

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 999 763**

51 Int. Cl.:

**G01R 33/38** (2006.01)

**G01R 33/381** (2006.01)

**G01R 33/383** (2006.01)

**A61B 5/055** (2006.01)

**A61B 5/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.06.2018 PCT/US2018/036686**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.12.2018 WO18227108**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.06.2018 E 18812673 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2024 EP 3634235**

54 Título: **Sistema de obtención de imágenes por resonancia magnética unilateral con abertura para intervenciones y metodologías para operar el mismo**

30 Prioridad:

**08.06.2017 US 201762516698 P**

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

**26.02.2025**

73 Titular/es:

**WEINBERG MEDICAL PHYSICS, INC. (100.00%)  
12156 Parklawn Drive  
North Bethesda, MD 20852, US**

72 Inventor/es:

**WEINBERG, IRVING;  
NACEV, ALEKSANDAR NELSON;  
HILAMAN, RYAN y  
VOHRA, AMIT**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 999 763 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

Sistema de obtención de imágenes por resonancia magnética unilateral con abertura para intervenciones y metodologías para operar el mismo

### Campo de uso:

- 5 Las realizaciones descritas dan a conocer un método y un aparato de obtención de imágenes por resonancia magnética de un solo lado.

### Antecedentes:

- 10 En escáneres de obtención de imágenes por resonancia Magnética (MRI) convencionales, el campo magnético usado para generar la imagen se crea mediante un dispositivo que se ubica alrededor del sujeto. A efectos de esta memoria descriptiva, se entiende que el término "sujeto" es un ser humano u otro animal enfermo o no enfermo. Por ejemplo, una MRI clínica superconductora consiste normalmente en un solenoide superconductor cuyo orificio se convierte en el volumen de obtención de imágenes. El sujeto, o paciente, es guiado dentro del orificio, donde se lleva a cabo toda la obtención de imágenes. Sin embargo, debido al tamaño limitado del orificio, estos sistemas de MRI limitan la movilidad del paciente y pueden limitar los tamaños permisibles del cuerpo del paciente del que se pueden obtener imágenes.

- 15 Para permitir una mayor movilidad y flexibilidad del paciente, se han desarrollado sistemas de MRI abiertos. Los mismos consisten típicamente en componentes generadores de campo magnético bi-planares que crean un campo magnético dentro del espacio de los dos planos. De nuevo, se obtienen imágenes del paciente dentro del espacio. Típicamente, el espacio de separación en estos sistemas es mayor que la configuración de solenoide de los imanes superconductores, pero el paciente sigue estando encerrado por el sistema de MR.

- 20 El documento US 2004/ 0066194 se refiere a conjuntos generadores de campo magnético y métodos para su uso en resonancia magnética y, en particular, a instrumentación de resonancia magnética nuclear (NMR o MR) "de dentro hacia fuera" para su uso en investigación no invasiva de propiedades de materiales. El mismo describe realizaciones relacionadas con la obtención de imágenes por MR en donde el método de polarización previa se combina con diseños de imán de acceso abierto adecuados para MRI. Un método y aparato descritos permiten cambiar la corriente en algunas secciones de devanado del imán para reconfigurar temporalmente la geometría del imán (circuito magnético) de modo que aumente la intensidad del campo magnético en la muestra durante el período de polarización previa, sin aumentar la energía magnética almacenada en el imán.

- 25 Realizaciones descritas en US 2017/0139024 permiten la obtención de imágenes por resonancia magnética usando nanopartículas magnetizables.

### Resumen

Las reivindicaciones independientes definen el alcance y las reivindicaciones dependientes definen diferentes realizaciones.

- 35 Las realizaciones descritas dan a conocer un nuevo aparato de obtención de imágenes y metodologías para obtener imágenes de un sujeto usando una MRI, en donde el aparato de obtención de imágenes contiene solo un dispositivo de un solo lado para obtener imágenes de estructuras en el sujeto. A efectos de esta memoria descriptiva, se entiende que los términos "dispositivo de un solo lado" significan un dispositivo dispuesto menos de 360 grados alrededor de un sujeto para operar. Por ejemplo, un orificio de MRI cilíndrico convencional no se consideraría un dispositivo de un solo lado.

