

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 631 706**

51 Int. Cl.:

G01R 33/24 (2006.01)

G01R 33/28 (2006.01)

G01R 33/565 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.02.2014 PCT/FR2014/050276**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.08.2014 WO14125214**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.02.2014 E 14709993 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.04.2017 EP 2956786**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de medición para aplicaciones de resonancia magnética**

30 Prioridad:

14.02.2013 FR 1351285

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.09.2017

73 Titular/es:

**UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD LYON I (25.0%)
43 boulevard du 11 Novembre 1918
69622 Villeurbanne Cedex, FR;
INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES
APPLIQUÉES DE LYON (25.0%);
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (25.0%) y
UNIVERSITÉ DE RENNES 1 (25.0%)**

72 Inventor/es:

**SAINT-JALMES, HERVÉ y
BEUF, OLIVIER**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 631 706 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

Procedimiento y dispositivo de medición para aplicaciones de resonancia magnética

5 La presente invención se refiere al campo técnico de la resonancia magnética y, en particular, a los aparatos de RMN (Resonancia Magnética Nuclear, de IRM (Obtención de Imagen por Resonancia Magnética) y/o de SRM (Espectroscopia de Resonancia Magnética).

10 La presente invención se refiere más particularmente al campo de los instrumentos o de los dispositivos adaptados para medir los campos electromagnéticos de radiofrecuencias y los gradientes de campo magnético, así como el campo magnético estático aplicados a un objeto a estudiar por resonancia magnética.

15 Los aparatos de RMN, de IRM y/o de SRM son unos instrumentos complejos que implementan unos campos magnéticos de radiofrecuencia y unos gradientes de campo magnético para crear unas imágenes y/o unos espectros de una región del objeto o del cuerpo a estudiar. Estos campos se crean y organizan al ritmo de secuencias temporales cuyo cronograma teórico se describe en la literatura para unas familias genéricas de secuencias.

20 No obstante, la variabilidad de estas secuencias es extrema y depende de los fabricantes de estos aparatos. A excepción de la información evidente (tiempo de repetición, tiempo de eco, tipo de secuencia), los detalles de las secuencias utilizadas no se conocen. De este modo, es bastante difícil conocer de manera precisa las ocurrencias, las duraciones y las amplitudes de los campos utilizados. Sin embargo, es indispensable que se conozca esta información, con el fin de cuantificar las señales recogidas y, por lo tanto, las imágenes obtenidas. Además de los campos mencionados más arriba, la creación del campo magnético de radiofrecuencia de excitación implica la existencia de un campo eléctrico a la misma frecuencia que puede ser de amplitud importante y potencialmente peligroso para el paciente. Por lo tanto, su medición es igualmente valiosa. De hecho, cuanto más aumenta la intensidad del campo magnético de los aparatos de IRM y, por consiguiente, la frecuencia de trabajo, más se incrementa igualmente el depósito de energía en el paciente. El respeto de los límites normativos se hace esencial. De este modo, la medición del SAR (Specific Absorption Rate) se realiza en continuo en los aparatos de IRM clínicos. De nuevo, el resultado de esta medición no está directamente accesible para el usuario.

30 Por otra parte, incluso cuando el cronograma preciso de la secuencia se define y conoce bien por el usuario del aparato, los campos creados no siguen exactamente el mando. De hecho, diversas imperfecciones afectan a la creación de estos campos. La uniformidad espacial del campo de radiofrecuencia y/o la linealidad de los gradientes de campo magnético son imperfectas. La conmutación de los gradientes ocasiona igualmente la generación de corrientes de Foucault que perjudican la calidad de la codificación espacial de la información. Asimismo, las vibraciones mecánicas de las bobinas de gradientes o también unos desequilibrios entre los bobinados de gradientes pueden distorsionar esta codificación espacial. Si los barridos cartesianos del plano de Fourier permanecen bastante resistentes a estas imperfecciones, los barridos no cartesianos (en espiral, por ejemplo) que se utilizan cada vez más para reducir los tiempos de adquisición son muy sensibles a estos defectos. Por lo tanto, se hace indispensable medir de manera precisa las trayectorias realmente seguidas en el plano de Fourier de la imagen durante estos barridos, con el fin de tener en cuenta estas para reconstruir las imágenes. El conocimiento de estas trayectorias necesita de nuevo la medición de los campos magnéticos variables citados más arriba.

