



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 356 067**

51 Int. Cl.:
H01F 7/02 (2006.01)
A61B 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02807143 .9**
96 Fecha de presentación : **19.03.2002**
97 Número de publicación de la solicitud: **1488431**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.12.2004**

54 Título: **Imán que gira y pivota para navegación magnética.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
04.04.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
04.04.2011

73 Titular/es: **STEREOTAXIS, Inc.**
4041 Forest Park Avenue
St. Louis, Missouri 63108, US

72 Inventor/es: **Creighton, Francis, M., IV**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 356 067 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

CAMPO DE LA INVENCION

Esta invención se refiere a procedimientos médicos magnéticos y, en particular, a un imán útil en dispositivos médicos magnéticos de navegación en el cuerpo.

5 **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

10 Se han desarrollado electroimanes e imanes magnéticos para dispositivos médicos magnéticos que se mueven en el cuerpo. Algunos imanes usados en aplicaciones médicas aplican un gradiente para tirar de dispositivos médicos magnéticos en el interior del cuerpo. Otros imanes usados en aplicaciones médicas simplemente aplican un campo magnético en una dirección seleccionada para alinear los dispositivos médicos magnéticos en la dirección seleccionada. Aún otros imanes aplican tanto un campo magnético como un gradiente magnético para, simultáneamente, orientar y mover un dispositivo médico magnético.

15 Hay varias consideraciones importantes que competen al diseño para los imanes usados en procedimientos médicos. Primero de todo es proveer potencia de campo o gradiente suficiente para orientar o mover el dispositivo magnético. Los electroimanes y, en particular, los electroimanes superconductores pueden crear campos magnéticos y gradientes fuertes pero son caros de construir y operar. Hasta hace poco, era difícil construir un imán permanente que pudiera proporcionar un campo magnético y gradiente suficientemente fuerte y dirigido universalmente a una distancia suficientemente alejada del imán para ser útil en procedimientos médicos. Recientemente, se ha desarrollado un imán permanente enfocado que puede crear campos magnéticos útiles a distancias suficientes del imán como para ser empleados en cirugía magnética. El imán consta de una pluralidad de segmentos magnetizado cada uno de ellos en una dirección para contribuir a la propiedad magnética deseada, por ejemplo potencia de campo en un punto espaciado frente al imán. Este imán y su método de diseño están dispuestos en la Solicitud de Patente Americana N° 09/546,840, presentada el 11 de abril de 2.000, y la Solicitud de Patente Americana N° 09/497,467, presentada el 3 de febrero de 2.000, en tramitación y compartidas. Este imán tiene otras propiedades útiles debido a que la dirección de campo podría ser cambiada mediante una simple traslación del imán. No obstante, estos imanes tienen aún zonas de exclusión relativamente grandes para alojar el movimiento del imán. La zona de exclusión grande hace difícil el acceso al paciente y la colocación de otros equipos médicos (particularmente equipos de formación de imágenes) en la sala del procedimiento. Por eso, un segundo criterio de diseño es minimizar la zona de exclusión para proporcionar un mayor acceso al paciente para el personal y equipo médico.

20 Un tercer criterio de diseño es minimizar los grados de libertad del movimiento del imán para proporcionar un campo magnético dirigido universalmente. Cuantos menos grados de libertad del movimiento del imán se necesiten, más simple es la navegación y más barato el aparato para mover el imán.

25 La anterior Solicitud de Patente Internacional n° WO 00/45692 propia del solicitante, sobre la cual se basa la porción precharacterizadora de la reivindicación 1, describe un conjunto de imán que comprende un imán compuesto por una pluralidad de segmentos y montado para pivotar alrededor de un primer eje, teniendo cada uno de dicha pluralidad de segmentos una dirección de magnetización tal que el imán proyecta un campo magnético en un punto de operación espaciado del frente del conjunto.

30 De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un conjunto de imán que comprende un imán compuesto por una pluralidad de segmentos y montado para pivotar alrededor de un primer eje, teniendo cada uno de dicha pluralidad de segmentos una dirección de magnetización tal que el imán proyecta un campo magnético en un punto de operación espaciado del frente del conjunto; caracterizado porque dicho primer eje está espaciado del imán y dicho imán está montado para rotar alrededor de un segundo eje que es perpendicular a y se corta con el primer eje de tal forma que el imán proyecta el campo magnético en cualquier dirección a través de una combinación de pivotamientos y rotaciones.

35 La presente invención proporciona, además, conjuntos de imán primero y segundo, cada uno de ellos de acuerdo con la invención, combinados en una relación espacial separada de forma que, en uso, están dispuestos en lados opuestos de un paciente.

40 La presente invención se refiere a un imán y a un sistema de imán que es capaz de generar campos magnéticos útiles virtualmente en cualquier dirección, a distancias del imán suficientes para llevar a cabo procedimientos médicos en el cuerpo de un paciente. El imán está diseñado de forma que se puede generar un campo magnético virtualmente en cualquier dirección con una mínima cantidad de movimiento de forma que la zona de exclusión – la zona desde la cual el paciente y otros equipos y personal médicos no pueden ser colocados – o la zona de inclusión – la zona que ocupa el imán – se minimizan.

45 En la presente invención, a través de una combinación de pivotamiento y rotación, el imán puede proyectar un campo magnético en el punto de operación en virtualmente cualquier dirección de potencia suficiente como para ser útil. La forma del imán se determina para minimizar la zona de inclusión la cual, en la realización preferida, es un cilindro horizontal con bordes achaflanados en la cara anterior.

50 Con objeto de que la invención pueda ser entendida bien, ahora se describirá una realización de la misma, dada a

modo de ejemplo, haciendo referencia a los dibujos que acompañan, en los cuales:

- la figura 1A es una vista en alzado frontal de un imán construido de acuerdo con los principios de esta invención;
- la figura 1B es una vista en alzado lateral derecho del imán;
- la figura 1C es una vista en planta desde arriba de la misma;
- 5 la figura 1D es una vista en perspectiva frontal de la misma;
- la figura 1E es una vista en perspectiva posterior de la misma;
- la figura 2A es un vista en perspectiva de un soporte para pivotar y rotar imanes de acuerdo con los principios de esta invención con el imán en una posición primera;
- 10 la figura 2B es un vista en perspectiva de un soporte para pivotar y rotar imanes de acuerdo con los principios de esta invención con el imán pivotado hasta una posición segunda;
- la figura 3A es una vista en perspectiva de una envolvente que contiene el imán y el soporte;
- la figura 3B es una vista en alzado frontal de la envolvente;
- la figura 3C es una vista en alzado lateral derecho de la envolvente;
- la figura 3D es una vista en planta desde arriba de la envolvente;
- 15 la figura 4A es una vista en perspectiva de un cuadrante de un bloque de imán, con varias superficies de igual contribución (representadas en transparencia) superpuestas sobre él;
- la figura 4B es una vista en planta desde arriba de un cuadrante de un bloque de imán, con varias superficies de igual contribución;
- 20 la figura 4C es una vista en alzado lateral derecho de un cuadrante de un bloque de imán, con varias superficies de igual contribución;
- la figura 4D es una vista en alzado posterior de un cuadrante de un bloque de imán, con varias superficies de igual contribución;
- la figura 5 es una vista en perspectiva del volumen de inclusión de un imán construido de acuerdo con los principios de esta invención, que muestra el imán generalmente centrado en el interior del volumen de inclusión;
- 25 la figura 6 es una vista en alzado frontal del volumen de exclusión con el imán en su posición centrada;
- la figura 7 es una vista en alzado lateral derecho del volumen de exclusión con el imán en su posición centrada;
- la figura 8 es una vista en planta desde arriba del volumen de exclusión con el imán en su posición centrada;
- la figura 9 es un vista en perspectiva del volumen de inclusión con el imán pivotado a la izquierda alrededor del eje z;
- la figura 10 es un vista en alzado frontal del volumen de inclusión del imán, con el imán pivotado a la izquierda;
- 30 la figura 11 es un vista en alzado lateral derecho del volumen de inclusión con el imán pivotado a la izquierda;
- la figura 12 es un vista en planta desde arriba del volumen de inclusión con el imán pivotado a la izquierda;
- la figura 13 es una vista en planta desde arriba de un imán construido de acuerdo con los principios de esta invención, que muestra las direcciones de campo magnético local en el espacio que rodea al imán;
- 35 la figura 14 es una vista en sección transversal horizontal de una mitad de un imán construido de acuerdo con los principios de esta invención (siendo la otra mitad una imagen especular de aquella), que muestra las direcciones de magnetización de los segmentos que componen el imán y las direcciones de campo local que rodean al imán y líneas de potencia de campo magnético constante;
- la figura 15 es un a gráfica de ángulo de conicidad máxima frente a la distancia desde el imán;
- 40 la figura 16 es una vista en perspectiva de un sistema de cirugía magnética que incorpora un imán construido de acuerdo con los principios de esta invención; y
- la figura 17 es una vista en perspectiva de un sistema de cirugía magnética que incorpora dos imanes construidos de acuerdo con los principios de esta invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA REALIZACIÓN PREFERIDA