- 40 Según al menos una realización, un aparato y las metodologías correspondientes de este tipo pueden usarse para obtener imágenes, por ejemplo, de la región pélvica de un sujeto.

Según las realizaciones descritas, gracias a la geometría no envolvente del aparato de obtención de imágenes innovador, la movilidad del sujeto está menos restringida en comparación con los escáneres de MRI convencionales.

- 45 Según las realizaciones descritas, se da a conocer un sistema de MRI de un solo lado que incluye aberturas de acceso a través de las cuales se pueden realizar intervenciones en el sujeto. A efectos de esta memoria descriptiva, se entiende que el término "intervención" es una biopsia o método de tratamiento que implica acceso físico a una parte del sujeto.

### Breve descripción de las figuras

- 50 La descripción detallada se refiere particularmente a las figuras adjuntas, en donde:

La Figura 1 muestra una realización de la invención descrita, en donde un aparato generador de campo magnético está dispuesto en la proximidad de una región de interés.

La Figura 2 muestra un ejemplo de una composición de una capa de un aparato generador de campo magnético que se compone de capas de imanes según una realización descrita.

**Descripción detallada**

5 Los sistemas de MRI de un solo lado convencionales no tienen aberturas de acceso a través de las cuales podrían realizarse intervenciones. Ejemplos de tales sistemas convencionales incluyen la patente de Estados Unidos 4.721.914, de Eiichi Fukushima, titulada "Apparatus for Unilateral Generation of a Homogeneous Magnetic Field", y la patente de Estados Unidos 6.489.872, del mismo inventor, titulada "Unilateral Magnet Having a Remote Uniform Field Region for Nuclear Magnetic Resonance".

10 En cambio, según las realizaciones descritas, se da a conocer un sistema de MRI de un solo lado que incluye aberturas de acceso a través de las cuales se pueden realizar intervenciones en el sujeto. La Figura 1 ilustra una realización de la invención en donde un aparato generador de campo magnético 100 está dispuesto en la proximidad de una región de interés 110. Como se muestra en la Fig. 1, existe una abertura de acceso 120 que es perpendicular a la cara del conjunto de imanes 100 que está cerca de la región de interés 110.

15 Las realizaciones descritas utilizan un aparato generador de campo magnético 100 y un dispositivo generador y de registro de radiofrecuencia 130 en una cara del dispositivo. El aparato generador de campo magnético 100 puede disponerse cerca de solo una sola cara de la región de interés 110. La configuración geométrica del aparato 100 puede incluir una o más aberturas u orificios de acceso 120. Esta configuración permite la intervención con el sujeto, p. ej., un paciente/sujeto humano o animal puede recolocarse fácilmente. Adicionalmente, las una o más aberturas u orificios de acceso 120 permiten un mejor acceso a una o más estructuras en el sujeto del que se van a obtener imágenes.

20 El aparato generador de campo magnético 100 puede estar compuesto por capas de imanes, estando compuesta una capa de las mismas tal como se ilustra en la Figura 2. Como se muestra en la Fig. 2, la capa 200 contiene imanes 210 y 220, que están orientados en direcciones para proporcionar campos magnéticos opuestos al campo magnético proporcionado por un imán en la misma u otras capas. Por ejemplo, como se muestra en la Fig. 2, el imán 210 puede orientarse en una posición para proporcionar un campo magnético opuesto al campo magnético producido por el imán 220 en la misma capa. La abertura se ilustra como la abertura 230 en la Fig. 2.

25 Según las realizaciones descritas, el dispositivo generador de campo magnético 100 puede incluir una o más matrices de componentes magnéticos, ejemplos de las cuales son 210 y 220 en una o más capas (un ejemplo de las cuales es 200).