45 Para acceder a esta información, uno de los métodos utilizados consiste en conectar unos instrumentos de medición (osciloscopio) en la sala técnica a los diferentes amplificadores de radiofrecuencia y de gradientes sobre unas tomas de control previstas para ello. Esto supone, por una parte, una competencia técnica importante y, por otra parte, la posesión de aparatos de medición y de conectores apropiados, así como unas modalidades de conexión. Las ganancias de los diferentes elementos deben ser proporcionadas por el fabricante del aparato. Además, la medición de las corrientes no corresponde a la imagen exacta de los campos creados por estas corrientes en el imán.

50 En el estado de la técnica, se conoce igualmente por la publicación BENJAMIN EMANUEL DIETRICH ET AL: "A stand-alone system for concurrent gradient and RF sequence monitoring", PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR MAGNETIC RESONANCE IN MEDICINE, 20TH ANNUAL MEETING AND EXHIBITION, MELBOURNE, AUSTRALIA, 5-11 DE MAYO DE 2012, vol. 20, 21 de Abril de 2012, página 700, XP055081665 que una parte de los campos magnéticos aplicados al objeto a examinar puede medirse y visualizarse. A pesar de todo en esta técnica, la medición se basa en el fenómeno de RMN y, por lo tanto, cada sensor contiene una muestra que posee unos protones capaces de generar una señal de RMN una vez excitado. Por lo tanto, se trata de asociar a cada sensor un espectrómetro de RMN completo que comprende unos medios costosos y complejos de emisión y de recepción de radiofrecuencia. Por otra parte, para medir los gradientes de campo magnético en las tres direcciones del espacio, unos sensores en número de seis deben colocarse en pareja. Este sistema de medición se sustituye, por lo tanto, por el paciente u objeto a examinar. Finalmente, la medición de los campos de radiofrecuencia es indirecta y el campo eléctrico de radiofrecuencia E no se mide.

65 La presente invención tiene como finalidad, por lo tanto, remediar los inconvenientes de la técnica anterior proponiendo un aparato de medición para unas aplicaciones de resonancia magnética adaptado para medir de manera sencilla y fiable los campos electromagnéticos de radiofrecuencias y los gradientes de campo magnético

realmente aplicados a un objeto a examinar por resonancia magnética.

Para conseguir un objetivo de este tipo, la reivindicación 1 define un dispositivo de medición para unas aplicaciones de resonancia magnética, que incluye tres ejes de mediciones que corresponden al eje de un campo magnético principal y a los dos ejes transversales de un espacio cerrado o semiabierto en el cual se crean unos campos electromagnéticos de radiofrecuencias y unos gradientes de campo magnético.

Según la invención, el dispositivo incluye:

- 10 - en una carcasa de medición:
 - un sensor de medición de los campos magnéticos de radiofrecuencia que incluye un ensamblaje de bobinas de radiofrecuencias para medir los componentes de los campos magnéticos de radiofrecuencias según los dos ejes transversales,
 - 15 • un sensor de medición de los gradientes de campo magnético que incluye tres conjuntos de bobinas para medir los gradientes de campo magnético respectivamente según los tres ejes de medición,
 - un sensor de medición del campo eléctrico de radiofrecuencia que incluye dos hilos conductores eléctricos independientes montados de manera alineada estando rodeados cada uno de un material de fuerte permisividad dieléctrica relativa,
 - 20 • una etapa de acondicionamiento de las señales eléctricas suministradas por el sensor de medición de los campos magnéticos de radiofrecuencia, por el sensor de medición de los gradientes de campo magnético, por el sensor de medición del campo eléctrico de radiofrecuencia,
 - una etapa de conversión de las señales eléctricas suministradas por los diferentes sensores de medición, en unas señales luminosas,
 - 25 • una fuente de alimentación eléctrica de las etapas de acondicionamiento y de conversión,
- una unidad de mando y de tratamiento de las señales, conectada a la etapa de acondicionamiento de la carcasa de medición por medio de un haz de transmisión de las señales luminosas, incluyendo esta unidad una etapa de conversión de las señales luminosas en señales eléctricas conectadas a unos medios para dirigir en sincronismo, la adquisición de las señales eléctricas suministradas por los sensores de medición y que corresponden a las fuerzas electromotrices creadas por los diferentes campos en el interior del espacio,
- 30 - unos medios de visualización y/o de registro de las señales eléctricas suministradas por los sensores.

