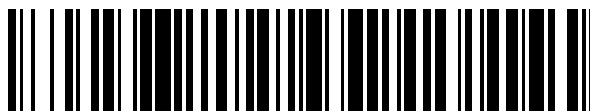


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 626 953**

51 Int. Cl.:

G21K 1/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.12.2010 PCT/EP2010/069303**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.06.2011 WO11070123**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.12.2010 E 10787782 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.02.2017 EP 2510521**

54 Título: **Métodos y sistemas para colimación**

30 Prioridad:

09.12.2009 US 285031 P
02.02.2010 EP 10152398

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.07.2017

73 Titular/es:

MOLECUBES (100.0%)
Ottergemsesteenweg-Zuid 808 - bus 325
9000 Gent, BE

72 Inventor/es:

VANDENBERGHE, STEFAAN;
STAELENS, STEVEN y
DEPREZ, KAREL

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 626 953 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

Métodos y sistemas para colimación.

5 **Campo de la invención**

La invención se refiere al campo de los sistemas relacionados con radiación. Más particularmente, la presente invención se refiere a colimadores para su uso en sistemas relacionados con radiación, a métodos de colimación y a sistemas que usan tales colimadores.

Antecedentes de la invención

Una parte importante de un escáner SPECT es el colimador. El colimador se usa para transmitir solamente rayos gamma con ciertas direcciones. Detrás de este colimador está un detector que convierte el rayo gamma en una señal medible. Se conocen dos tipos principales de colimadores, que son el colimador de agujeros paralelos y el colimador de agujero de alfiler. Los colimadores de agujero de alfiler se usan para seleccionar rayos gamma de un cono. Un agujero de alfiler está hecho de 2 conos, el cono superior se determina por la parte superior de la placa de colimador y la abertura y el cono inferior se determina por la abertura y la parte inferior de la placa. La proyección de un colimador de agujero de alfiler sobre un detector plano es una región circular o elíptica. Típicamente, tiene que ser hecho un compromiso cuando se usan agujeros de alfiler sobre detectores rectangulares. En caso de un único agujero de alfiler o bien el espacio del detector no se irradiará o bien se irradiarán partes fuera del detector. En caso de múltiples agujeros de alfiler, las proyecciones de los diferentes agujeros de alfiler se solaparán, o no se usará algún área de detector valiosa. Otra solución es usar lamas en combinación con el colimador para separar las diferentes proyecciones. Tal blindaje adicional puede provocar típicamente un aumento significativo en los fotones dispersados, el peso y el coste del sistema.

Hay espacio para la mejora del sistema de detección y/o el componente colimador del mismo.

35 **Compendio de la invención**

Es un objeto de las realizaciones de la presente invención proporcionar buenos colimadores y sistemas que usan tales colimadores, así como proporcionar buenos métodos para colimación. Es una ventaja de las realizaciones según la presente invención que se pueda hacer un uso más eficiente de la superficie de detector disponible colocada después del colimador, en comparación con, por ejemplo, los sistemas convencionales de agujero de alfiler. Es una ventaja de al menos algunas realizaciones que se pueden reducir o resolver uno o más de los problemas mencionados en los antecedentes.

Es una ventaja de las realizaciones según la presente invención que la superficie de detección disponible se pueda usar tan eficientemente como sea posible, al tiempo que se minimice el solapamiento, es decir, el área de detector que se irradia a través de diferentes agujeros del colimador o que se irradiasen a través de diferentes agujeros del colimador si no se usase ninguna lama.

El objetivo anterior se logra mediante un dispositivo según la presente invención como se define en las reivindicaciones.

Estos y otros aspectos de la invención serán evidentes a partir de y dilucidados con referencia a la(s) realización(es) descritas de aquí en adelante.

Breve descripción de los dibujos

- 5 La FIG. 1 ilustra un ejemplo de un colimador de agujero de alfiler (lado izquierdo) y un ejemplo de un colimador relacionado con las realizaciones de la presente invención (lado derecho).
- 10 La FIG. 2a ilustra diferentes segmentos de una imagen negativa de un agujero de colimador relacionado con las realizaciones de la presente invención, los segmentos que están desplazados unos con respecto otros para aumentar la visibilidad de las características del colimador.
- 15 La FIG. 2b ilustra una ilustración esquemática de un colimador relacionado con una realización de la presente invención.
- La FIG. 2c y la FIG. 2d ilustran dos ejemplos alternativos a un colimador.
- 20 La FIG. 3 ilustra la diferencia en el área de detección cubierta por un colimador basado en agujero de alfiler y un colimador como se usa en las realizaciones de la presente invención.
- La FIG. 4a y la FIG. 4b ilustran una vista lateral y una vista superior de un volumen inferior de un ejemplo de un colimador como se usa en una realización de la presente invención.
- 25 La FIG. 5 ilustra el área de detección irradiada por un colimador según la FIG. 4a.
- 30 La FIG. 6a y la FIG. 6b ilustran una vista lateral y una vista superior de un volumen inferior de otro ejemplo de un colimador como se usa en una realización de la presente invención.
- La FIG. 7 ilustra el área de detección irradiada por un colimador según la FIG. 6a.
- 35 La FIG. 8a y la FIG. 8b ilustran una vista lateral y una vista superior de un volumen inferior de aún otro ejemplo de un colimador como se usa en una realización de la presente invención.
- 40 La FIG. 9 ilustra el área de detección irradiada por un colimador según la FIG. 8a.
- La FIG. 10a y la FIG. 10b ilustran una vista lateral y una vista superior de un volumen inferior de aún otro ejemplo de un colimador como se usa en una realización de la presente invención.
- 45 La FIG. 11 ilustra el área de detección irradiada por un colimador según la FIG. 10a.
- La FIG. 12 ilustra una vista superior lateral de un colimador que comprende una pluralidad de agujeros relacionado con una realización de la presente invención.
- 50 La FIG. 13 ilustra el detector de irradiación y el campo de visión usando un colimador como se describe en la FIG. 12.

La FIG. 14 ilustra un sistema relacionado con radiación que comprende un colimador relacionado con una realización de la presente invención.

5 La FIG. 15 ilustra un método ejemplar para diseñar un colimador relacionado con una realización de la presente invención.

La FIG. 16 ilustra un método ejemplar para diseñar un colimador de agujero en alto (lofthole), por lo cual se proporcionan posibilidades para diseñar una porción superior del volumen del colimador como un agujero en alto, una porción inferior del volumen del colimador como un agujero en alto o tanto una porción superior como inferior del volumen del colimador como un agujero en alto, relacionado con una realización de la presente invención.

15 La FIG. 17 ilustra un método ejemplar para diseñar una porción inferior (estando la porción del colimador entre la abertura y la superficie del detector) de un colimador como un agujero en alto, relacionando a una realización de la presente invención.

La FIG. 18 ilustra un método ejemplar para diseñar una porción superior (estando la porción del colimador entre la fuente de radiación y la abertura) de un colimador como un agujero en alto, relacionado con una realización de la presente invención.

La FIG. 19 ilustra una representación esquemática de un sistema informático que se puede usar para realizar un método relacionado con una realización de la presente invención.

Los dibujos solamente son esquemáticos y no limitantes. En los dibujos, el tamaño de algunos de los elementos puede estar exagerado y no dibujado a escala con propósitos ilustrativos.

30 **Descripción detallada de realizaciones ilustrativas**

Donde se hace referencia a radiación en las realizaciones según la presente invención, se puede hacer referencia a radiación electromagnética que comprende, entre otras, radiación gamma, las realizaciones de la presente invención no se limitan a la misma. Por ejemplo, un colimador según las realizaciones de la presente invención también puede colimar ondas electromagnéticas tales como por ejemplo radiación infrarroja, radiación visible, radiación UV, rayos X.

40 Donde en las realizaciones según la presente invención se hace referencia a una forma de una sección de una sección transversal del agujero que es una transformación no afín de la forma de la abertura, se entiende que la forma de la sección transversal del agujero no se puede obtener a través de una transformación afín de la forma de la abertura. Una transformación afín es por ello una transformación que consiste en una transformación lineal seguida de un traslado.

