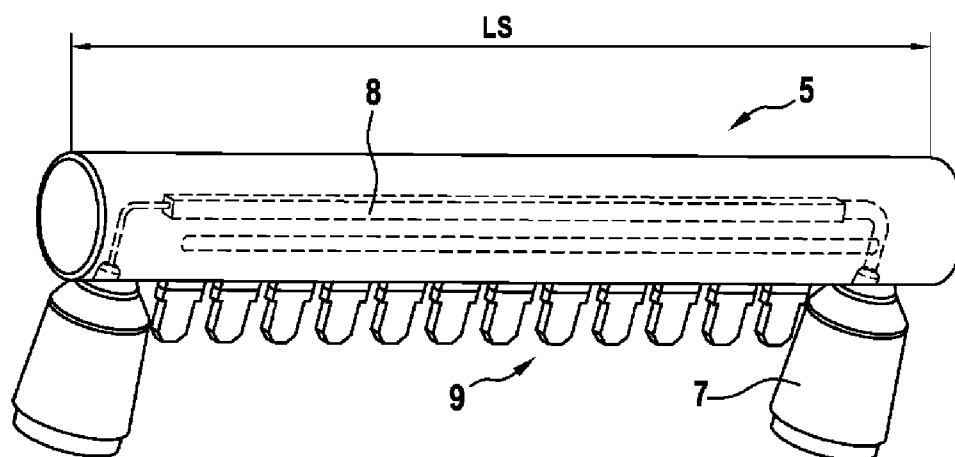


Fig. 13

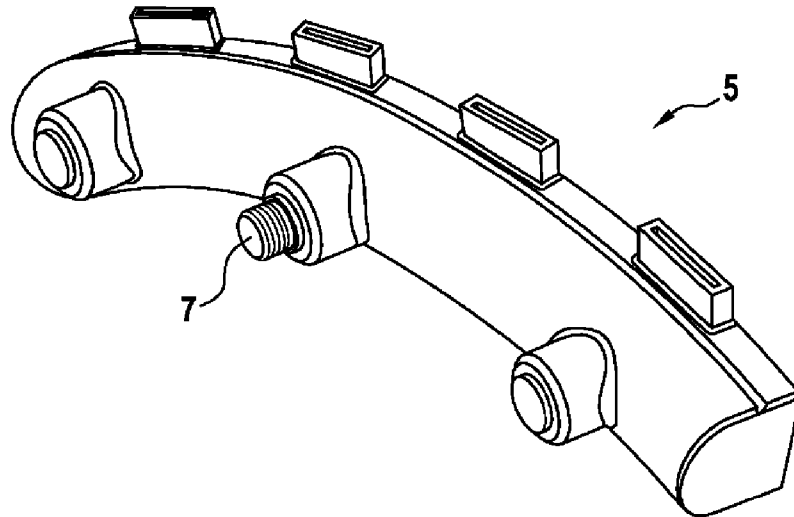


Fig. 14

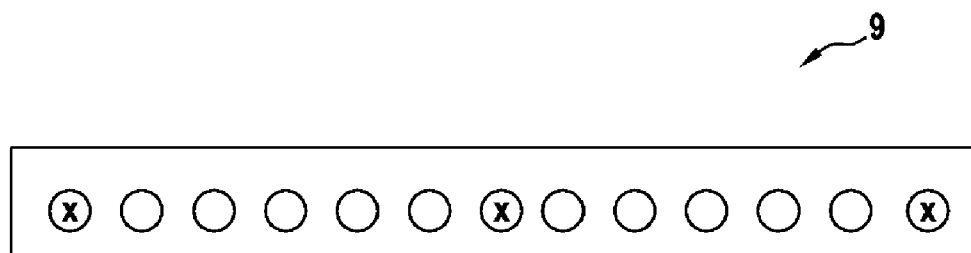