Un imán construido de acuerdo con los principios de esta invención está indicado en general como 20 en las figuras 1A a 1E. El imán 20 comprende una cara 22 frontal generalmente cilíndrica y una cara 24 posterior. Hay cara 26 superior izquierda y cara 28 superior derecha y una cara 30 de fondo izquierda y una cara 32 de fondo derecha. El imán 20 comprende, preferiblemente, una pluralidad de bandas o segmentos paralelos de material magnético permanente que se extienden desde la parte superior hasta el fondo. La dirección de magnetización de cada segmento es seleccionada, preferiblemente, para optimizar en general el campo magnético en un punto de operación del imán espaciado del centro de la cara frontal del imán. Este punto de operación del imán es un criterio de diseño del imán. Para aplicaciones en las que un campo magnético va a ser aplicado relativamente cerca de la superficie del imán, tal como en aplicaciones neurológicas, el punto de operación del imán puede ser seleccionado más cercano a la superficie del imán, para aplicaciones en las que un campo magnético va a ser aplicado relativamente lejos del imán, tal como en aplicaciones cardíacas, el punto de operación del imán puede ser seleccionado más lejano de la superficie del imán. En esta realización preferida, el punto de operación del imán está a 33 cm (13 pulgadas) del centro de la cara frontal del imán. Esto representa un compromiso razonable para proporcionar un imán útil tanto para aplicaciones neurológicas como cardíacas. Por supuesto, el imán podría ser optimizado para algún otro punto de operación más cercano a o más lejano de la cara frontal del imán.

El imán 20 está montado, preferiblemente, para pivotar alrededor de un primer eje A1, generalmente paralelo al eje vertical del imán. Como se muestra en las figuras 2A y 2B, brazos 34 y 36 superior e inferior se proyectan desde la superficie 24 posterior del imán 20. Una barra 38 cilíndrica se extiende entre los brazos 34 y 36 y está articulada en un manguito 40. El imán, preferiblemente, está montado también para rotar alrededor de un segundo eje A2, que es generalmente horizontal y que es perpendicular a, e se cruza con, el eje A1. Como se muestra en las figuras 2A y 2B, un manguito 42 se extiende perpendicularmente al manguito 40 y está articulado alrededor de un eje 44 horizontal. Por supuesto, puede usarse cualquier otro mecanismo para montar el imán 20 para pivotar alrededor de un primer eje y rotar alrededor de un segundo eje y, en particular, para pivotar alrededor de un primer eje que rota alrededor de un segundo eje. En la realización preferida el eje A1 está a 38,1 cm (quince pulgadas) de la cara frontal del imán 20.

Una envolvente 50 para contener el imán y la estructura para pivotar y rotar el imán se muestra en las figuras 3A a 3D. La envolvente 50 contiene el imán y el mecanismo de forma que están aislados del procedimiento. Además, la envolvente 50 elimina las partes que se mueven del lugar del procedimiento de forma que el sistema es menos intimidatorio para el paciente y no representa peligro alguno para cualquiera que esté en el lugar del procedimiento. La envolvente 50 aloja la zona de inclusión del imán 20.

Como se describió arriba, el imán 20 está adaptado para pivotar alrededor de un eje A1 generalmente por detrás del imán. El radio de curvatura de la cara 22 frontal generalmente cilíndrica se corresponde con la distancia entre la cara frontal y el eje de pivotamiento (38,1 cm – 15 pulgadas – en esta realización preferida). La cara posterior del imán tiene una forma de acuerdo con una superficie de contribución constante al campo magnético en el punto de operación. El material de una superficie tal contribuye igualmente al campo magnético en el punto de operación, independientemente de su posición sobre la superficie. Seleccionando la superficie apropiada de contribución constante para alcanzar el tamaño y la potencia del imán deseados, y eliminando material que estaría más allá de la superficie, se puede optimizar el peso del imán para sus propiedades magnéticas seleccionadas. Una fuerza de contribución constante puede ser calculada o trazada maximizando la contribución a una propiedad magnética determinada en el punto de operación del imán, por ejemplo el campo de transferencia en el punto de operación del imán, y determinando la superficie de puntos que contribuyen igualmente a la propiedad magnética seleccionada. La superposición de varias superficies tales de contribución constante se muestra en las figuras 4A a 4D. Como se muestra en las figuras 4A a 4D, se muestran diferentes superficies S₁, S₂, S₃, S₄, S₅ y S₆ de contribución constante y la forma final del lado posterior del imán es determinada basándose en la superficie de contribución constante que deja material magnético suficiente para obtener la potencia de campo, el gradiente o el producto de gradiente de campo deseados, al tiempo que mantiene el peso bajo. Es deseable mantener bajo el peso del imán final tanto para ahorrar material magnético, el cual puede ser caro, como para reducir los requerimientos estructurales para el mecanismo de soporte para el imán. Debido a limitaciones de fabricación de los imanes con superficies continuamente curvas lisas, la forma real de la superficie posterior sólo puede aproximar la forma de la superficie de contribución constante. En la realización preferida, el imán es capaz de producir un campo de al menos unas 0,4 T en un punto de aplicación al menos a 33 cm (13 pulgadas) de la superficie del imán o unas 0,1 T en un punto de aplicación a 19 cm (7,5 pulgadas) de la superficie del imán, y sin embargo pesa menos de unos 227 kg (500 libras).

Un criterio de diseño importante para el imán 20 es su volumen de inclusión, el cual representa la combinación de todos los volúmenes que ocupa el imán a través de todas las orientaciones posibles deseadas del imán, es decir, todos los pivotamientos y rotaciones deseados. El volumen de inclusión de un imán construido de acuerdo con los principios de esta invención se muestra en las figuras 5 a 8, con el imán en una primera posición dentro de su zona de exclusión, y en las figuras 9 a 12 con el imán 20 en una segunda posición dentro de su zona de exclusión, pivotado 35°, lo cual, debido al diseño del imán descrito arriba, tiene como resultado un cambio de la dirección del campo magnético de 90° en el punto de operación del sistema. El punto de operación del sistema es un elemento de diseño y, en esta realización preferida, está a 33 cm (trece pulgadas) del centro de la cara frontal del volumen de inclusión, lo cual corresponde a 33 cm (trece pulgadas) del centro de la cara frontal de la envolvente 50. El punto de operación del imán y el punto de operación del sistema se corresponden cuando el imán 20 está en su posición centrada en su zona de exclusión. En la realización preferida, el punto de pivotamiento está 38,1 cm (15 pulgadas) por detrás de la cara frontal del imán y 71,1

cm (28 pulgadas) – 38,1 más 33 cm (15 más 13 pulgadas) – por detrás del punto de operación. Como se muestra y describe en las figuras, el punto de pivotamiento es generalmente horizontal y se extiende a través del eje de pivotamiento. En esta realización preferida, el volumen de inclusión es generalmente cilíndrico con un borde anterior achaflanado. El volumen de inclusión tiene un diámetro de unos 76,2 cm (30 pulgadas) y una profundidad de unos 35,6 cm (14 pulgadas). El chaflán de la superficie anterior del volumen es aproximadamente a 45° hasta una profundidad de unos 12,7 cm (5 pulgadas) de forma que el diámetro de la cara frontal generalmente circular es de unos 50,8 cm (20 pulgadas). El borde del imán 20 tiene una forma de manera que el imán 20 permanece dentro del volumen de exclusión.