30 Estas capas pueden generar un perfil magnético deseado que es uniforme en intensidad de campo magnético hasta un cierto grado de homogeneidad, o con un gradiente de campo magnético integrado que varía linealmente en el espacio, o con otra forma de perfil de campo magnético bien caracterizada adecuada para la obtención de imágenes sobre una región 110. Según al menos una realización, el perfil magnético en la región 35 110 puede ser uniforme. Alternativamente, según al menos una realización, el perfil magnético en la región 110 puede no ser uniforme, en cuyo caso se puede usar un algoritmo apropiado para reconstrucción para generar una imagen. Un ejemplo de tal algoritmo lo dieron a conocer Dominic Holland y col. en la publicación en la revista Neuroimage, volumen 50, páginas 175-183, en 2010, titulada "Efficient correction of inhomogeneous static magnetic field-induced distortion in Echo Planar Imaging". Se pueden aplicar otros métodos de corrección, 40 por ejemplo, usando reconstrucciones de máxima probabilidad. Asimismo, la generación del perfil magnético puede realizarse según innovaciones patentadas para la obtención de imágenes de tejido vivo.

45 Más específicamente, el sistema de obtención de imágenes 130 puede incluir bobinas eléctricas y/o imanes electro-permanentes, en donde los imanes electro-permanentes se magnetizan por una corriente transitoria que fluye a través de las bobinas eléctricas y permanecen activados hasta que la magnetización se elimina por otras corrientes transitorias que fluyen a través de las bobinas eléctricas. También se pueden incluir bobinas de radiofrecuencia, gradiente, polarización previa y/o compensación que pueden ser necesarias para formar una imagen.

50 Opcionalmente, se pueden usar pulsos de gradiente ultra-rápidos y de elevada magnitud, tal como describe Irving Weinberg en la patente de Estados Unidos 8154286, titulada "APPARATUS AND METHOD FOR DECREASING BIO-EFFECTS OF MAGNETIC FIELDS", y las patentes y solicitudes de patente relacionadas (relacionadas por las reivindicaciones de prioridad), para recopilar numerosos conjuntos de puntos de datos para lograr una resolución espacial y una relación señal-ruido elevadas, sin provocar una estimulación nerviosa incómoda. Tal magnitud de campo de gradiente magnético elevada puede ser de 400 mT o superior, con 55 tiempos de aumento de 10 microsegundos o menos. Los impulsos de gradiente pueden ser tan rápidos que permitan realizar una adquisición en un tiempo muy corto, por ejemplo, 10 segundos o menos, de modo que se produzca un movimiento reducido del pecho durante la adquisición, reduciendo así la pérdida de resolución por "falta de definición por movimiento".

Opcionalmente, según al menos una realización, las bobinas de polarización previa pueden activarse para mejorar la relación señal-ruido, tal como se muestra en la solicitud de patente de Estados Unidos 12/488.105, de Weinberg, titulada "RADIOMETAL-LABELED AMINO ACID ANALOGS, IMAGING AND THERAPEUTIC AGENTS INCORPORATING THE SAME, AND METHODS USING THE SAME".

5 Según al menos una realización, una o más bobinas o imanes electro-permanentes dentro del sistema de MRI pueden fabricarse mediante fabricación aditiva, tal como muestran Urdaneta y col. en IEEE Medical Imaging Proceedings, de 2011, con título "Good-bye Wires and Formers: 3-D Additive Manufacturing and Fractal Cooling Applied to Gradient Coils".

10 La región 110 del perfil magnético deseado en un lado del aparato puede no ser adyacente al aparato, por ejemplo, puede estar de uno a cien centímetros del aparato 100. El componente magnético 210 puede ser un imán permanente o puede ser un electroimán o puede ser un imán electro-permanente. El componente magnético 210 puede ser un imán discreto o puede ser una parte de material magnetizable que se ha depositado mediante fabricación aditiva y que se ha magnetizado durante o después de la deposición.

15 A efectos de esta descripción, un imán electro-permanente puede definirse como una combinación de material magnético duro y blando con una o más bobinas de transporte de corriente, en donde la corriente eléctrica que pasa a través de las una o más bobinas magnetiza el componente magnético blando, como se describe en la solicitud de patente de Estados Unidos 15/427.426, de Weinberg y Nacev, titulada "METHOD AND APPARATUS FOR MANIPULATING ELECTRO-PERMANENT MAGNETS FOR MAGNETIC RESONANCE  
20 IMAGING AND IMAGE GUIDED THERAPY". En esta memoria descriptiva, los términos "material magnético duro" y "material magnético blando" se usan para describir material con niveles variables de coercitividad magnética, teniendo el material magnético duro una coercitividad magnética más alta que el material magnético blando. Se entiende que lo que se denominaría "materiales magnéticos blandos" (p. ej., Alnico) a efectos de esta memoria descriptiva podría considerarse "materiales magnéticos duros" en comparación con algunos otros materiales (por ejemplo, Permalloy) por ciertas autoridades. Por lo tanto, los términos "material magnético duro"  
25 y "material magnético blando" se usan para ilustrar generalmente numerosos materiales diferentes, sin limitación específica en cuanto a si el material se considera universalmente como "duro" o "blando".