Fig. 15

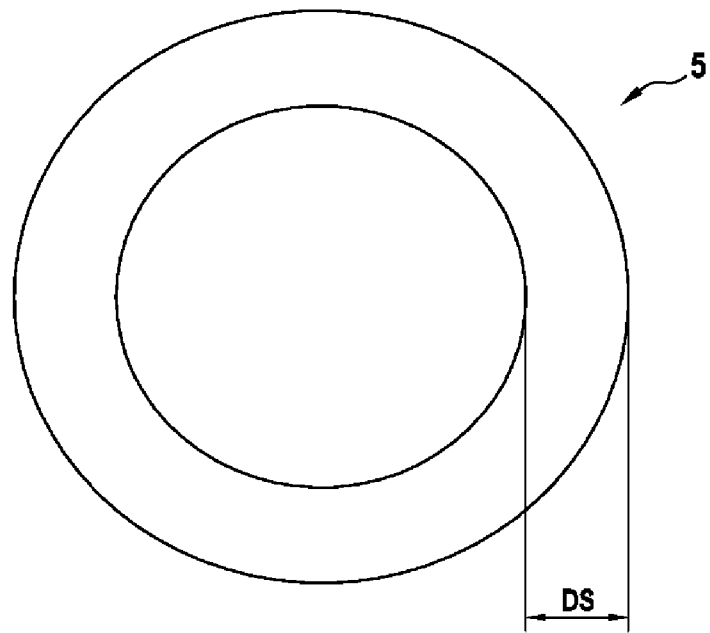


Fig. 16

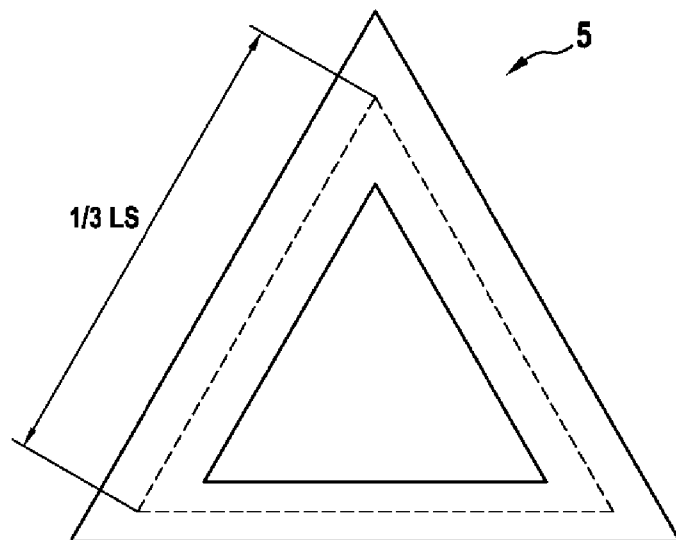


Fig. 17