Dos imanes 20 pueden ser montados en oposición, de forma que sus campos magnéticos se sumen, para proporcionar un campo magnético útil a distancias mayores, por ejemplo para llevar a cabo procedimientos cardiacos en el pecho, en los que el punto de aplicación del campo magnético está necesariamente alejado del imán.

Como se muestra en la figura 13, cuando el imán 20 está en su posición centrada, produce un campo magnético transversal en un punto de operación en el frente del conjunto del imán. La rotación del imán 20 de aproximadamente 35° en sentido horario alrededor de un eje paralelo a los ejes longitudinales de los segmentos magnéticos tiene como resultado un campo magnético en el punto de operación en el frente del conjunto de imán para apuntar hacia afuera alejándose del conjunto magnético y la rotación del imán de aproximadamente 35° en sentido antihorario alrededor de ese eje tiene como resultado un campo magnético en el punto de operación en el frente del conjunto de imán para apuntar hacia dentro, entrando en el conjunto magnético. Así es que en el intervalo de unos 70° de pivotamiento, la dirección del campo magnético cambia 180°. Este pivotamiento, combinado con la rotación del imán alrededor del segundo eje, permite que el imán cree un campo magnético en cualquier dirección en el punto de operación del conjunto, a través de unos simples pivotamiento y rotación del imán, sin traslación. Por eso, el volumen de inclusión del imán puede hacerse muy pequeño, lo cual significa que el volumen de exclusión es pequeño y no se perjudica el acceso al paciente por los profesionales de la salud y el equipo médico.

Mientras que con el conjunto de imán de la presente invención es posible proyectar un campo en el punto de aplicación en cualquier dirección a suficiente potencia para ser útil, puede no ser siempre posible mover suave y continuamente de una dirección de campo magnético a otra en el plano que contiene ambas direcciones. Así, cuando se está cambiando el campo de una primera dirección a una segunda dirección, es posible que una dirección de campo se balancee temporalmente fuera del plano – un fenómeno conocido como conicidad. No obstante, la cantidad de conicidad depende de la distancia desde el imán y, como se muestra en la figura 14, la conicidad máxima es ligeramente más de 14° desde el plano deseado y ocurre a una distancia de unos 15,2 cm (seis pulgadas) del imán. A una distancia de 30,5 cm (12 pulgadas) del imán, la máxima conicidad es de unos 12,75°.

Un sistema de cirugía magnética que incorpora un sistema de imán construido de acuerdo con los principios de la presente invención está indicado de forma general como 100 en la figura 16. El sistema 100 incluye un imán 20 y su estructura de soporte y movimiento contenida en el interior de la envolvente 50. El sistema 100 está adaptado particularmente para llevar a cabo procedimientos neurológicos y la envolvente es situada para estar cerca de la cabeza del paciente, en este caso en la parte superior de la cabeza del paciente. El sistema 100 incluye un soporte del paciente, tal como la cama 102 de paciente, la cual puede o no ser móvil. Un brazo 104 en forma de C monta equipo de formación de imágenes biplanar para hacer imágenes biplanares del lugar del procedimiento y mostrarlas en las pantallas de visualización 106. El equipo de imagen biplanar incluye una fuente de haces de formación de imágenes, tal como una fuente 108 de rayos X, y receptores o detectores de haces de formación de imágenes, tales como paneles 10 planos de silicón amorfa, que sustancialmente no son afectadas por la presencia de campos magnéticos. El imán 20 que está dentro de la envolvente 50 puede ser usado para navegar un dispositivo médico magnético en la cabeza del paciente pivotando el imán alrededor del eje A1 y rotando el imán alrededor del eje A2 para obtener el campo magnético deseado para orientar un dispositivo médico magnético en el interior de la cabeza del paciente. La formación de imágenes biplanar permite al médico y a otros trabajadores de la salud monitorizar la orientación y la posición del dispositivo médico magnético para navegar el extremo distal del dispositivo médico magnético hasta su destino deseado. Mientras que el conjunto de imán está diseñado para aplicar un campo magnético en el punto de operación del sistema, el cual, como se describe arriba, es un punto a 33 cm (trece pulgadas) de la cara anterior de la envolvente 50, el sistema permite preferiblemente la aplicación de un campo magnético virtualmente en cualquier dirección de potencia suficiente para propósitos de navegación, por ejemplo 0,1 T, en cualquier lugar en un cilindro de 17,8 cm (7 pulgadas) de diámetro que rodea la línea que va desde el centro de la cara frontal de la envolvente hasta el punto de operación del sistema.

Un sistema de cirugía magnética que incorpora dos sistemas de imán construidos de acuerdo con los principios de la presente invención es indicado generalmente como 200 en la figura 17. El sistema 200 incluye dos imanes 20 y sus respectivas estructuras de soporte y movimiento, contenido cada uno de ellos en el interior de una envolvente 50. Las envolventes 50 están dispuestas en lados opuestos del paciente, de forma que los puntos de operación de cada uno de los sistemas de imán se solapen de forma que los campos magnéticos producidos por los dos sistemas se sumen. El sistema 200 está adaptado particularmente para procedimientos cardiacos y las envolventes 50 están situadas en lados opuestos del pecho del paciente. El sistema 200 incluye un soporte para el paciente, tal como una cama 202 para el paciente, el cual puede o no ser móvil. Un brazo 204 en forma de C monta equipo de formación de imágenes biplanar para hacer imágenes biplanares del lugar del procedimiento y mostrarlas en las pantallas de visualización 206. El equipo de imagen biplanar incluye una fuente de haces de formación de imágenes, tal como una fuente 208 de rayos X, y receptores o detectores de haces de formación de imágenes, tales como paneles 210 planos de silicón amorfa, que sustancialmente no son afectadas por la presencia de campos magnéticos. Los imanes 20 que están dentro de las

5 envolventes 50 pueden ser usados para navegar un dispositivo médico magnético en la cabeza del paciente pivotando el imán alrededor del eje A1 y rotando el imán alrededor del eje A2 para obtener el campo magnético deseado para orientar un dispositivo médico magnético en el interior de la cabeza del paciente. La formación de imágenes biplanar permite al médico y a otros trabajadores de la salud monitorizar la orientación y la posición del dispositivo médico magnético para navegar el extremo distal del dispositivo médico magnético hasta su destino deseado. Mientras que el conjunto de imán está diseñado para aplicar un campo magnético en el punto de operación del sistema, el cual, como se describe arriba es un punto a 33 cm (trece pulgadas) de la cara anterior de la envoltente 50, el sistema permite preferiblemente la aplicación de un campo magnético virtualmente en cualquier dirección con potencia suficiente para propósitos de navegación, por ejemplo 0,04 T, en cualquier lugar dentro de un círculo de 17,8 cm (7 pulgadas) de diámetro a 33 cm (trece pulgadas) de la cara frontal de la envoltente.