45 En un primer aspecto, la presente invención se refiere a un colimador. El colimador comprende al menos una región de colimación que comprende una abertura, que también se puede denominar agujero en un material de colimador, en donde la región de colimador en al menos un lado de una abertura es diferente de un cono. El volumen del agujero de colimador entre la abertura y la apertura de entrada y/o la apertura de salida está conformado de manera que existe al menos una sección transversal del agujero entre la abertura y la apertura de entrada y/o la apertura de salida, la sección transversal que se loma en paralelo con el plano a través de la abertura, de manera que la forma de la sección transversal del agujero es una transformación no afín de la forma de la

- abertura. En una realización ventajosa, una pluralidad de secciones transversales son una transformación no afín de la forma de la abertura. En algunas realizaciones, no existen dos secciones transversales que tengan formas que sean transformaciones afines una de otra entre la abertura y la apertura de entrada y/o salida. La región de colimación puede ser, por ejemplo, el volumen rodeado por el material de colimador y a través del cual la radiación pasa el colimador. La abertura puede ser el área más pequeña en la región de colimación que confina la radiación que va a través del colimador. La región de colimador relacionada con algunas realizaciones de la presente invención tiene una apertura de entrada o apertura de salida, por ejemplo, una superficie de desacoplamiento a través de la cual la radiación típicamente se acopla fuera de un colimador, que difiere de un círculo. La apertura de entrada o apertura de salida, por ejemplo, la superficie de desacoplamiento puede ser ventajosamente un polígono, por ejemplo, un rectángulo, un cuadrado, o una forma pentagonal, etc. Con relación con algunas realizaciones, típicamente puede diferir de una forma circular, elíptica u ovalada, en la medida que las superficies de detección típicamente no tienen tal forma. La forma de la apertura de entrada y/o salida, por ejemplo, la superficie de desacoplamiento, se puede adaptar de modo que se pueda usar óptimamente la superficie del detector para la cual se usa el colimador. El colimador relacionado con las realizaciones de la presente invención típicamente puede ser especialmente útil cuando se usan superficies de detección planas que tienen una forma poligonal, por ejemplo, una forma rectangular, o, por ejemplo, cuando se usa una superficie de detector curvada, tal como por ejemplo una superficie de detector cilíndrica. El colimador puede ser un colimador de agujero único, por lo cual la superficie de desacoplamiento se puede adaptar típicamente para usar la superficie de detección completa, o puede ser un colimador de agujeros múltiples, por lo cual la superficie de desacoplamiento de un agujero o preferiblemente uno múltiple o todos los agujeros se adaptan en forma de modo que se obtiene una buena, mejorada u óptima cobertura de la superficie de detección mediante las proyecciones, sin aumentar el solapamiento entre las proyecciones que vienen de diferentes agujeros del colimador.
- El colimador puede estar hecho, por ejemplo, de tungsteno, plomo, platino u oro o aleaciones de estos materiales que no están limitadas a los mismos. El tamaño del colimador no es limitante para las realizaciones de la presente invención. Un intervalo ejemplar de espesores del colimador puede estar entre 5 mm y 30 mm de espesor.
- El colimador relacionado con las realizaciones de la presente invención, también denominado colimador de agujero en alto en la presente solicitud, puede comprender en un lado un cono determinado por las paredes del agujero pasante en el material de colimador, por ejemplo, la placa de colimador y la abertura. Típicamente éste puede estar en el lado de recepción donde el colimador recibe radiación para colimación, aunque las realizaciones de la presente invención no están limitadas al mismo. En otro lado la región de colimación puede tener un volumen que tiene la abertura como una parte superior y una forma de base adaptada de modo que la irradiación transmitida a través de la región de colimación esté cubriendo la superficie de detección, al menos de una forma mejor que la que se obtendría cuando se usan sistemas de agujero de alfiler convencionales. La forma de la apertura de la región de colimación se puede determinar teniendo en cuenta la superficie de detección, por ejemplo, usando un método como se describe adicionalmente, aunque las realizaciones de la presente invención no están limitadas a la misma.
- A modo de ilustración, la diferencia se muestra en la FIG 1, que muestra a la izquierda la imagen negativa de un colimador de agujero de alfiler y a la derecha el negativo de un ejemplo de un colimador según las realizaciones de la presente invención. Se puede ver que el colimador de agujero de alfiler provoca una colimación de radiación a una región

circular o elíptica, mientras que el colimador según una realización de la presente invención provoca una colimación de radiación en una región poligonal.

A modo de ilustración, las realizaciones de la presente invención que no están limitadas a la misma, una ilustración adicional de un ejemplo de un colimador de agujero en alto segmentado y los segmentos que están desplazados unos de otros para hacer visible el cambio de forma se muestra en la FIG. 2a. Se puede ver que mientras que en un lado de la abertura el colimador tiene una forma cónica, en el otro lado de la abertura el colimador tiene una forma no cónica. La forma no cónica puede ser un volumen complejo que tiene la abertura como parte superior y una forma geométrica diferente de un círculo como una superficie de salida o de entrada. La forma geométrica en la superficie de salida o entrada se puede usar para conformar la proyección de irradiación sobre el detector usando el colimador. La forma compleja puede incorporar una transición suave desde una forma circular o elíptica a una forma no circular o no elíptica, por ejemplo, una forma sustancialmente poligonal. Con una forma sustancialmente poligonal se puede entender una forma que comprende al menos una pluralidad de esquinas o esquinas redondeadas, ventajosamente una pluralidad de esquinas. La forma sustancialmente poligonal también puede comprender una pluralidad de bordes rectos, aunque también pueden estar presentes bordes curvados.

Los colimadores relacionados con las realizaciones de la presente invención comprenden al menos un agujero de colimador con una forma particular, el agujero de colimador que se define por el material de colimador que rodea el agujero de colimador. En la FIG. 2b se muestra un dibujo esquemático de un agujero de colimador, formado rodeando el material de colimador. En el dibujo esquemático, el agujero de colimador 110 se puede ver con la abertura 112, el volumen superior 120 colocado por encima de la abertura donde se desplazará la radiación a ser colimada antes de alcanzar la abertura en el presente ejemplo que es de forma cónica y el volumen inferior 130 que es un volumen diferente de un cono. El volumen inferior es de esta manera un volumen más complejo en el lado superior definido por la abertura 112 y en el lado inferior definido por una superficie de salida 132. En el presente ejemplo, la superficie de salida es rectangular. El volumen superior 120 está definido por una superficie de entrada 122 y la abertura 112. También se indica el material de colimador circundante 150 que rodea el agujero de colimador 110 del colimador 100. Agujeros de colimador alternativos, se muestran en la FIG. 2c y la FIG. 2d. En la FIG. 2c, el volumen inferior 130 tiene una forma cónica y el volumen superior 120 tiene un volumen más complejo en el lado inferior definido por la abertura 112 y en el lado superior definido por la superficie de entrada 122. En la FIG. 2d, tanto el volumen superior 120 como el volumen inferior 130 tienen un volumen que es más complejo que una forma cónica. Se describirán realizaciones adicionales en donde la porción de colimador que está conformada especialmente es la porción entre la abertura y la apertura de salida para el colimador, pero se entenderá que las mismas características y ventajas se aplican cambiando lo que se deba de cambiar a colimadores en donde la porción de colimador que está conformada especialmente es la porción entre la abertura y la apertura de entrada para el colimador. Además, la presente invención también se refiere a realizaciones en donde ambas porciones están conformadas especialmente para tener una cobertura de detector buena u optimizada.

Una ventaja importante de los colimadores relacionados con las realizaciones de la presente invención es la diferencia en la zona del detector que es irradiada. Como se ha indicado anteriormente, los colimadores relacionados con las realizaciones de la presente invención se pueden usar ventajosamente en combinación con elementos detectores no circulares o si se usan colimadores de agujeros múltiples. Esto se visualiza en la FIG. 3. La FIG. 3 ilustra el perfil de sensibilidad para un colimador de agujero de alfiler, por una parte, y un colimador relacionado con una realización de la presente invención, por otra

parte. Los colimadores típicamente provocan dos regiones de detección o zonas de detección. En una primera zona sensible, denominada zona de alta sensibilidad, se realizarán la mayoría de las detecciones, mientras que algunas detecciones también pueden ocurrir fuera de esta zona, es decir, en una zona denominada zona de baja sensibilidad (también conocida como penumbra). En la zona de alta sensibilidad, la radiación incidente puede venir de radiación que pasa la abertura en cualquier posición de la abertura, en la zona de baja sensibilidad, la radiación incidente solamente puede venir de parte de la abertura. Ambas zonas de irradiación se ilustran para un colimador de agujero de alfiler y un colimador relacionado con las realizaciones de la presente invención para una fuente de flujo mantenida por encima del colimador. Para el colimador de agujero de alfiler, el área dentro de la forma elíptica 302 es la zona de detección de alta sensibilidad, mientras que el área entre la forma elíptica 304 y la forma elíptica 302 es la zona de detección de baja sensibilidad. Fuera de la curva 304, no ocurre ninguna detección de fotones geométricos. Para el colimador relacionado con las realizaciones de la presente invención, la zona dentro de la forma sustancialmente poligonal 312 es la zona de alta sensibilidad, mientras que la zona entre la forma sustancialmente poligonal 314 y la forma poligonal 312 es la zona de baja sensibilidad. Fuera de la forma sustancialmente poligonal 314, no ocurren detecciones.