A efectos de esta descripción, el término "orientación opuesta" significa una orientación que no es paralela a otra orientación. Se entiende que la invención puede utilizarse en conjunción con otros componentes, por ejemplo, un generador de campos electromagnéticos de radiofrecuencia, para crear imágenes de resonancia  
30 magnética de sujetos o estructuras en una región de interés 110. Se entiende que parte o la totalidad de esos sujetos o estructuras pueden ser parte o la totalidad de un animal o persona vivos o un objeto inanimado. Se entiende que pueden llevarse a cabo intervenciones, tales como biopsia o terapia, en parte o completamente, usando la abertura 120.

35 Se entiende que el dispositivo 100 puede usarse en conjunción con otros componentes, por ejemplo, un ordenador y/o una fuente de alimentación y/o bobinas para generar campos magnéticos y/o electromagnéticos, para obtener un resultado deseado de una imagen significativa. Se entiende que la imagen puede usar principios de obtención de imágenes por resonancia magnética de protones, u obtención de imágenes por resonancia magnética de otras partículas (por ejemplo, electrones o átomos de sodio) u otros principios de obtención de imágenes (por ejemplo, obtención de imágenes por partículas magnéticas, u obtención de  
40 imágenes por impedancia). Se entiende que el aparato puede usarse para administrar terapia manipulando materiales magnetizables con el campo magnético producido por el dispositivo. Se entiende que dicha manipulación puede realizarse en un momento, y que la obtención de imágenes puede realizarse en otro momento, para guiar dicha manipulación.

45 A efectos de las realizaciones descritas, el término obtención de imágenes incluye tecnología de obtención de imágenes que utiliza componentes para formar una imagen usando resonancia magnética u obtención de imágenes por partículas magnéticas. Debe entenderse que tales componentes incluyen bobinas o imanes (o imanes electro-permanentes) que polarizan protones u otros núcleos o electrones en una o más estructuras de las que se van a obtener imágenes, en donde bobinas de gradiente y/o radiofrecuencia forman una imagen. Por lo tanto, aunque no se muestra en detalle en la presente memoria, debe entenderse que las realizaciones  
50 descritas pueden usarse junto con una estructura de soporte que puede contener un sistema de obtención de imágenes y puede contener otros componentes necesarios para operar o mover el sistema de obtención de imágenes, por ejemplo, ruedas y/o baterías.

Además, debe entenderse que no se muestra un sistema de visualización asociado, pero debe entenderse que está presente para visualizar imágenes producidas por el sistema de obtención de imágenes.

55 Además, debe entenderse que las realizaciones descritas pueden obtener imágenes de una o más estructuras para segmentos de las una o más estructuras en un momento, ya que puede ser difícil en una MRI de un solo lado obtener una uniformidad muy buena en la totalidad de una estructura de la que se van a obtener imágenes. Debe entenderse que la resolución espacial de ciertas partes de una o más estructuras de las que se van a obtener imágenes, p. ej., tejidos mamarios, puede ser diferente a otras partes, dependiendo del gradiente

aplicado en el momento de la adquisición de imágenes, lo que puede ser útil para caracterizar mejor ciertas regiones de tejidos.

5 Debe entenderse que las operaciones explicadas en la presente memoria pueden implementarse junto con, o bajo el control de, uno o más ordenadores de propósito general que ejecutan algoritmos de software para proporcionar la funcionalidad descrita en el presente documento y convertir esos ordenadores en ordenadores de propósito específico.