10

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un conjunto de imán que comprende un imán (20) compuesto por una pluralidad de segmentos y montado para pivotar alrededor de un primer eje (A1), teniendo cada uno de dicha pluralidad de segmentos una dirección de magnetización tal que el imán proyecta un campo magnético en un punto de operación espaciado del frente del conjunto; **caracterizado porque** dicho primer eje (A1) está espaciado del imán (20) y dicho imán (20) está montado para rotar alrededor de un segundo eje (A2) que es perpendicular a y se cruza con el primer eje (A1) de tal forma que el imán (20) proyecta el campo magnético en cualquier dirección a través de una combinación de pivotamientos y rotaciones.
- 10 2. Un conjunto de imán de acuerdo con la reivindicación 1, en el que cada segmento tiene una dirección de magnetización que optimiza el campo magnético en una dirección seleccionada en un punto de operación enfrente del conjunto y de forma que el pivotamiento del imán (20) alrededor de uno de dichos ejes (A1, A2) por detrás del imán (20) a través de un arco de menos de 90° causa que la dirección del campo magnético en el punto de operación varíe en 180°.
- 15 3. Un conjunto de imán de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el punto de operación está al menos a 30,5 cm (12 pulgadas) del conjunto de imán.
4. Un conjunto de imán de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el conjunto proyecta un campo magnético en el punto de operación de al menos 0,04 T en cualquier dirección.
5. Un conjunto de imán de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el conjunto proyecta un campo magnético en el punto de operación de al menos 0,1 T en cualquier dirección.
- 20 6. Un conjunto de imán de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el imán comprende una pluralidad de segmentos paralelos de material magnético, estando cada segmento magnetizado en una dirección para maximizar generalmente el campo magnético en una dirección seleccionada en un punto de operación enfrente del imán (20), teniendo el imán (20) una cara (22) frontal generalmente cilíndrica, y una cara (24) posterior que se conforma sustancialmente a una superficie de igual contribución al campo magnético en el punto de operación del imán.
- 25 7. Un conjunto de imán de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el primer eje (A1) está por detrás del imán (20) y en el que el imán (20) comprende un borde lateral, configurado de forma que a través de la rotación y pivotamiento deseados del imán (20), el imán (20) permanece dentro de una zona de inclusión cilíndrica extendida horizontalmente que tiene un borde anterior achaflanado 45 grados.
- 30 8. Un conjunto de imán de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el primer eje (A1) está situado por detrás del imán y en el que el radio de curvatura de la cara (22) frontal generalmente cilíndrica iguala sustancialmente la distancia entre el primer eje (A1) y la cara (22) frontal.
- 35 9. En combinación, conjuntos de imán primero y segundo, cada uno de ellos de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en relación espacial separada, de forma que, en uso, están dispuestos en lados opuestos de un paciente.

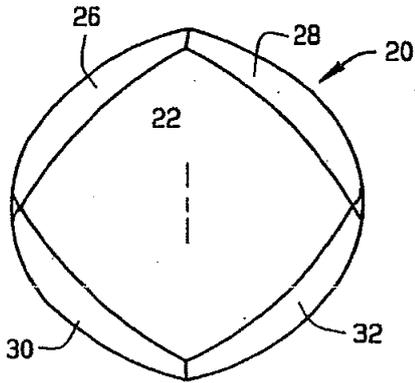


FIG. 1A

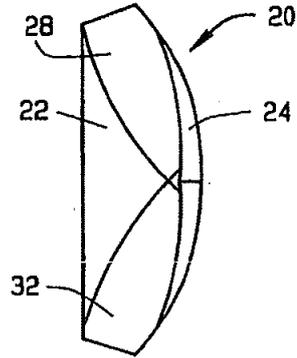


FIG. 1B

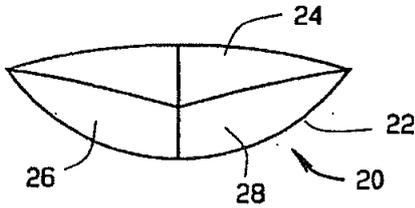


FIG. 1C

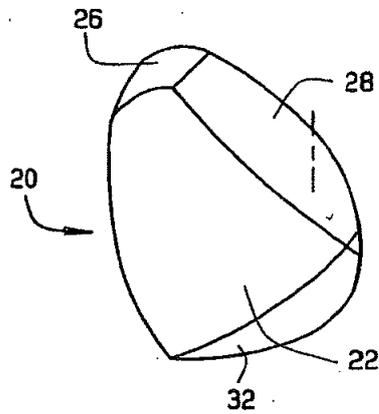


FIG. 1D

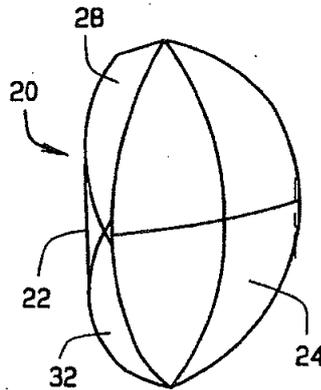
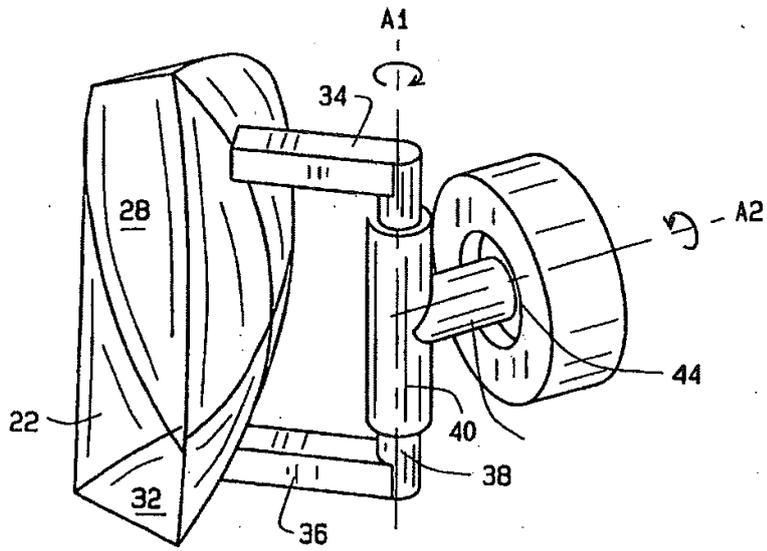
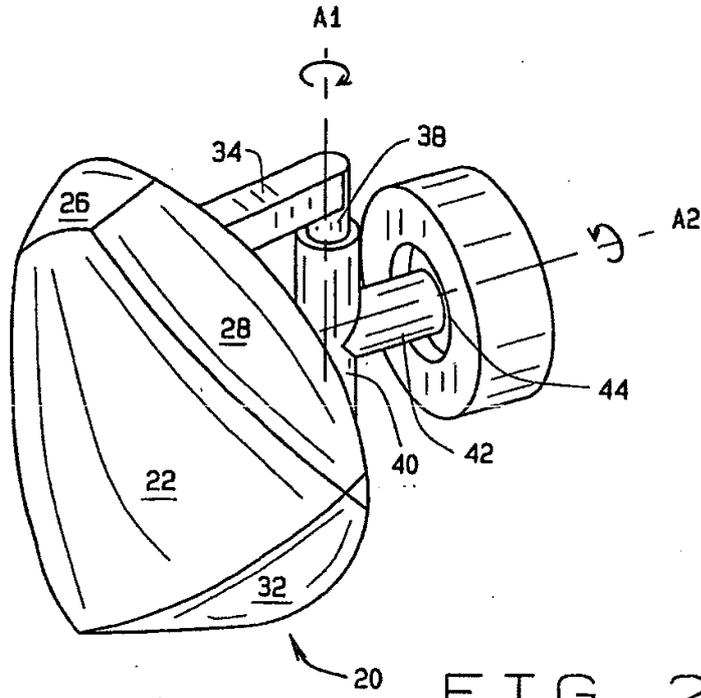