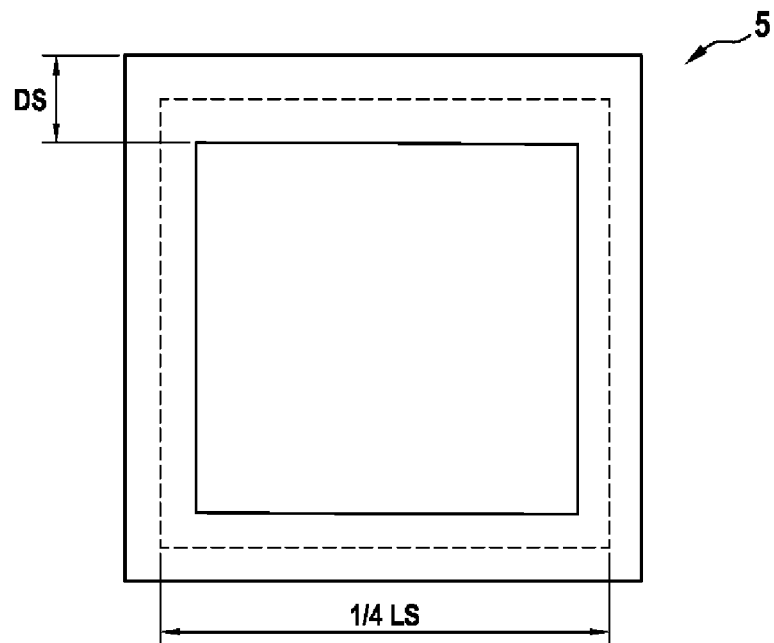


Fig. 18

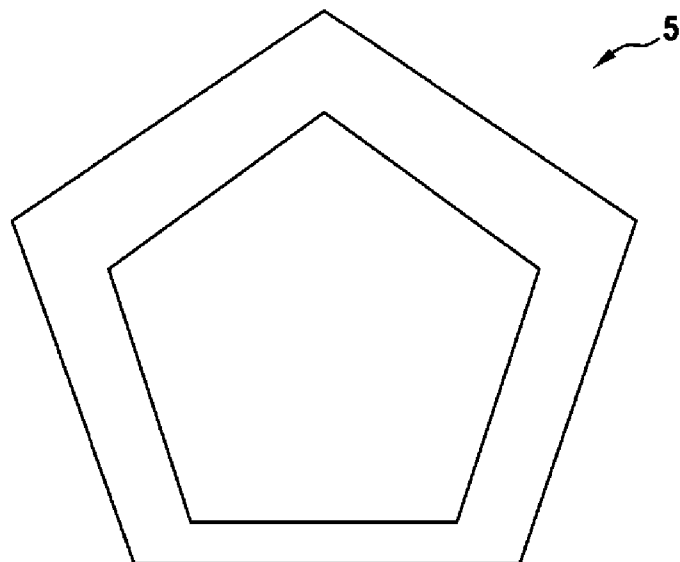


Fig. 19

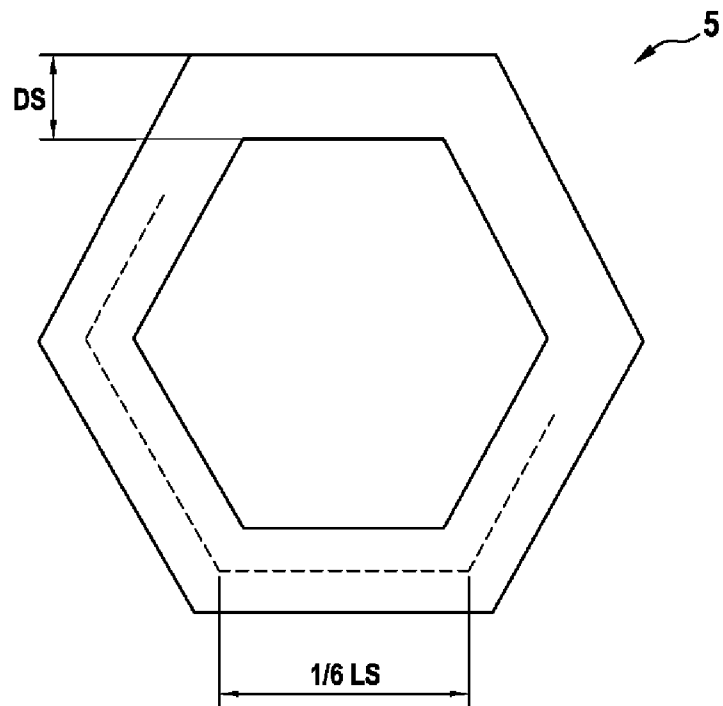