Además, el dispositivo según la invención puede presentar, además, en combinación al menos una y/u otra de las siguientes características adicionales:

- para el sensor de medición del campo eléctrico de radiofrecuencia, el material que rodea los hilos conductores presenta una permisividad dieléctrica relativa > 50 ,
- 40 - los hilos conductores eléctricos son de longitudes sustancialmente iguales y presentan en sus extremos próximos, unos bornes de conexión a la etapa de acondicionamiento,
- para el sensor de medición de los campos magnéticos de radiofrecuencias, el ensamblaje de bobinas incluye una bobina plana en forma de mariposa y una bobina plana que se extiende de manera paralela a la bobina de mariposa estando centrada con respecto a esta última,
- 45 - un sensor para medir el campo magnético principal y sus variaciones que incluye dos bobinas de tipo Helmholtz para medir las variaciones del campo magnético principal y una célula de efecto Hall para evaluar el campo magnético principal en amplitud y dirección,
- el sensor para medir las variaciones del campo magnético principal incluye dos bobinas que se inscriben en un cilindro de montaje en el cual se extienden igualmente los tres conjuntos de bobinas del sensor de medición de los gradientes de campo magnético, estando el ensamblaje de las bobinas de radiofrecuencias planas del sensor de medición de los campos magnéticos de radiofrecuencia posicionado en el interior del cilindro de montaje,
- 50 - los hilos conductores eléctricos del sensor de medición del campo eléctrico de radiofrecuencia se extienden de manera paralela al eje del cilindro de montaje.

55 Otro objeto de la invención es proponer un método sencillo y fiable para medir los campos electromagnéticos de radiofrecuencias y los gradientes de campo magnético realmente aplicados a un objeto a examinar por resonancia magnética.

Para conseguir un objetivo de este tipo, la reivindicación 8 define un procedimiento de medición para medir unos campos electromagnéticos de radiofrecuencias y unos gradientes de campo magnético generados en el interior de un espacio que permiten la implementación de aplicaciones de resonancia magnética sobre un objeto, que consiste:

- en posicionar en el interior del espacio en el cual el objeto de estudio está colocado, la carcasa del aparato de medición según la invención, que incluye unos sensores de medición de la imagen de los campos electromagnéticos de radiofrecuencias y de los gradientes de campo magnético aplicados sobre el objeto,
- 65 - en dirigir durante la aparición en los sensores del aparato de medición, de las fuerzas electromotrices creadas

por los diferentes campos aplicados sobre el objeto, la adquisición en sincronismo de las mediciones de los sensores del aparato de medición,

- y en registrar y/o visualizar los campos magnéticos de radiofrecuencias, los gradientes de campo magnético y el campo eléctrico de radiofrecuencia.

5 Además, el procedimiento según la invención puede consistir, además, en combinación al menos una y/u otra de las siguientes características adicionales:

- a partir de la medición del campo eléctrico de radiofrecuencia, en evaluar la dosis de energía específica,
- 10 - a partir de las mediciones realizadas, en realizar unas correcciones de las imágenes o de los espectros obtenidos,
- en corregir por cálculo trigonométrico, los valores medidos por los sensores de medición para recolocarlos en el sistema de referencia del campo magnético principal.

15 Otras diversas características se desprenden de la descripción hecha más abajo con referencia a los dibujos adjuntos que muestran, a título de ejemplos no limitativos, unas formas de realización del objeto de la invención.