FIG. 1E



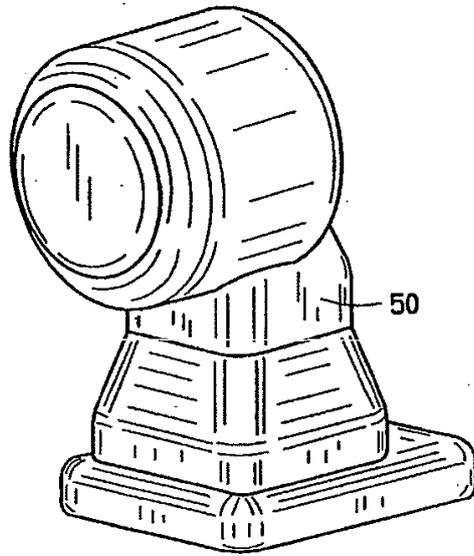


FIG. 3A

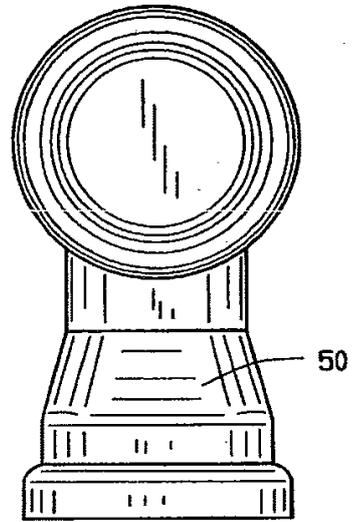


FIG. 3B

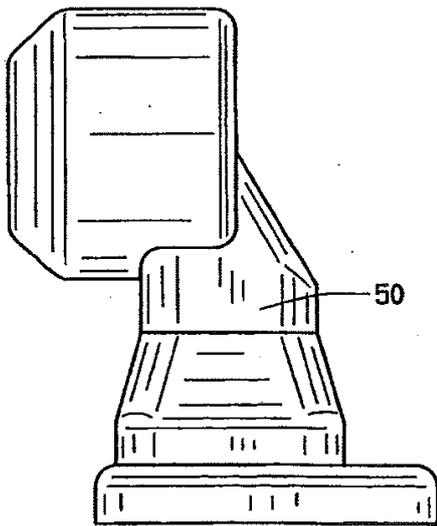


FIG. 3C

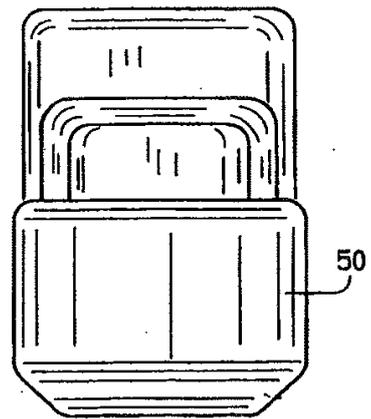


FIG. 3D

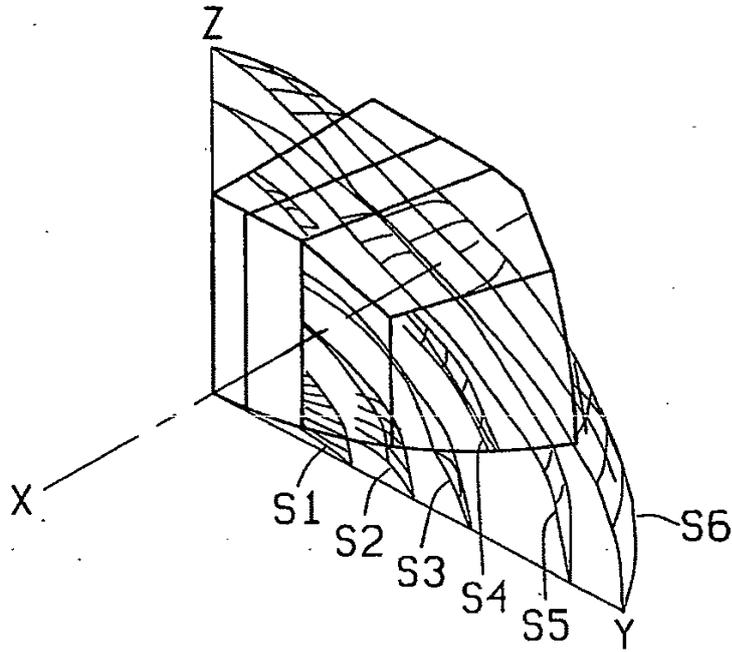