A modo de ilustración, las realizaciones de la presente invención que no están limitadas a los mismos, se proporcionan a continuación una serie de ejemplos de realizaciones de la presente invención, que indican algunas características y ventajas estándar y opcionales de las realizaciones de la presente invención.

Un primer ejemplo particular ilustra un colimador relacionado con una realización de la presente invención. El ejemplo mostrado en la FIG. 4a y la FIG. 4b ilustra un volumen no cónico del colimador en un lado de la abertura, en vista lateral y en vista superior, respectivamente. El lado superior del colimador ejemplar tiene una forma cónica. El colimador según el presente ejemplo provoca una región de sensibilidad que es sustancialmente de forma poligonal, como se indica en la FIG. 5 por las formas 312 y 314 que indican una región de alta sensibilidad y de baja sensibilidad, respectivamente. El colimador según el primer ejemplo está adaptado para tener un área de alta sensibilidad rectangular, mientras que el área de baja sensibilidad es aún de forma poligonal teniendo esquinas redondeadas.

Un segundo ejemplo particular ilustra un colimador como se describe en el primer ejemplo, pero en donde el colimador está conformado de manera que el área de baja sensibilidad tiene una forma tan rectangular como sea posible, mientras que el área de alta sensibilidad es rectangular. A modo de ilustración la FIG. 6a y la FIG. 6b ilustran el volumen no cónico del colimador en un lado de la abertura, en vista lateral y en vista superior, respectivamente. El lado superior del colimador ejemplar de nuevo es cónico, aunque las realizaciones de la presente invención no están limitadas al mismo. El colimador según el segundo ejemplo particular provoca una región de sensibilidad que es sustancialmente de forma poligonal, como se indica en la FIG. 7 por las formas 312 y 314 que indican una región de alta sensibilidad y de baja sensibilidad, respectivamente.

Un tercer ejemplo particular ilustra un colimador relacionado con una realización de la presente invención, en donde el colimador está conformado de manera que el área de alta sensibilidad tiene una forma pentagonal. El área de baja sensibilidad también es aún de forma poligonal con esquinas redondeadas. A modo de ilustración, la FIG. 8a y la FIG. 8b ilustran el volumen no cónico del colimador en un lado de la abertura, en vista lateral y vista superior, respectivamente. El lado superior del colimador ejemplar de nuevo es cónico, aunque las realizaciones de la presente invención no están limitadas al mismo. Las regiones de sensibilidad de este colimador están indicadas por las formas 312 y 314

en la FIG. 9, indicando una región de alta sensibilidad y de baja sensibilidad, respectivamente.

Un cuarto ejemplo particular ilustra un colimador relacionado con una realización de la presente invención. El ejemplo mostrado en la FIG. 10a y la FIG. 10b ilustra un volumen no cónico del colimador en un lado de la abertura, en vista lateral y en vista superior, respectivamente. El lado superior del colimador ejemplar tiene una forma cónica. El colimador relacionado con el presente ejemplo provoca una región de sensibilidad que es de forma pentagonal, como se indica en la FIG. 11 por las formas 312 y 314 que indican una región de alta sensibilidad y de baja sensibilidad, respectivamente. Este colimador está diseñado de tal forma que se usa un detector pentagonal de área tan eficiente como sea posible sin irradiar fuera del detector pentagonal, su área de baja sensibilidad se conforma tan pentagonal como sea posible. El área de baja sensibilidad resultante es un pentágono con esquinas redondeadas.

Además, a modo de ilustración, la FIG. 12 ilustra una vista frontal lateral de un colimador con una pluralidad de agujeros. En el presente ejemplo, los agujeros de colimador tienen un volumen complejo en un lado de la abertura, definido por la abertura y superficies de salida de forma rectangular para los agujeros de colimador. La FIG. 13 ilustra un ejemplo de irradiación de detector y campo de visión de un colimador ejemplar como se indica en la FIG. 12.

En un aspecto, la presente invención también se refiere a un sistema relacionado con radiación, tal como por ejemplo un sistema de detección que comprende al menos un colimador como se ha descrito en una de las realizaciones anteriores. El sistema puede ser, por ejemplo, un sistema SPECT, aunque las realizaciones de la presente invención no se limitan al mismo. El sistema podría ser también, por ejemplo, un sistema de detección que comprende una cámara tal como una cámara CCD, que se adapta para ser irradiada con luz visible usando varias aberturas de colimador. Las aplicaciones también se pueden encontrar por ejemplo en astrofísica. El sistema puede comprender, por ejemplo, además de un colimador relacionado con una de las realizaciones como se ha descrito anteriormente o ejemplos descritos a continuación, una superficie de detección con un área predeterminada. Es una ventaja de tales sistemas que el colimador se pueda adaptar para hacer un uso óptimo del área predeterminada de la superficie de detección. El colimador relacionado con las realizaciones de la presente invención se puede usar ventajosamente en varios sistemas. La superficie de detección típicamente es la superficie de un detector, que también puede ser parte del sistema relacionado con radiación. El sistema relacionado con radiación además puede comprender típicamente circuitería de accionamiento para accionar el detector. Opcionalmente también puede comprender un procesador para capturar los resultados de detección obtenidos y un sistema de posicionamiento y alineamiento para posicionar el colimador con respecto al detector y/o la fuente de radiación. Los componentes estándar y opcionales del sistema relacionado con radiación 400 se ilustran en la FIG. 14, indicando un colimador 100, un detector 410 con superficie de detección 412, un objeto emisor de radiación 420 que puede no ser parte de la circuitería de accionamiento de sistema 430, un procesador 440, por ejemplo insertado en un ordenador y un sistema de posicionamiento y alineamiento 450. Otros componentes, que típicamente pueden estar presentes en sistemas relacionados con radiación conocidos por los expertos en la técnica, también pueden estar presentes en las realizaciones de la presente invención.

A modo de ilustración, las realizaciones de la presente invención que no están limitadas a los mismos, algunos ejemplos particulares para las arquitecturas de escáner SPECT se dan a continuación como ejemplos de los sistemas relacionados con radiación.

En un ejemplo particular, se irradia un detector gamma grande usando un colimador que comprende una pluralidad de agujeros. Si el diseñador del colimador usa agujeros de alfiler para esta arquitectura, según la técnica anterior, entonces el diseñador debe usar lamas altas para dividir la superficie de detector en rectángulos con el fin de evitar proyecciones de solapamiento o el diseñador tendrá que asegurarse de que las proyecciones no se solapen, no haciendo uso entonces de la superficie de detección completa. En el primer caso tendrá que usar material de blindaje costoso y pesado para las lamas, en este último caso perderá superficie de detector valiosa. Con un colimador según las realizaciones de la presente invención, el área de la superficie de detección no usada se puede minimizar sin aumentar o sin aumentar sustancialmente las regiones de solapamiento. Si algunas pequeñas regiones de solapamiento aún existiesen, el diseñador tiene la opción de usar lamas que pueden ser más pequeñas en comparación con las lamas requeridas cuando se usan agujeros de alfiler, o asegurarse de que las proyecciones no se solapen, por lo cual se pierde menos área de detector debido a que las proyecciones están adaptadas y puede ser, por ejemplo, casi rectangular.

En otro ejemplo particular, se puede usar un anillo estacionario de múltiples detectores gamma rectangulares. Con agujeros de alfiler el diseñador necesitaría un montón de espacio entre los elementos de detector o tendría que usar lamas. El colimador según las realizaciones de la presente invención está más optimizado y permite un empaquetado más cercano de los detectores o permite el uso de lamas más pequeñas.

Los colimadores relacionados con las realizaciones de la presente invención tienen el beneficio de que requieren menos material de blindaje. Esto tiene un impacto en el coste y en el peso. El peso es un factor importante, por ejemplo, en un sistema SPECT, debido a que la mayoría de los escáneres SPECT rotan el detector y el colimador alrededor del paciente.