Fig. 20

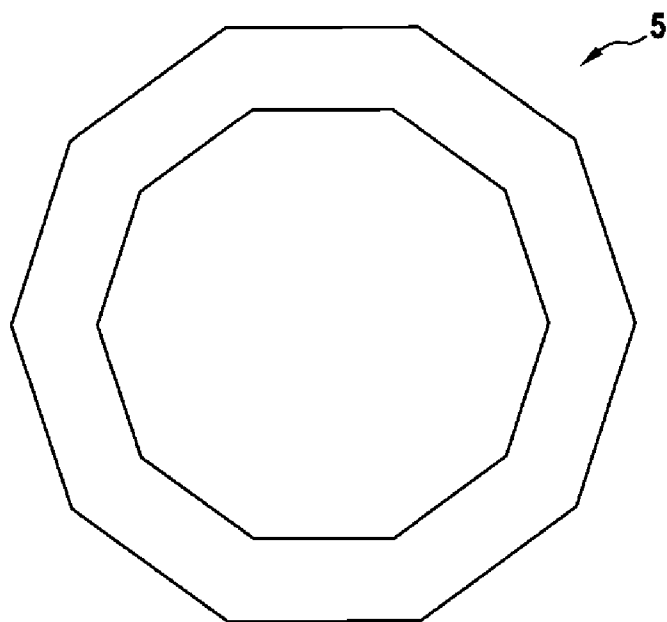


Fig. 21

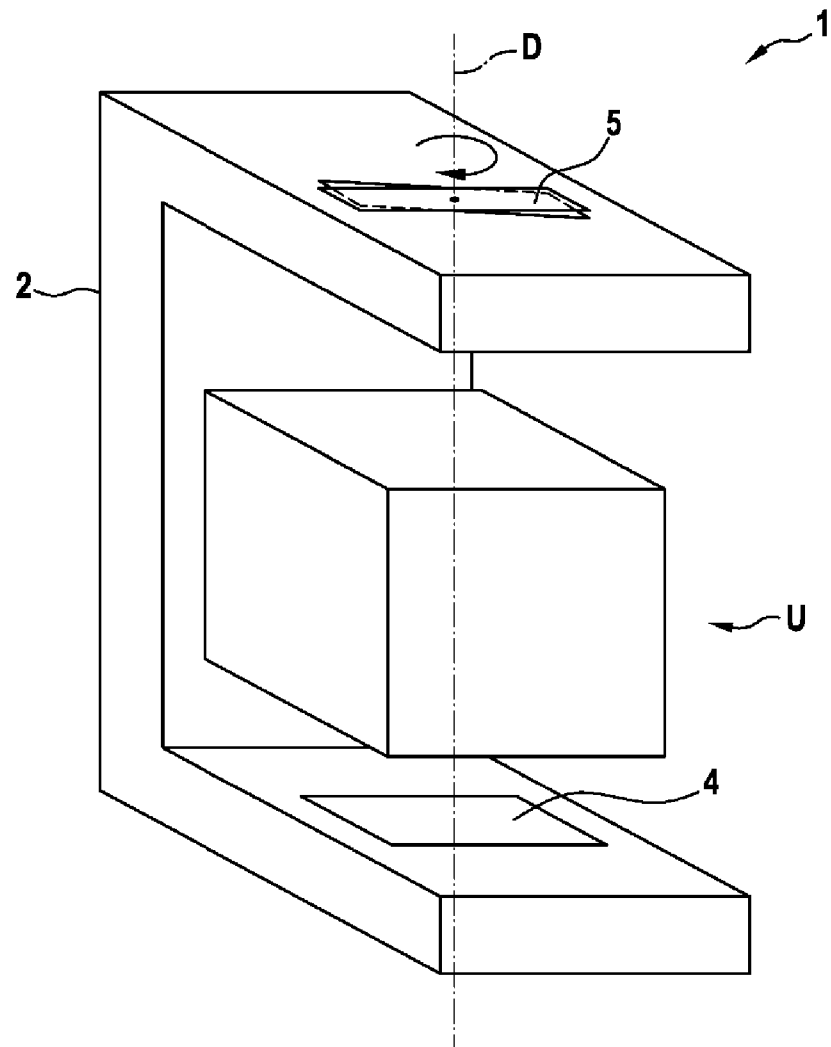


Fig. 22