FIG. 4A

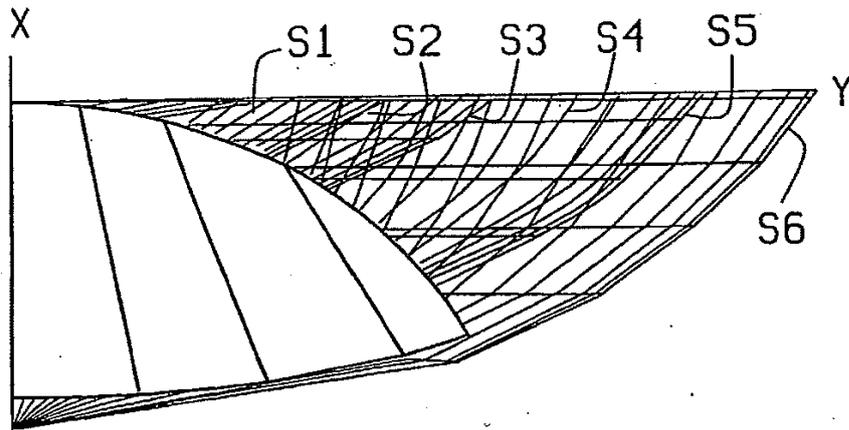


FIG. 4B

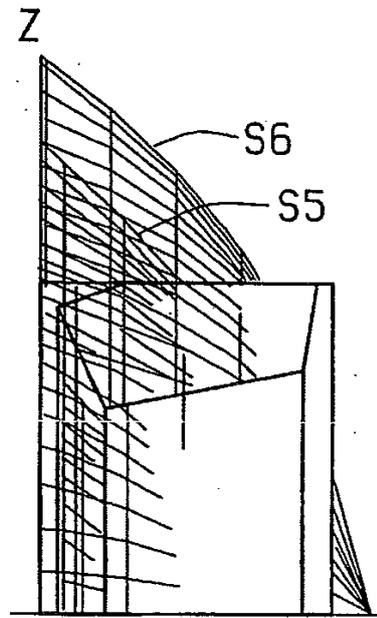


FIG. 4C

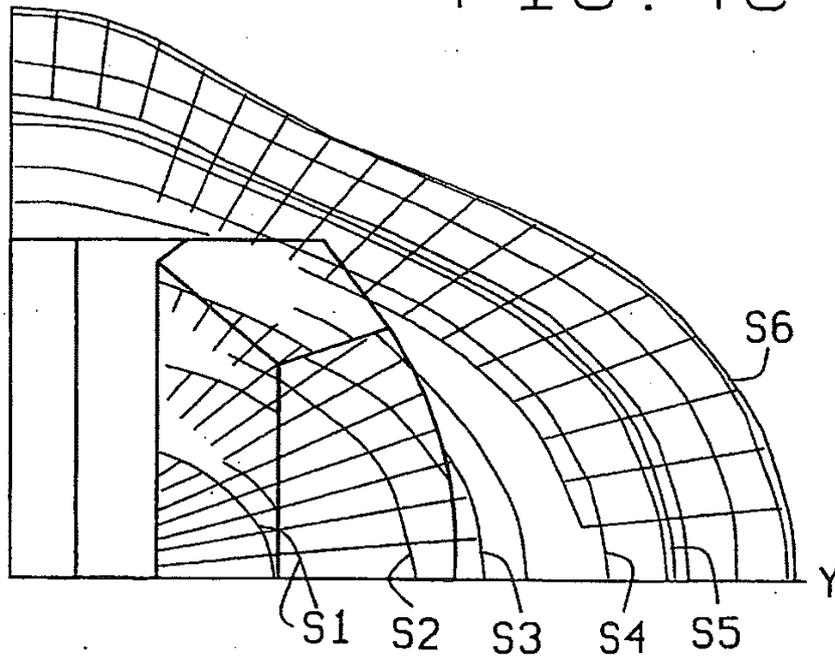


FIG. 4D

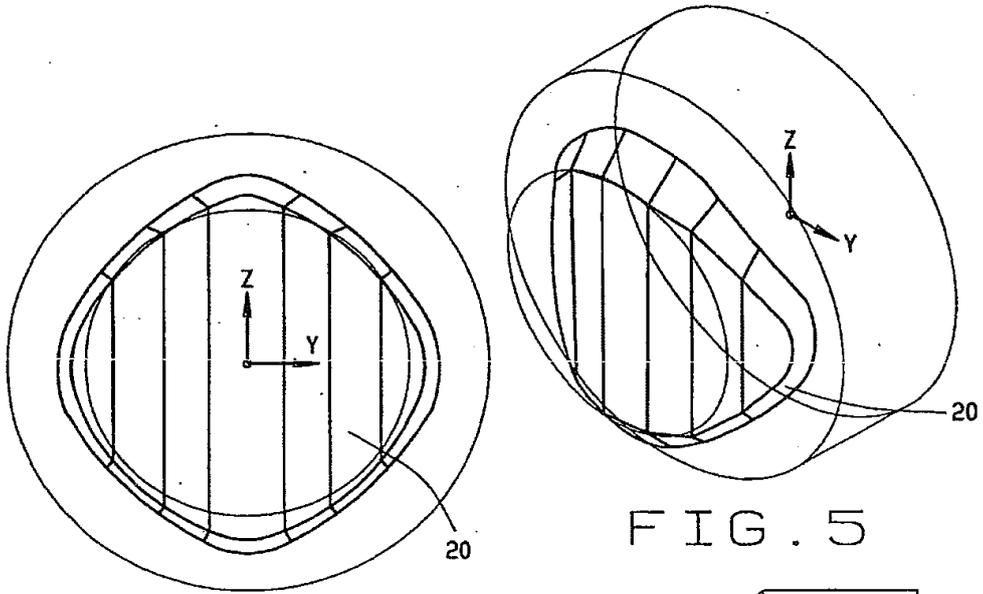


FIG. 5

FIG. 6