En un aspecto, la presente invención también se refiere a un método para diseñar o producir un colimador, por ejemplo, un colimador como se ha descrito en el primer aspecto. El método para diseñar o producir un colimador puede ser un método basado en ordenador para diseñar un colimador, pero opcionalmente también puede comprender hacer el colimador en base al diseño determinado. El método para diseñar o producir un colimador según las realizaciones de la presente invención puede ser un método adaptado para tener en cuenta la forma de la superficie de detección usada en el sistema para el cual está diseñado el colimador, para mejorar u optimizar el uso de la superficie de detección. Es, por ejemplo, una ventaja según la presente invención usar un colimador con múltiples agujeros que puedan minimizar, controlar o evitar el solapamiento de las regiones irradiadas a través de diferentes agujeros de colimador. El método para diseñar o producir un colimador puede comprender, en un método ejemplar, los pasos de definir un material de colimador, por ejemplo, una placa de colimador, con una abertura y una superficie inferior y/o superficie superior del material de colimador, por ejemplo, una superficie en el lado del colimador donde se recibirá la radiación o una superficie en el lado del colimador donde se detectará radiación tal como por ejemplo un lado inferior en una posición donde la radiación necesitará ser acoplada fuera del colimador, determinar el área de detector que uno quiere irradiar usando el colimador, por lo cual el área de detector o parte de la misma puede ser de cualquier forma, tal como rectangular, trapezoidal, polígono, etc., dibujando líneas de construcción desde todas las esquinas de esta área de detector determinada hacia la abertura y determinar la forma de la apertura de entrada o la apertura de salida a ser proporcionada en el colimador por la intersección de estas líneas de construcción con la una superficie inferior y/o una superficie superior de la placa de colimador.

A modo de ilustración, las realizaciones de la presente invención que no están limitadas al mismo, se trata además a continuación un método ejemplar para diseñar o producir un colimador, por lo cual se hace referencia a la FIG. 15. El método 500 mostrado en la FIG. 15 ilustra los pasos estándar y opcionales de un método según una realización de la presente invención.

El método ejemplar 500 comprende definir 502 un área de detector o parte del área de detector a ser irradiada usando el colimador. El colimador se diseña o produce para funcionar bien o de manera óptima para un detector que tiene una forma de detector particular. La forma de detector particular o una forma de detector particular se puede tener en cuenta de esta manera en las realizaciones de la presente invención.

En el paso 504, se define la abertura. La abertura será el área superior o el área inferior del volumen complejo que se determinará y que forma la parte superior o inferior del colimador, dependiendo de si la parte superior, es decir, la parte entre la fuente de radiación y la abertura, o la parte inferior, es decir, la parte entre la abertura y la superficie de detector, ha de ser conformada particularmente. La abertura es típicamente el área más pequeña que confina la radiación que va a través del agujero de colimador y se posiciona entre medias de un lado de entrada del agujero de colimador, posicionado en la superficie superior del colimador, y un lado de salida para radiación, que está posicionado en la superficie inferior del colimador. La definición de la abertura puede incluir determinar el diámetro de la abertura y la posición en el colimador. La abertura típicamente puede ser de forma circular, aunque las realizaciones de la presente invención no se limitan a la misma. El procedimiento adicional se describe para una abertura de forma circular, pero el principio se puede aplicar cambiando lo que se deba de cambiar para aberturas de forma no circular. En el paso 506, se define una superficie inferior y/o una superficie superior, también denominada la superficie de borde, del material de colimador. Esta superficie comprenderá o definirá la apertura de salida, respectivamente, la apertura de entrada del agujero de colimador en el material de colimador, una vez que se ha construido el colimador.

En el paso 510, para cada uno de una pluralidad de puntos 508 en el borde del área de detector a ser irradiada usando el colimador, se dibuja un cono con el punto de borde de detector como vértices y con el borde de la abertura situado en las superficies laterales del cono.

En el paso 514, para cada uno de estos conos 512, se determina la intersección del cono con la superficie inferior y/o la superficie superior.

En el paso de decisión 516, se determina la superficie convexa mínima que contiene todos los puntos de todas las intersecciones (S_{exterior}). En el paso de decisión 520, esta superficie convexa mínima se define como la porción de borde del agujero en la superficie inferior y/o la superficie superior a través de la cual se recibirá o transmitirá radiación, cuando el agujero de colimador está optimizado para el área de alta sensibilidad del detector. Seleccionando S_{exterior} como el agujero en la superficie inferior y/o la superficie superior, el borde del área de detector se puede alcanzar por la radiación desde cada punto de la abertura.

En el paso 518, se determina la superficie mayor posible dentro de las intersecciones que no contiene un punto de intersección (S_{interior}). En el paso de decisión 520, esta superficie mayor posible se elige como la porción de borde del agujero en la superficie inferior y/o la superior a través de la cual se recibe o se transmite radiación, cuando el agujero de colimador está optimizado para el área de baja sensibilidad del detector. Cuando se usa S_{interior} , como el agujero en la superficie inferior y/o la superficie superior a través de la

cual se recibe o se transmite radiación, nada de la radiación geométrica puede caer fuera del área de detector. En el paso 522, las otras paredes del agujero de colimador, es decir, las paredes entre la abertura y la una superficie inferior y/o una superficie superior, se pueden determinar conectando cada punto de la circunferencia de la superficie determinada en los pasos 516 o 518 al punto en la abertura que está más cerca.

El volumen del agujero de colimador entre la abertura y la superficie superior o superficie inferior restante del colimador, se puede determinar de una forma similar o se puede seleccionar de manera que no detenga ningún rayo que pueda pasar el volumen complejo del agujero de colimador en el otro lado de la abertura. Este volumen puede por ejemplo estar conformado como un cono o como un volumen complejo similar al usado para el volumen inferior y/o superior del colimador.

En un paso adicional (no mostrado), basado en el diseño, se puede fabricar el colimador. Este último, por ejemplo, se puede realizar, por ejemplo, mediante material de fundición en moldes en base al diseño o por ejemplo mediante mecanizado, tal como por ejemplo fresado o mecanizado por descarga eléctrica. La técnica de fabricación se puede seleccionar en base al material usado. La fundición se puede usar, por ejemplo, cuando se usa tungsteno, plomo, platino u oro, el fresado se puede usar típicamente para aleaciones de plomo y tungsteno, el mecanizado de descarga eléctrica se puede usar típicamente para tungsteno.

A modo de ilustración, la FIG. 16 describe un proceso de decisión 1600 para diseñar un agujero de colimador en donde el agujero de colimador se conforma especialmente entre para su porción situada entre la abertura y el lado desde el cual se recibirá la radiación, para su porción situada entre la abertura y el lado desde el cual se acoplará fuera la radiación, o para una combinación de estas porciones.

En la primera optimización, el proceso como se muestra en la FIG. 18 para definir el volumen conformado especialmente para la porción situada entre la abertura y el lado desde el cual se aplica la radiación que se acoplará dentro, por lo cual el volumen de la otra porción del agujero se diseña y se construye opcionalmente de tal forma que no detenga ningún rayo que pueda pasar el volumen conformado especialmente. Típicamente se puede usar un cono.

En la segunda optimización, el proceso como se muestra en la FIG. 17 para definir el volumen conformado especialmente para la porción situada entre la abertura y el lado en el que se aplica la radiación que se detectará, por lo cual el volumen de la otra porción del agujero se diseña y se construye opcionalmente también de manera que no detenga ningún rayo que pueda pasar el volumen conformado especialmente. Para esta otra porción, se puede usar típicamente un cono.

En caso de que se requiera una optimización deseada en ambos lados de la abertura, un proceso como se indica en la FIG. 18 para definir el volumen conformado especialmente para la porción situada entre la abertura y el lado desde el cual se aplica la radiación que se recibirá y un proceso como se indica en la FIG. 17 para definir el volumen conformado especialmente para la porción situada entre la abertura y el lado en el cual se aplica la radiación que se detectará.

Los procesos mostrados en la FIG. 17 y la FIG. 18 describen un proceso para diseñar como se describe en la FIG. 15, por lo cual la FIG. 17 especifica la determinación de la forma de la porción del agujero de colimador entre la abertura y el lado donde se hará la detección, mientras que la FIG. 18 especifica la determinación de la forma de la porción del agujero de colimador entre la abertura y el lado donde se recibirá la radiación. La FIG.

17 especifica por ello que la una superficie inferior y/o una superficie superior del material de colimador tratado en el paso 506 será la superficie inferior del colimador, es decir, la superficie entre la abertura y el lado del colimador en el que se realizará la detección, como se indica en el paso 1706 actual, que los conos a ser formados que corresponden al paso 510 (indicado actualmente como el paso 1710) se forman usando un punto de borde de detector como vértice (parte superior) y una abertura como parte inferior, y que la superficie a ser determinada que corresponde al paso 514 (indicado actualmente como el paso 1714) se basa en determinar la intersección del cono con la superficie inferior del colimador. La FIG. 18 especifica por ello que la una superficie inferior y/o una superficie superior del material de colimador tratado en el paso 506 será la superficie superior del colimador, es decir, la superficie entre la abertura y el lado del colimador en el que se recibe la radiación, como se indica en el paso actual 1806, que los conos a ser formados que corresponden al paso 510 (indicado actualmente como el paso 1710) se forman usando un punto de borde de detector como vértice y la abertura situada sobre la superficie lateral del cono, por lo cual se extienden las paredes del cono hasta que intersectan con la superficie superior del colimador, y que la superficie a ser determinada que corresponde al paso 514 (indicado actualmente como el paso 1714) se basa en determinar la intersección del cono con la superficie superior del colimador. Mientras que las realizaciones anteriores han sido descritas para un colimador de agujero único, los métodos son igualmente aplicables a colimadores que tengan una pluralidad de agujeros. En caso de que se use un colimador con una pluralidad de agujeros, el área de detector se puede dividir en una pluralidad de partes de las áreas de detector, por ejemplo, una pluralidad de áreas de forma poligonal adyacentes tales como, por ejemplo, una pluralidad de áreas de forma rectangular adyacentes, y, por ejemplo, el método anterior se puede repetir para cada agujero de colimador usado para irradiar una parte particular del área de detector.