La **Figura 1** es un esquema de principio de un aparato de resonancia magnética equipado con un dispositivo de medición conforme a la invención.

20 La **Figura 2** ilustra en perspectiva una forma de realización de los diferentes sensores de medición de una carcasa de medición que forma parte del dispositivo de medición conforme a la invención.

La **Figura 3** ilustra un ejemplo de realización de un sensor de medición de los campos magnéticos de radiofrecuencias.

25 Las **Figuras 4 a 6** son unas vistas en perspectiva que ilustran unas bobinas para medir unos gradientes de campo magnético según tres ejes diferentes de medición.

La **Figura 7** es una vista de un ejemplo de realización de un sensor de medición del campo eléctrico de radiofrecuencia.

30 Tal como se desprende esto de la **Fig. 1**, el objeto de la invención se refiere a un dispositivo de medición **1** para un aparato de resonancia magnética **2**, de cualesquiera tipos conocidos de por sí, tales como de RMN, de IRM o de SRM. De manera tradicional, el aparato de resonancia magnética **2** incluye un sistema de imanes **3** adaptado para generar un campo magnético principal estático B_0 en el interior de un espacio **4** en el cual está posicionado un objeto **5** a examinar, tal como un cuerpo humano o animal.

35 El aparato de resonancia magnética **2** incluye igualmente unas bobinas de gradiente **6** alimentadas por un bloque de alimentación **7**, para generar otros tres campos magnéticos que tienen un gradiente en las direcciones **x**, **y**, **z** que definen un sistema de coordenadas perpendiculares. De este modo, en el interior del espacio **5**, se crean unos gradientes de campos magnéticos según los ejes **x**, **y** y **z**.

40 El aparato de resonancia magnética **2** incluye igualmente una o varias bobinas emisoras de radiofrecuencia **9** que sirven para generar unos impulsos de **RF** de excitación magnética. Esta bobina emisora de radiofrecuencia **9** está conectada tradicionalmente a un circuito de emisión y a una unidad de control **10**.

45 Este aparato de resonancia magnética **2** posee una arquitectura tal que el espacio **4** que se presenta esté en forma de un espacio cerrado tal como un túnel cuyo eje longitudinal **z** según el cual el objeto **5** está colocado, corresponde al eje del campo magnético principal, esté en forma de un espacio semiabierto con acceso transversal en el cual el eje **z** del campo magnético principal es perpendicular al objeto **5**. El campo B_1 magnético de radiofrecuencia de emisión es perpendicular al eje del campo magnético principal B_0 y, por lo tanto, puede establecerse según uno u otro o los otros dos ejes transversales **x** o **y**. El aparato de resonancia magnética **2** no se describe de manera más detallada, ya que lo conoce bien el experto en la materia y no forma parte de manera precisa del objeto de la invención.

50 En la representación elegida en los dibujos, la más común, el eje principal del objeto **5** a examinar es paralelo al eje del campo magnético principal estático B_0 . Esta disposición condiciona la geometría de las bobinas de gradiente **6**, de las bobinas emisoras y receptoras **9** pero igualmente la geometría de los sensores conformes a la invención descrita a continuación. Por supuesto, existen otras configuraciones de aparatos de resonancia magnética que crean un campo magnético que no es colineal al eje del paciente. En este caso, las geometrías son diferentes, así como para los sensores conformes a la invención. No obstante, a partir de la descripción dada en la continuación de la descripción, un experto en la técnica está en disposición de transponer la descripción de la invención para adaptarse a otras configuraciones de aparatos de resonancia magnética.

60 Como se desprende esto de manera más precisa de la **Fig. 1**, el dispositivo de medición **1** según la invención incluye una carcasa de medición **12** destinada a estar colocada en el interior del espacio **4** en el cual el objeto de estudio **5** está posicionado. Esta carcasa de medición **12** está conectada por medio de un haz de transmisión **13**, a una unidad de mando y de tratamiento **14** de las señales, situada en el exterior del espacio **4**.

La carcasa de medición **12** está adaptada para medir una imagen de los campos electromagnéticos generados en el interior del espacio **4**.