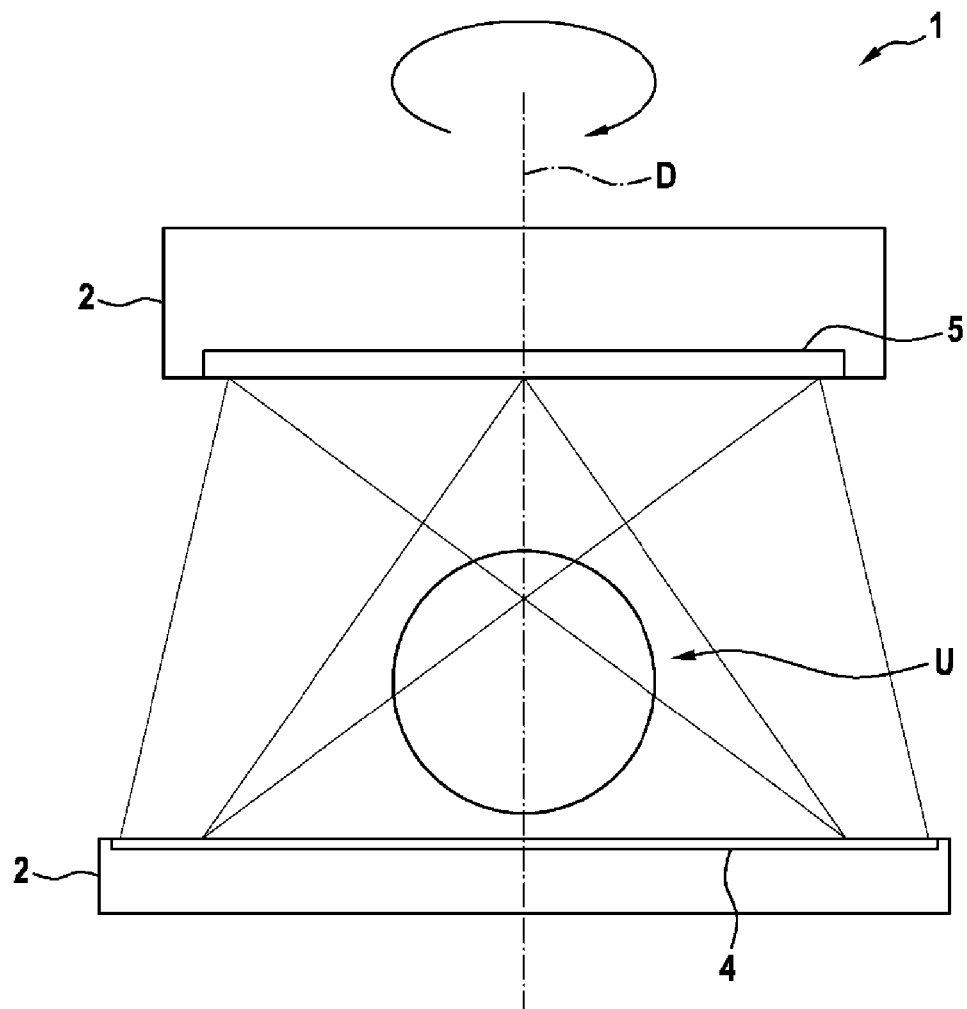


Fig. 23

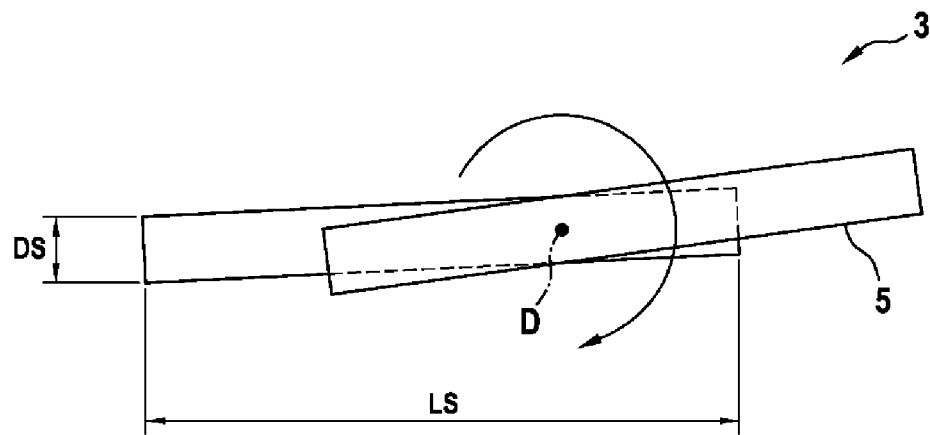
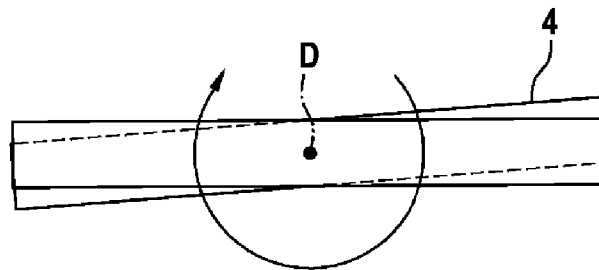