En un aspecto, las realizaciones de la presente invención también se refieren a métodos implementados por ordenador para realizar un método para diseñar y/o producir un colimador como se ha descrito anteriormente. La Fig. 19 muestra una configuración de un sistema de procesamiento 600 que incluye al menos un procesador programable 603 acoplado a un subsistema de memoria 605 que incluye al menos una forma de memoria, por ejemplo, RAM, ROM, etc. Se ha de señalar que el procesador 603 o los procesadores pueden ser un procesador de propósito general, o uno de propósito especial, y pueden ser para su inclusión en un dispositivo, por ejemplo, un chip que tiene otros componentes que realizan otras funciones. De esta manera, uno o más aspectos de las realizaciones de la presente invención se pueden implementar en circuitería electrónica digital, o en hardware de ordenador, microprogramas, software o en combinaciones de ellos. El procesador se puede adaptar para realizar un método para diseñar o fabricar un colimador o puede comprender instrucciones para realizar un método para diseñar o fabricar un colimador. El sistema de procesamiento puede incluir un subsistema de almacenamiento 607 que tiene al menos una unidad de disco y/o una unidad de CD-ROM y/o una unidad de DVD. En algunas implementaciones, se puede incluir un sistema de visualización, un teclado y un dispositivo de apuntamiento como parte de un subsistema de interfaz de usuario 609 para proporcionar a un usuario información de entrada manualmente. Se pueden incluir también puertos para introducir y emitir datos. Se pueden incluir más elementos tales como conexiones de red, interfaces a diversos dispositivos, etc., pero no se ilustran en la Fig. 16. Los diversos elementos del sistema de procesamiento 600 se pueden acoplar de varias formas, incluyendo a través de un subsistema de bus 613 mostrado en la Fig. 16 por simplicidad como un único bus, pero se entenderá por los expertos en la técnica incluir un sistema de al menos un bus. La memoria del subsistema de memoria 605 puede contener en algún momento parte o todo (en cualquiera de los dos casos mostrado como 611) de un conjunto de instrucciones que cuando se ejecutan en el sistema de procesamiento 600 implementan los pasos del

método descrito en la presente memoria. Más particularmente, la memoria puede comprender instrucciones para definir un material de colimador, por ejemplo, una placa de colimador, con una abertura y una superficie inferior y/o una superficie superior del material colimador, por ejemplo, una superficie en el lado del colimador donde se recibirá radiación o una superficie en el lado del colimador donde se detectará radiación tal como, por ejemplo, un lado inferior en el que la radiación se acoplará fuera del colimador, determinar el área de detector o parte de la misma que uno quiere irradiar usando el agujero de colimador, por lo cual el área de detector o parte de la misma puede tener cualquier forma tal como rectangular, trapezoidal, polígono, etc., dibujar líneas de construcción desde todas las esquinas de esta área de detector determinada hacia la abertura y determinar la forma de la apertura de entrada o la apertura de salida a ser proporcionada en el colimador por la intersección de estas líneas de construcción con una superficie inferior y/o una superficie superior de la placa de colimador. De esta manera, mientras que un sistema de procesamiento 200 tal como se muestra en la Fig. 16 como tal es técnica anterior, un sistema que incluye las instrucciones para implementar aspectos de los métodos para diseñar y/o producir un colimador no es una técnica anterior y por lo tanto la Fig. 16 no está etiquetada como técnica anterior.

La presente descripción también incluye un producto de programa de ordenador que proporciona la funcionalidad de cualesquiera de los métodos descritos cuando se ejecutan en un dispositivo informático. Dicho producto de programa de ordenador se puede encarnar de forma tangible en un medio portador que lleva un código legible por máquina para su ejecución por un procesador programable. El término "medio portador" se refiere a cualquier medio que participa en proporcionar instrucciones a un procesador para su ejecución. Tal medio puede adoptar muchas formas, incluyendo, pero no limitado a, medios no volátiles y medios de transmisión. Los medios no volátiles incluyen, por ejemplo, discos ópticos o magnéticos, tales como un dispositivo de almacenamiento que es parte de un almacenamiento masivo. Las formas comunes de medios legibles por ordenador incluyen, un CD-ROM, un DVD, un disco flexible o un disquete, una cinta, un chip o cartucho de memoria o cualquier otro medio del cual pueda leer un ordenador. Se pueden implicar diversas formas de medios legibles por ordenador en llevar una o más secuencias de una o más instrucciones a un procesador para su ejecución. El producto de programa de ordenador también se puede transmitir a través de una onda portadora en una red, tal como una LAN, una WAN o Internet. Los medios de transmisión pueden adoptar la forma de ondas acústicas o de luz, tales como las generadas durante comunicaciones de datos por ondas de radio y por infrarrojos. Los medios de transmisión incluyen cables coaxiales, hilos de cobre y fibra óptica, incluyendo los hilos que comprenden un bus dentro de un ordenador.

Aunque la invención se ha ilustrado y descrito en detalle en los dibujos y en la descripción precedente, tal ilustración y descripción han de ser consideradas ilustrativas o ejemplares y no restrictivas. La invención se define por las reivindicaciones y no se limita a las realizaciones descritas.

La descripción precedente detalla ciertas realizaciones de la invención. Se apreciará, no obstante, que no importa cuán detallada aparezca lo precedente en el texto, la invención se puede poner en práctica de muchas formas, y por lo tanto no se limita a las realizaciones descritas. Se debería señalar que el uso de una terminología particular cuando se describen ciertas características o aspectos de la invención no se debería tomar para implicar que la terminología se está redefiniendo en la presente memoria para estar limitada para incluir cualesquiera características específicas de las características o aspectos de la invención con los que está asociada esa terminología.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de detección de radiación que comprende un colimador (100) para radiación de colimación y un detector para detectar la radiación, el colimador (100) que
5 comprende material de colimador (150) y una pluralidad de agujeros de colimador (110), cada uno de la pluralidad de agujeros de colimador (110) definido por el material de colimador (150) circundante, cada uno de la pluralidad de agujeros de colimador (110) que define una abertura (112), y una apertura de entrada y una apertura de salida a través de la cuales la radiación puede entrar o salir respectivamente del colimador (100),
10 por lo cual el volumen de cada uno de la pluralidad de agujeros de colimador entre la abertura (112) y la apertura de entrada y/o apertura de salida está conformada de manera que haya al menos una sección transversal del agujero entre la abertura (112) y la apertura de entrada y/o apertura de salida, la sección transversal que se toma paralela con la abertura, y la forma de la sección transversal del agujero que es una transformación no afín de la forma de la abertura, el detector que comprende una
15 superficie de detección con un área de detección de forma predeterminada, y en donde la pluralidad de agujeros de colimador (110) se dispone para irradiar diferentes partes del área de detección de forma predeterminada, las diferentes partes que llenan el área de detección en general para al menos el 80% y las diferentes áreas que se solapan unas
20 con otras sobre a lo sumo el 20% de su superficie total.
2. Un sistema de detección de radiación según la reivindicación 1, en donde el volumen de cada una de la pluralidad de agujeros de colimador entre la abertura (112) y la
25 apertura de entrada y/o de salida del agujero de colimador se limita por la abertura en un lado y por un área de superficie que comprende al menos una esquina en otro lado.
3. Un sistema de detección de radiación según la reivindicación 2, en donde la forma del área definida por la apertura de entrada y/o la apertura de salida de cada uno de la pluralidad de agujeros de colimador es poligonal.
30
4. Un sistema de detección de radiación según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 3, en donde la forma del área de la apertura de entrada y/o la apertura de salida de cada uno de la pluralidad de agujeros de colimador es rectangular.
- 35 5. Un sistema de detección de radiación según cualquiera de las reivindicaciones previas, el área de detección de forma predeterminada del detector que es un área de detección de forma no circular.