10 Además, los expertos en la técnica reconocerán, tras la consideración de lo anteriormente descrito, que las realizaciones ilustrativas anteriores pueden basarse en el uso de uno o más procesadores programados programados con un programa informático adecuado. Sin embargo, las realizaciones descritas podrían implementarse usando equivalentes de componentes de hardware tales como hardware de propósito especial y/o procesadores dedicados. De manera similar, pueden usarse ordenadores de propósito general, ordenadores basados en microprocesador, microcontroladores, ordenadores ópticos, ordenadores analógicos, procesadores dedicados, circuitos específicos de aplicación y/o lógica cableada dedicada para construir realizaciones equivalentes alternativas.

15 Además, debe entenderse que el control y la cooperación de los componentes descritos anteriormente pueden obtenerse usando instrucciones de software que pueden almacenarse en un dispositivo de almacenamiento tangible no transitorio, tal como un dispositivo de almacenamiento legible por ordenador no transitorio que almacena instrucciones que, cuando se ejecutan en uno o más procesadores programados, llevan a cabo las operaciones del método descrito anteriormente y la funcionalidad resultante. En este caso, el término no  
20 transitorio pretende excluir señales transmitidas y ondas de propagación, pero no dispositivos de almacenamiento que sean borrables o dependientes de fuentes de alimentación para retener información.

Los expertos en la técnica entenderán, tras la consideración de lo anteriormente descrito, que las operaciones y procesos de programa y datos asociados usados para implementar algunas de las realizaciones descritas anteriormente pueden implementarse usando almacenamiento en disco, así como otras formas de dispositivos  
25 de almacenamiento que incluyen, aunque no de manera limitativa, medios de almacenamiento no transitorios (en donde se pretende que no transitorio solo excluya señales de propagación y no señales que son transitorias por el hecho de que se borran mediante la eliminación de energía o actos explícitos de borrado) tales como, por ejemplo, dispositivos de memoria de solo lectura (ROM), dispositivos de memoria de acceso aleatorio (RAM), dispositivos de memoria de red, elementos de almacenamiento óptico, elementos de almacenamiento magnético, elementos de almacenamiento magnetoóptico, memoria flash, memoria central y/u otras  
30 tecnologías de almacenamiento volátiles y no volátiles equivalentes sin apartarse de ciertas realizaciones. Tales dispositivos de almacenamiento alternativos deben considerarse equivalentes.

Aunque se han descrito ciertas realizaciones ilustrativas, es evidente que numerosas alternativas, modificaciones, permutaciones y variaciones resultarán evidentes para los expertos en la técnica teniendo en  
35 cuenta la descripción anterior. Por consiguiente, las diversas realizaciones de, como se ha descrito anteriormente, pretenden ser ilustrativas, no limitativas.

**REIVINDICACIONES**

1. Aparato de resonancia magnética de un solo lado (100) para obtener imágenes de una o más estructuras incluidas en un sujeto, comprendiendo el aparato:

5 una o más matrices (210, 220) de componentes magnéticos comprendidas en una o más capas (200) para generar un campo magnético en un lado del aparato (100), teniendo dicho campo magnético un perfil de campo magnético bien caracterizado adecuado para obtener imágenes sobre una región, siendo los componentes magnéticos imanes permanentes o electroimanes o imanes electro-permanentes, de modo que cada imán electro-permanente es una combinación de materiales magnéticos duros y blandos con una o más bobinas que transportan corriente configuradas para magnetizar el material magnético blando, en donde algunos de los componentes magnéticos (210) en una capa están orientados en direcciones para proporcionar campos magnéticos opuestos al campo magnético proporcionado por otros componentes magnéticos (220) de los componentes magnéticos en la misma u otras capas; y

10

15 una abertura de acceso (230) dispuesta a través de los componentes magnéticos que permite la intervención con el sujeto de la obtención de imágenes,

en donde el sujeto es un animal vivo o una persona.

2. Aparato de obtención de imágenes (100) de la reivindicación 1, en donde el aparato (100) está configurado para obtener imágenes de la región pélvica del sujeto.

3. Aparato de obtención de imágenes (100) de la reivindicación 1, en donde un eje de la abertura de acceso (230) es perpendicular a una cara del aparato de obtención de imágenes.