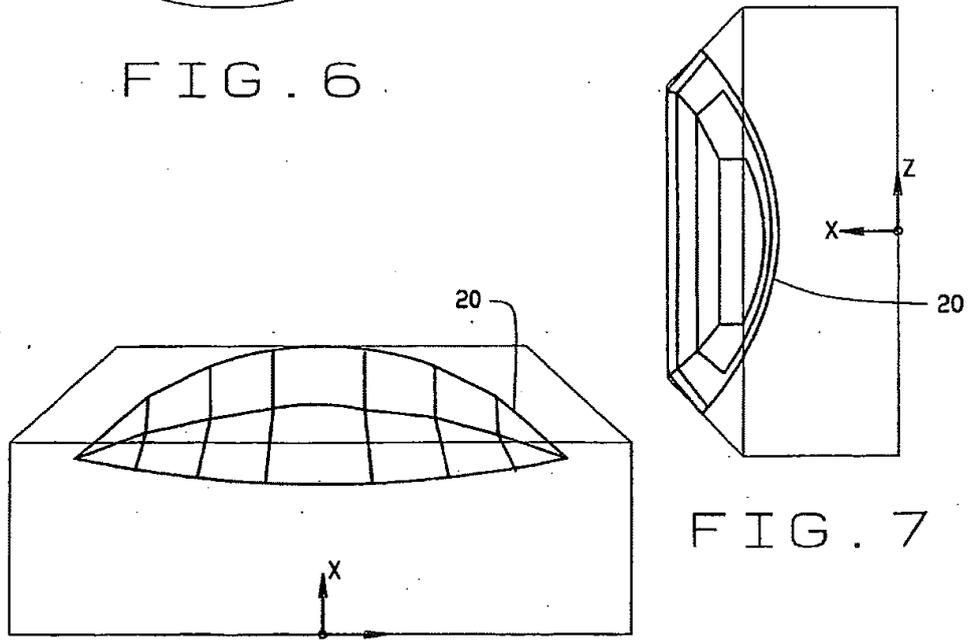


FIG. 7

FIG. 8

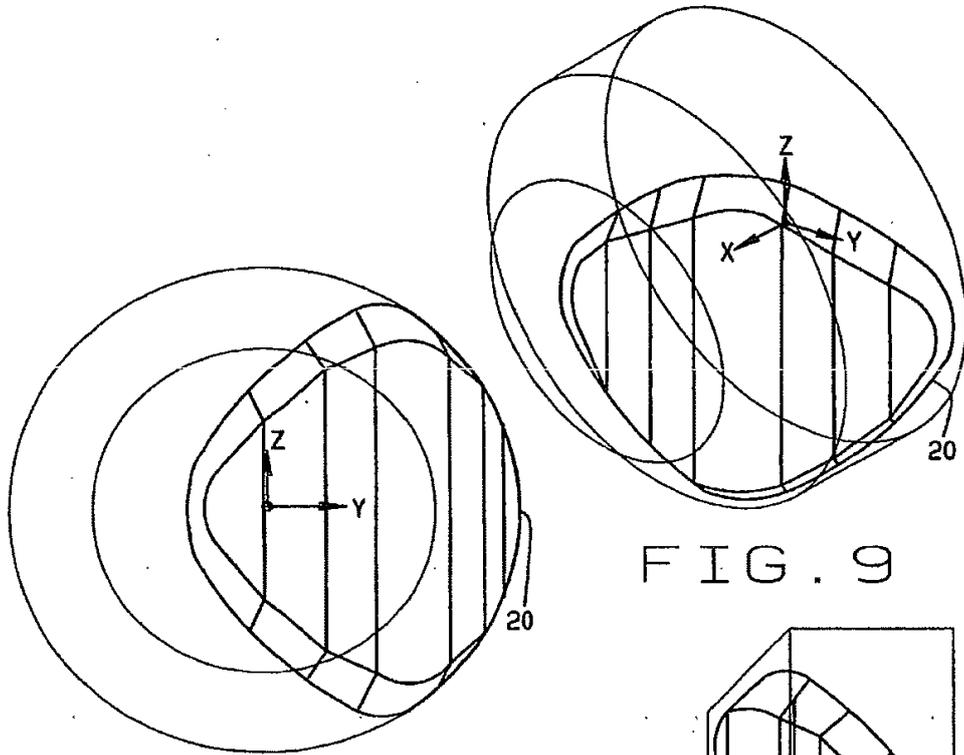


FIG. 9

FIG. 10

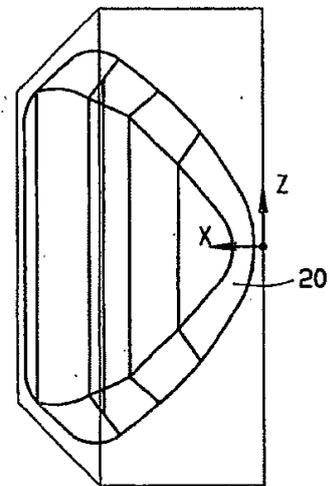


FIG. 11

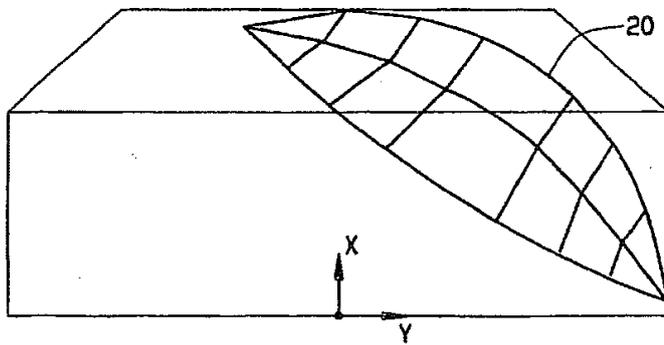


FIG. 12