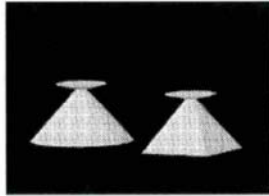


FIG 1

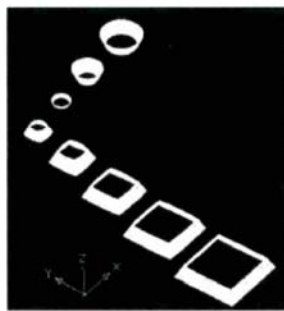


FIG 2a

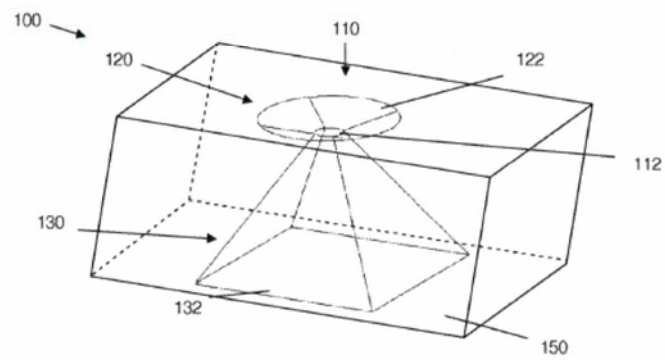


FIG 2b

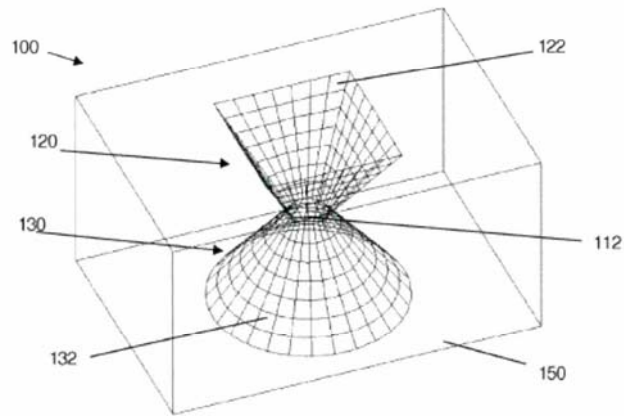


FIG 2c

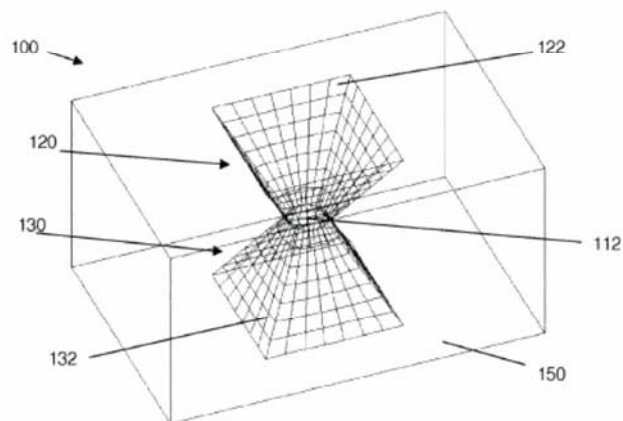


FIG 2d

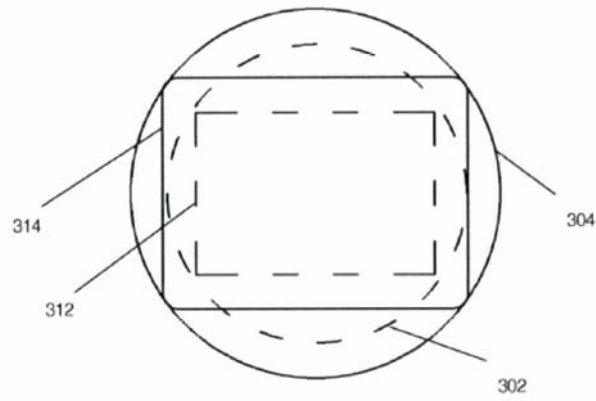


FIG 3

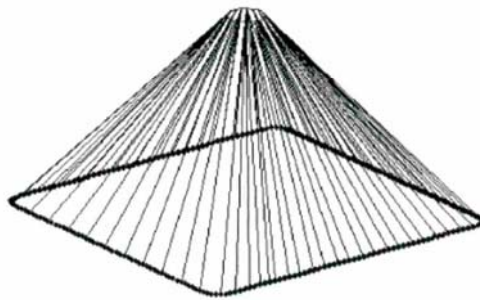


FIG 4a

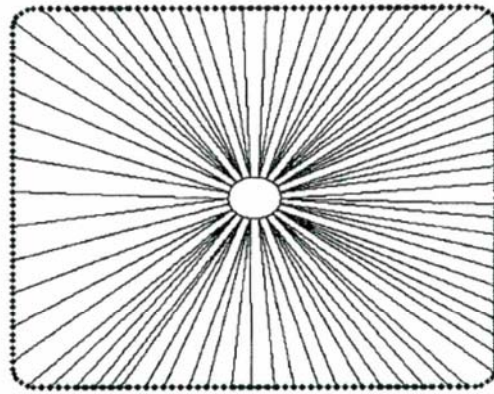


FIG. 4b

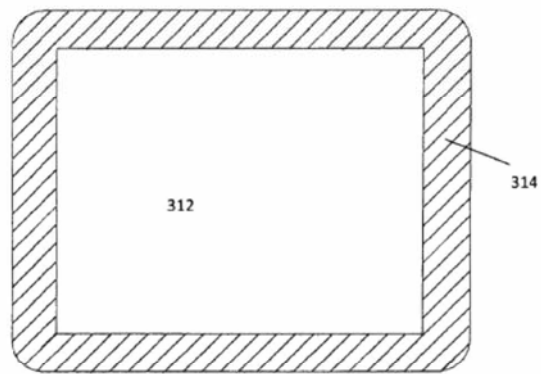


FIG. 5