20

4. Método para usar un aparato de resonancia magnética de un solo lado (100) según la reivindicación 1 para obtener imágenes de una o más estructuras incluidas en un sujeto, comprendiendo el método:

25 disponer el aparato de resonancia magnética de un solo lado (100), de manera que las una o más estructuras del sujeto están en la región en donde el campo magnético tiene el perfil de campo magnético bien caracterizado adecuado para obtener imágenes; y

obtener imágenes de las una o más estructuras usando obtención de imágenes por resonancia magnética usando el aparato de resonancia magnética de un solo lado (100),

en donde el sujeto es un animal o persona vivos.

5. Método de obtención de imágenes de la reivindicación 4, en donde se obtienen imágenes de la región pélvica del sujeto.

30

6. Método de obtención de imágenes de la reivindicación 4, en donde un eje de la abertura de acceso (230) es perpendicular a una cara del aparato de obtención de imágenes (100).

FIGURA 1

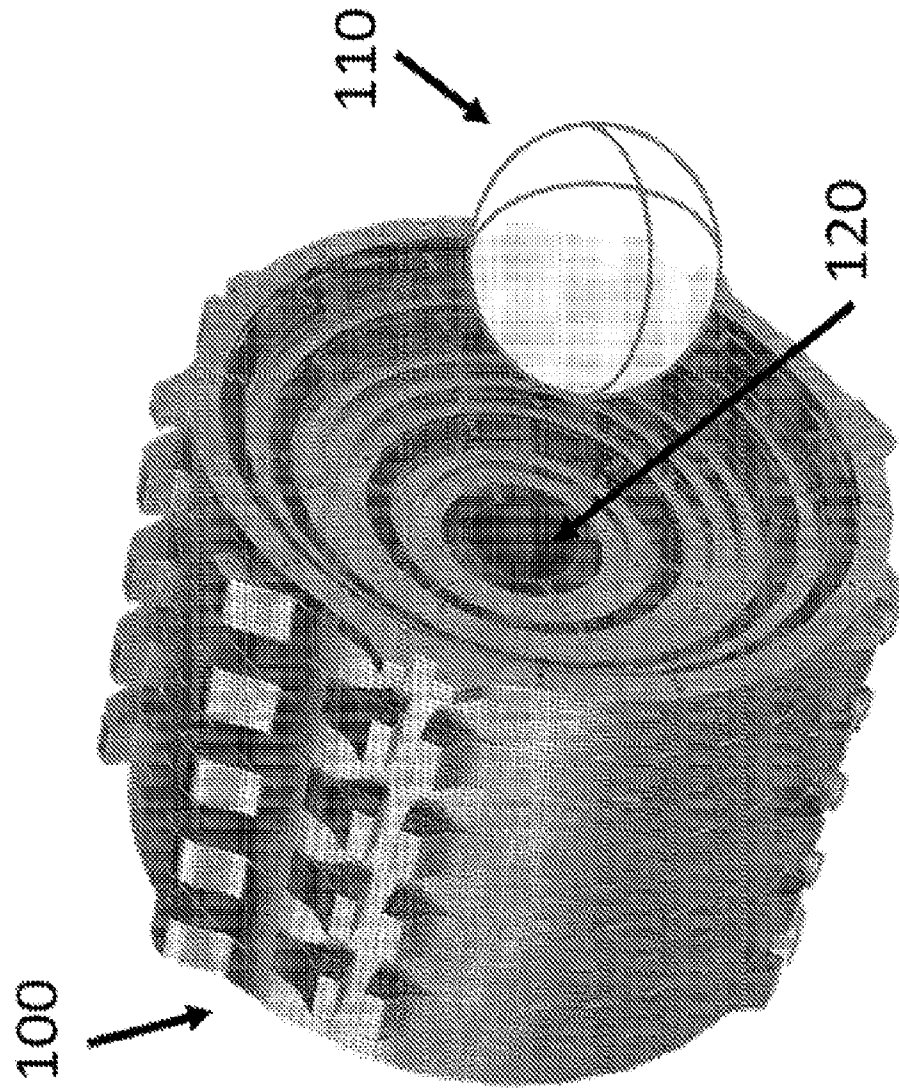


FIGURA 2