Fig. 24



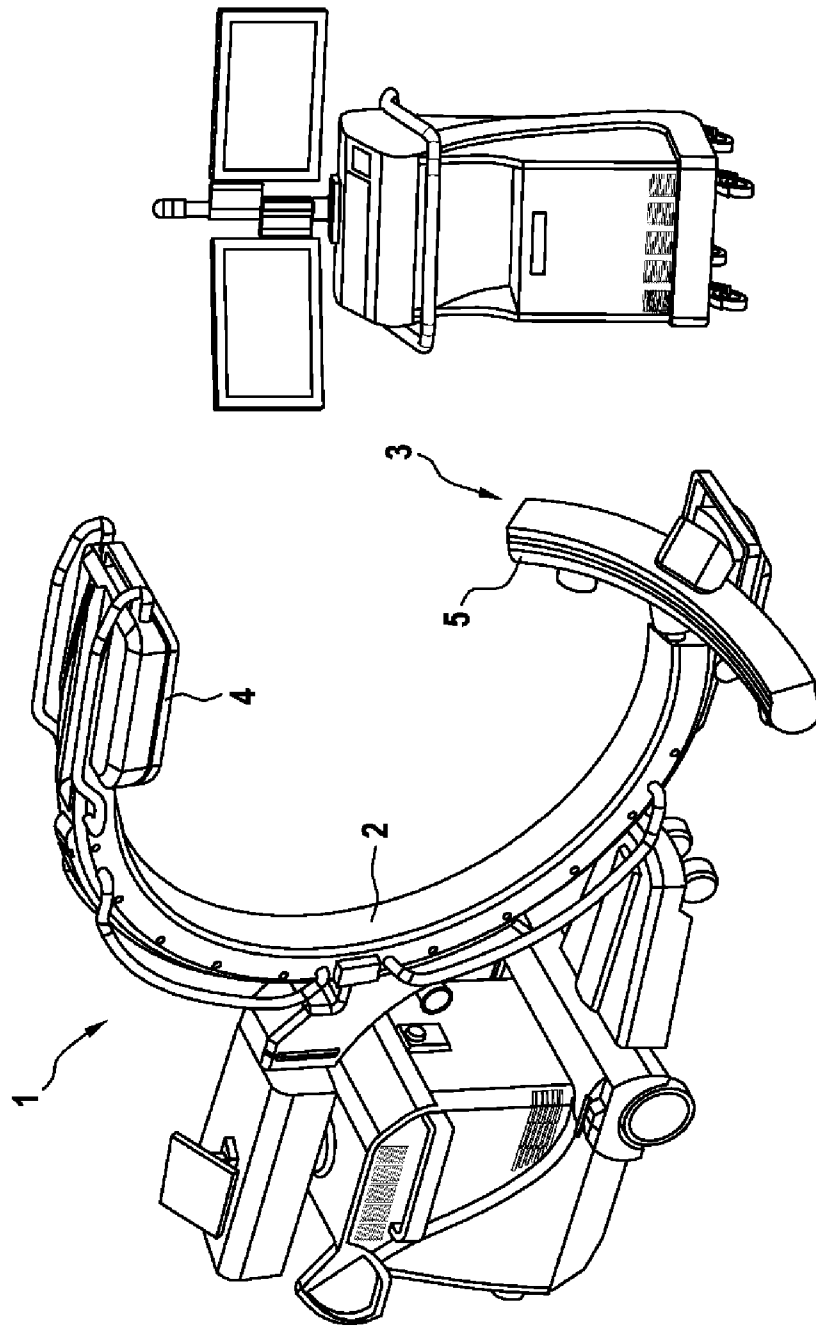


Fig. 25