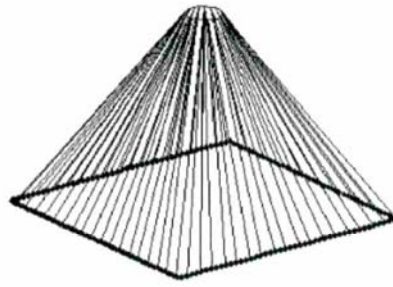


FIG 6a

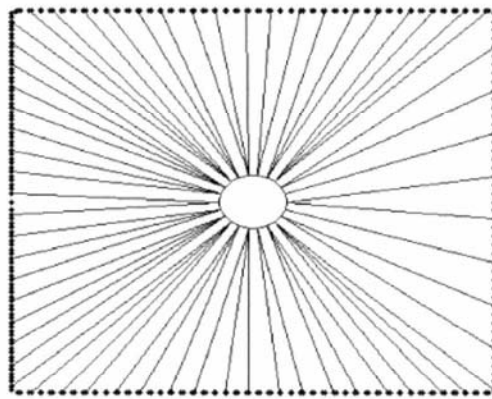


FIG 6b

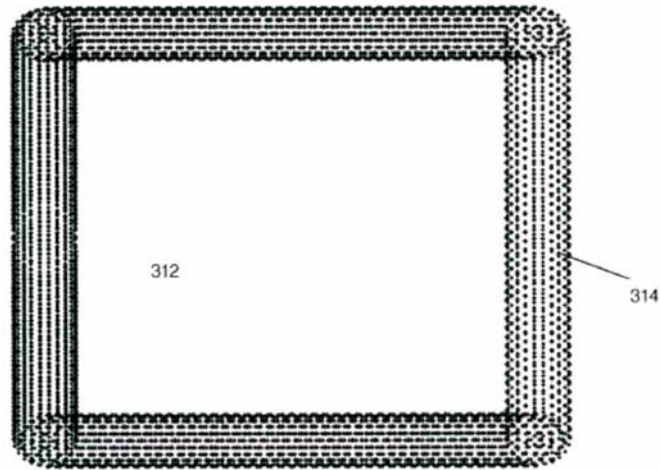


FIG. 7

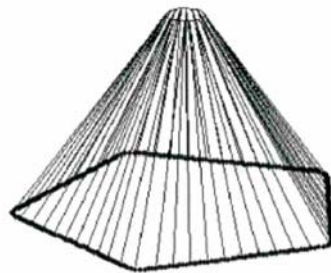


FIG. 8a

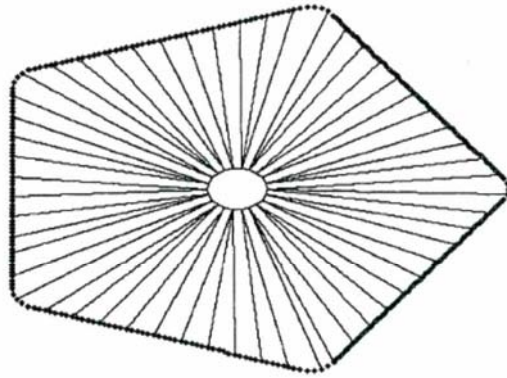


FIG. 8b

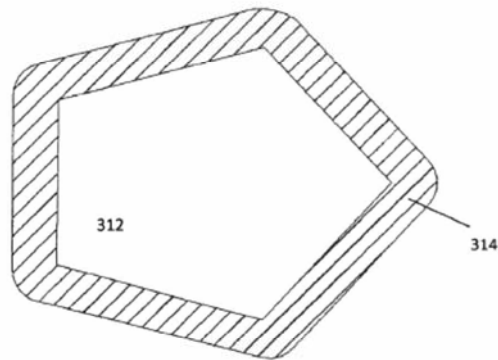


FIG. 9

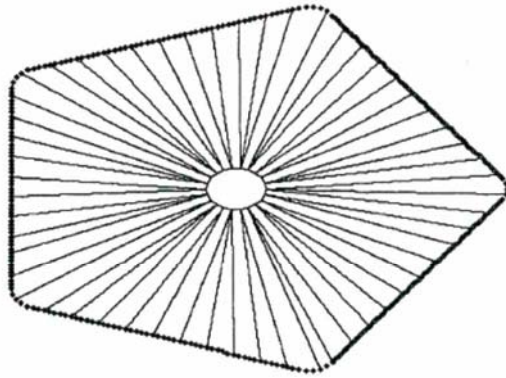


FIG. 8b

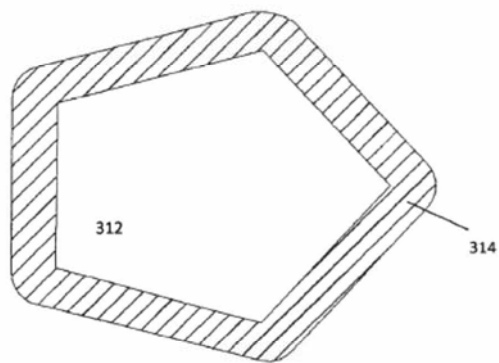


FIG. 9

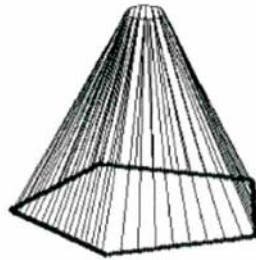


FIG 10a

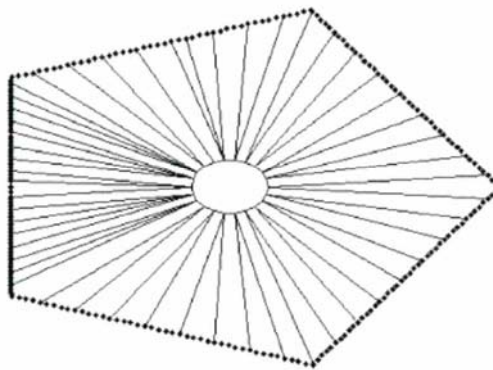