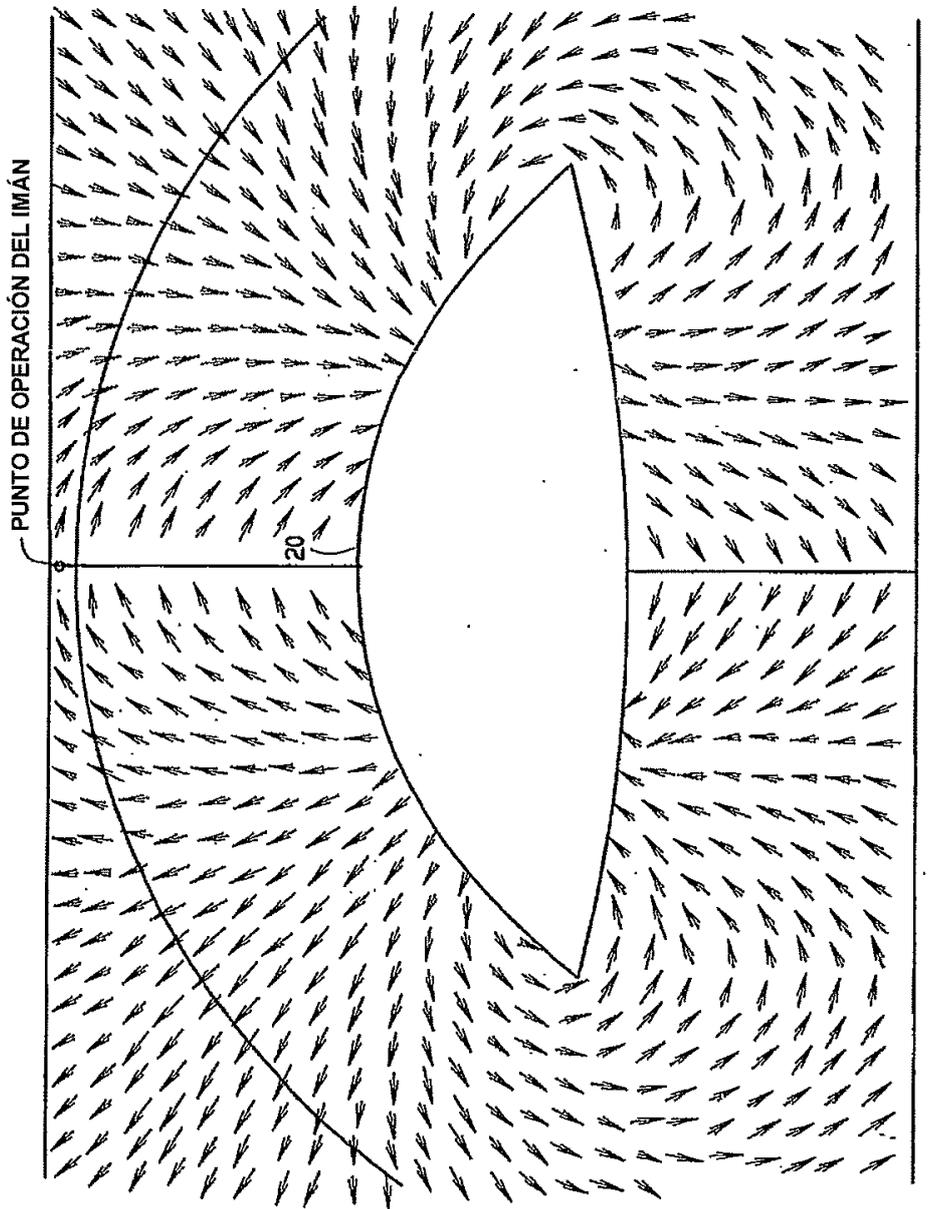


FIG. 13

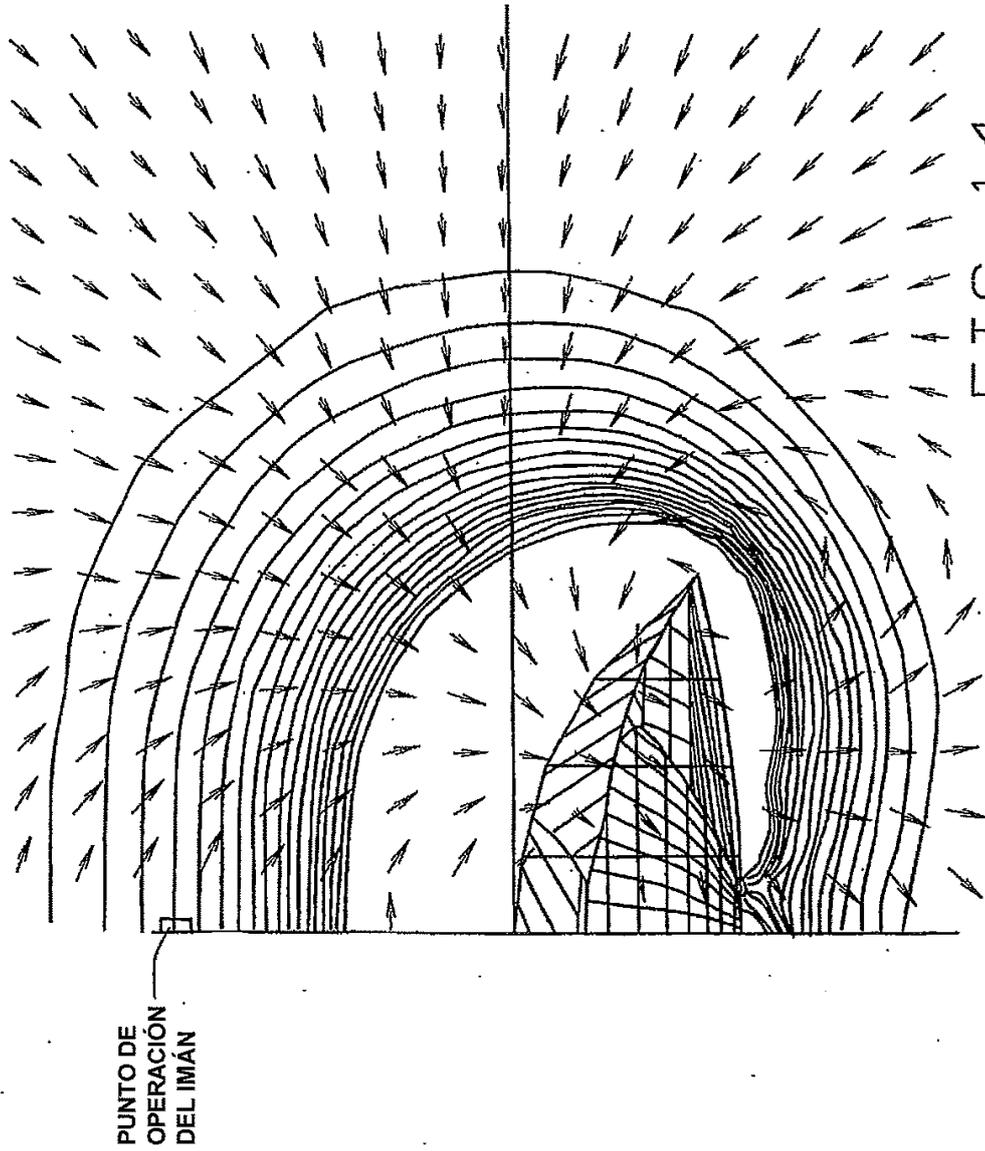


FIG. 14

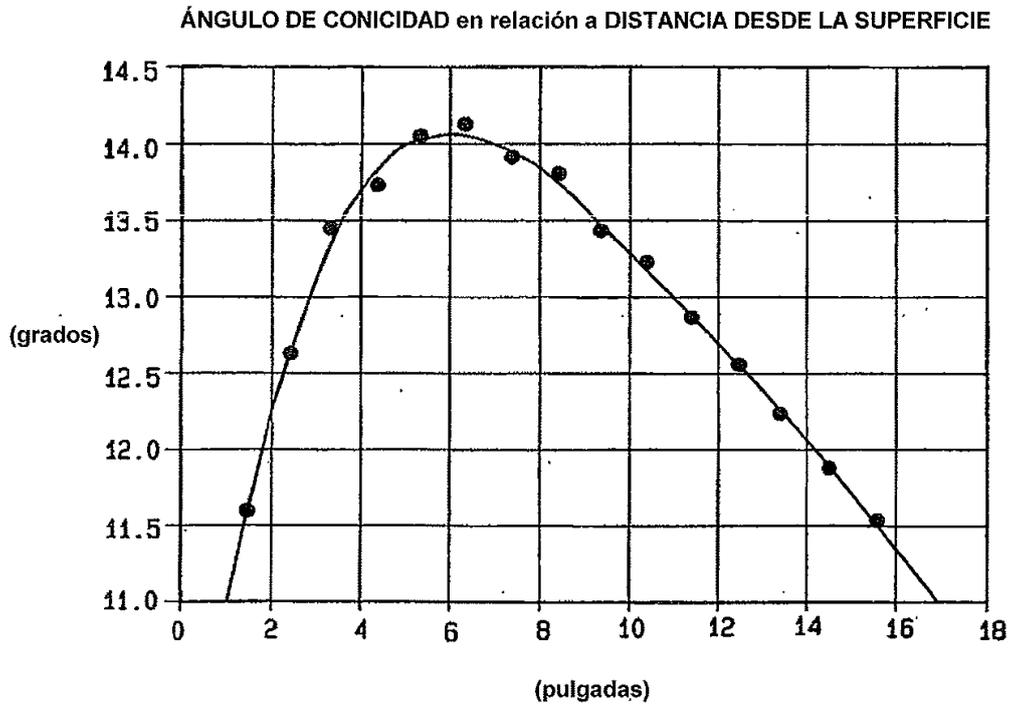


FIG. 15

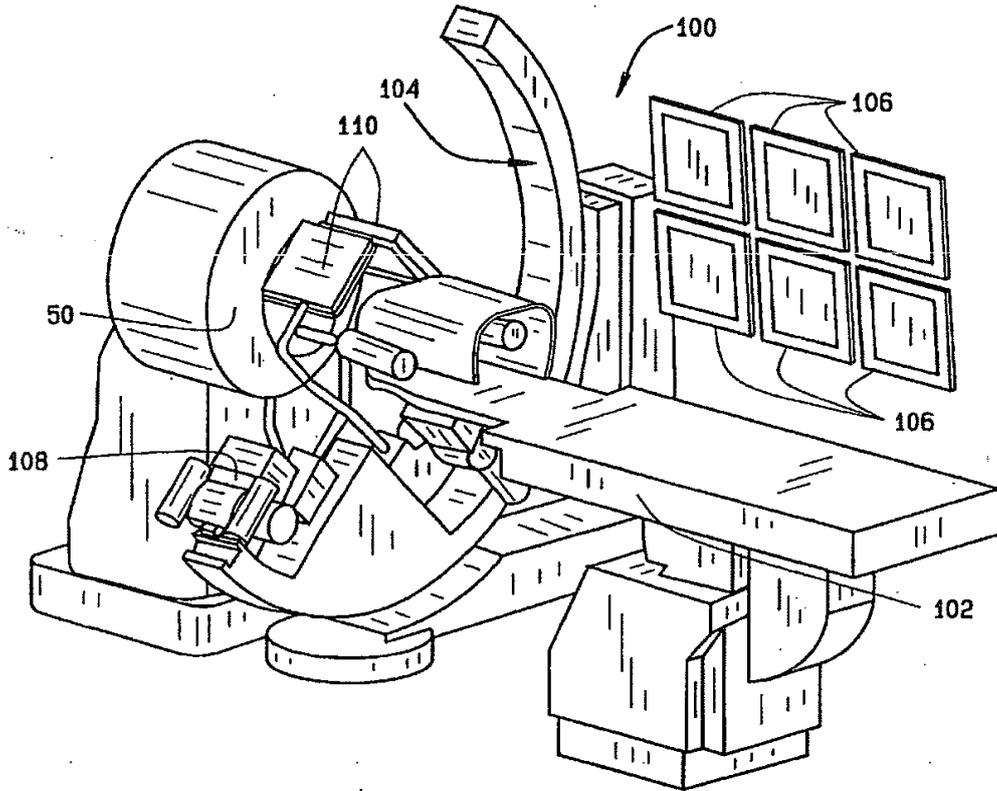


FIG. 16

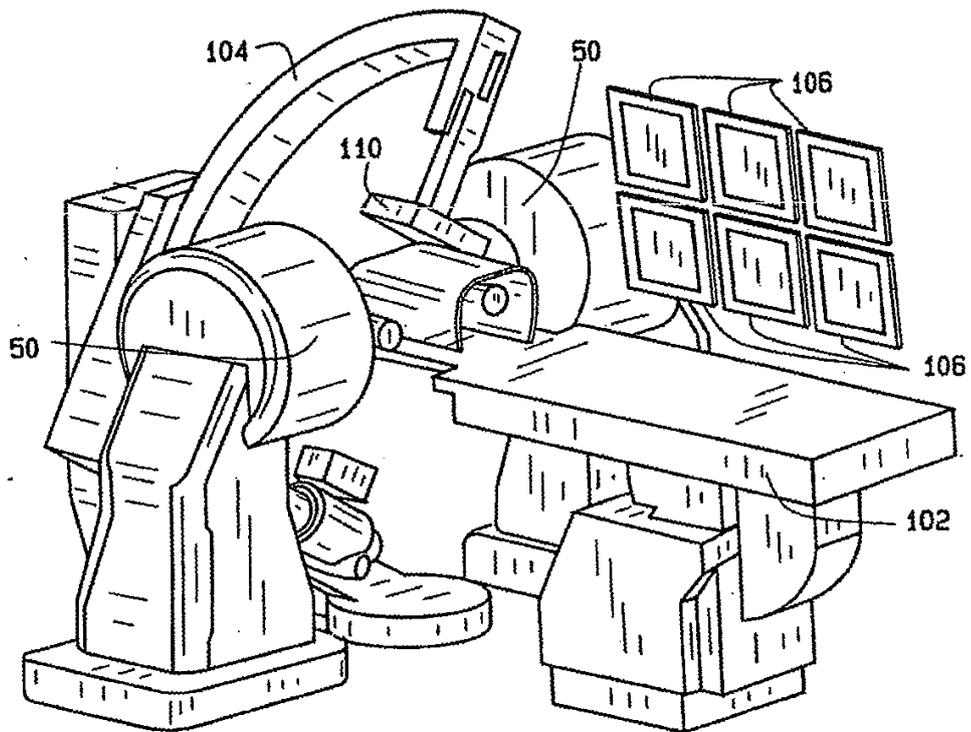


FIG. 17