FIG 10b

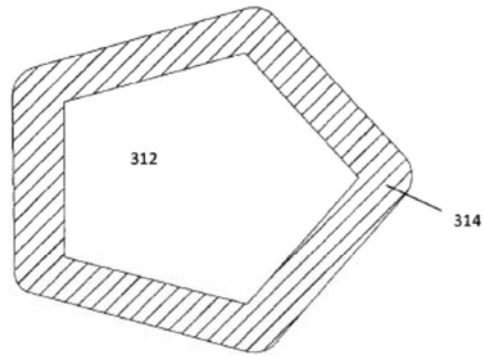


FIG. 11

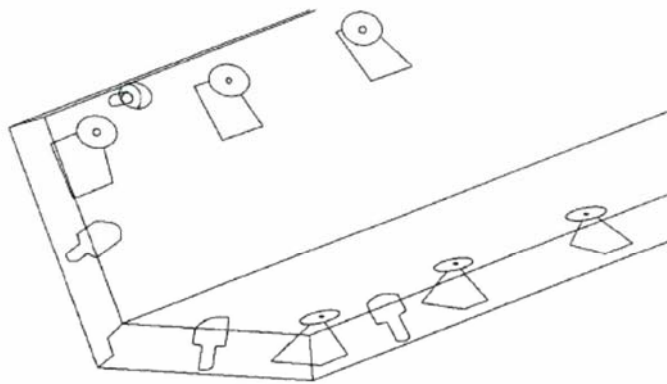


FIG. 12

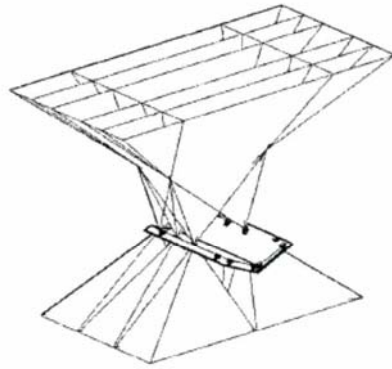


FIG. 13

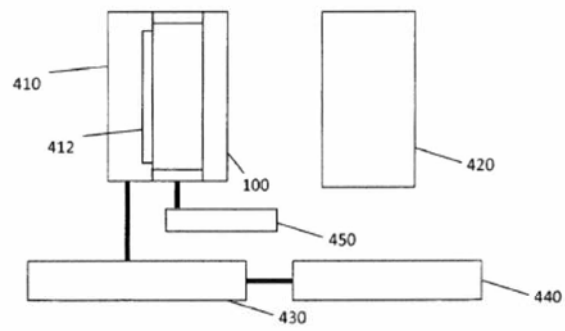


FIG. 14

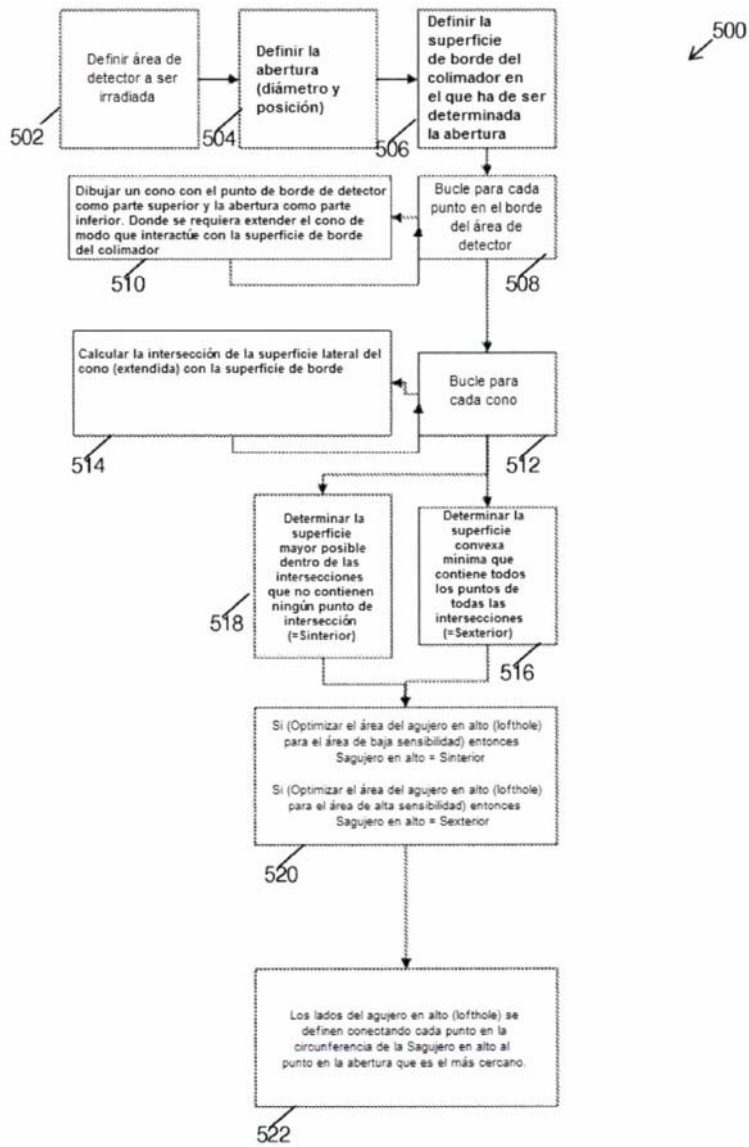


FIG 15

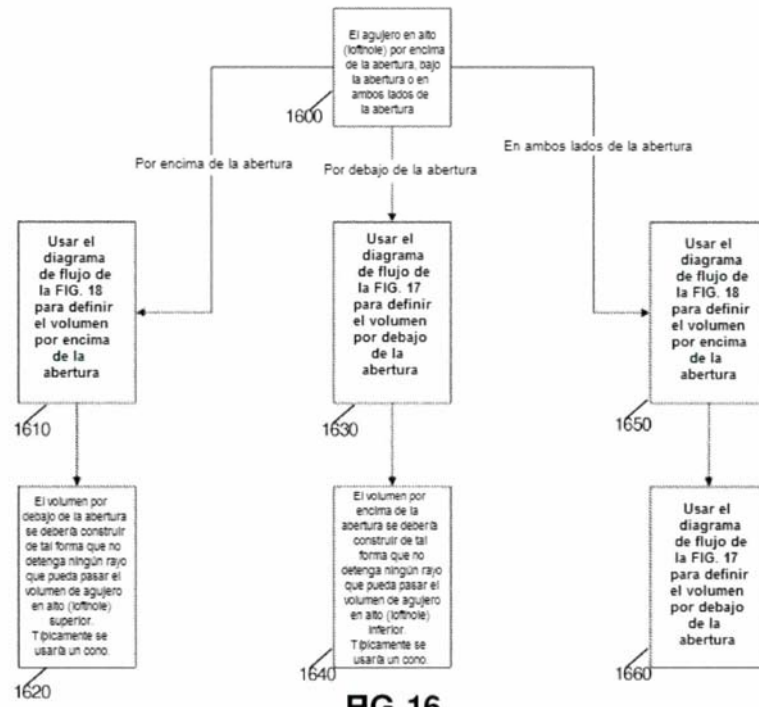


FIG. 16

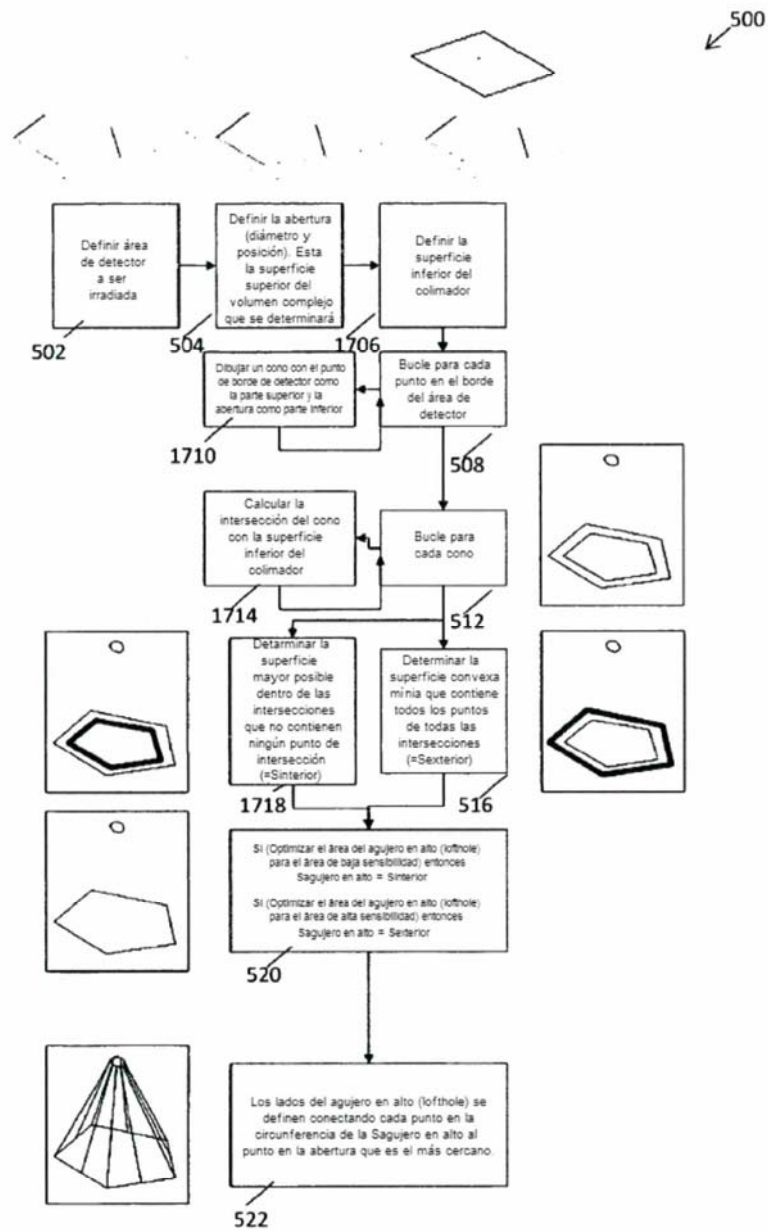


FIG. 17

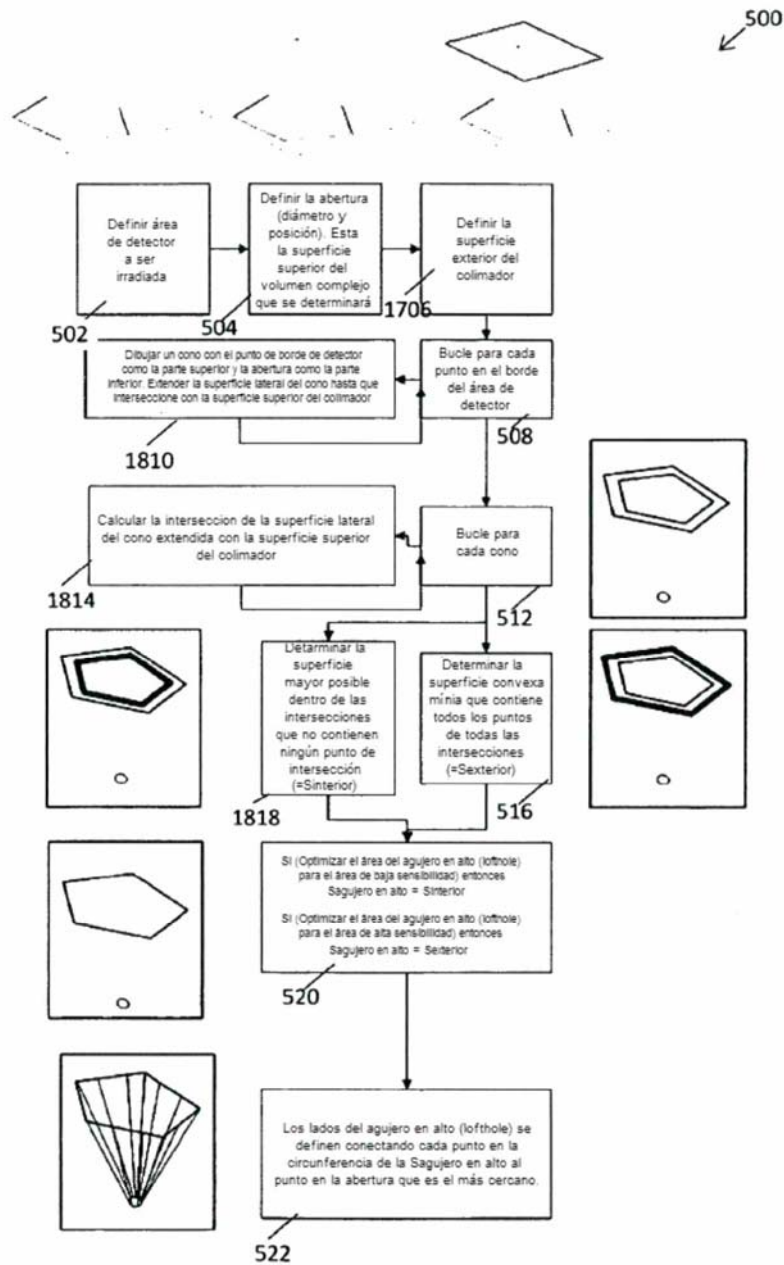


FIG. 18

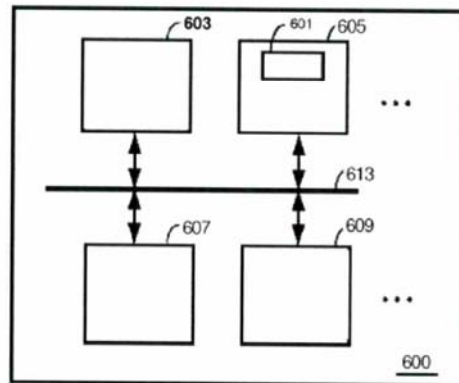


FIG 19