5 Para ello, la carcasa de medición **12** incluye, como se ilustra en las **Fig. 2 y 3**, un sensor **15** de medición de los campos magnéticos de radiofrecuencias **B₁** que incluye un ensamblaje de bobinas de radiofrecuencias **16, 17** para medir los componentes magnéticos de los campos magnéticos de radiofrecuencias según los dos ejes transversales **x, y** es decir, en el plano **x, y** ortogonal al eje **z** del campo magnético **B₀**.

10 Debe señalarse que un sencillo bucle colocado en la bobina de emisión de radiofrecuencia que crea un campo **B₁** es la sede de una fuerza electromotriz e debida a la variación de flujo:

$$\varphi = B_1 \cos [\omega t] S$$

$$e = -\dot{\varphi}$$

15 Para unos campos magnéticos de radiofrecuencias **B₁** de algunos μT y unas frecuencias del orden del centenar de MHz ($\omega = 2 \pi f$), una superficie **S** del orden del cm^2 permite recoger unas decenas de mV a algunos V de señal de radiofrecuencia. En campo más escaso, el sensor puede presentar varias vueltas.

20 Los campos magnéticos de radiofrecuencias **B₁** creados están muy a menudo en cuadratura, de modo que dos ensamblajes de bobinas **16, 17** permiten, por lo tanto, recoger los dos componentes del campo de emisión. De manera que se conserve una geometría plana, la medición en cuadratura puede hacerse en la ayuda de un bucle de mariposa **16**. De este modo, el sensor de medición **15** puede incluir una bobina plana doble en forma de mariposa **16** y una bobina plana **17** que se extiende de manera paralela a la bobina doble, estando centrada con respecto a esta última. La bobina doble plana en forma de mariposa **16**, posee un primer bucle con un primer borne de conexión **16₁** situado en un extremo de este primer bucle y un segundo bucle colocado al lado y conectado al primer bucle, presentando un segundo borne de conexión **16₂** al extremo de este segundo bucle. La bobina plana **17** está realizada en forma de un bucle provisto en sus dos extremos colocados uno al lado del otro, de dos bornes de conexiones **17₁, 17₂**. La relación de las superficies de una bobina sencilla y de una bobina de mariposa depende del volumen sondeado para la medición del campo magnético de radiofrecuencia **B₁**.

35 La bobina sencilla **17** y la bobina de mariposa **16** están superpuestas y perfectamente centradas (sobre un circuito de doble cara, por ejemplo) para evitar cualquier diafonía entre las dos mediciones. Puede considerarse realizar las bobinas **16, 17** por tres espiras de forma rectangular del orden cada una de 1 cm de lado.

40 La carcasa de medición **12** incluye igualmente un sensor de medición **20** de los gradientes de campo magnético. Este sensor de medición **20** incluye, como se ilustra de manera más particular por las **Fig. 2, 4, 5 y 6**, tres conjuntos de bobinas **21, 22, 23** para medir los gradientes de campo magnético respectivamente según los tres ejes de medición **x, y, z**. De este modo, tres conjuntos de bobinas **21, 22, 23** están realizados para cubrir los tres ejes **x, y, z**.

45 La frecuencia relativamente escasa de los gradientes de campo magnético impone multiplicar las vueltas de las bobinas de medición para recuperar lo suficientemente de tensión. Se aprovecha el principio de reciprocidad emisión-recepción. Los gradientes de campo magnético necesarios para la localización espacial de la señal de IRM o también para la medición de coeficientes de difusión de RMN se crean por unos bobinados de geometrías conocidas. Para medir estos gradientes de campo, los tres conjuntos de bobinas son similares en reducción a los bobinados de gradientes **6**. El sensor de medición **20** mide intrínsecamente un gradiente de campo magnético, de modo que su posición en el espacio es arbitraria desde el momento en que está colocado en una región en la cual el gradiente de campo se crea y que su orientación es correcta.

50 Según un ejemplo de realización ilustrado en los dibujos, el sensor de medición **20** incluye:

- un primer conjunto de bobinas **21** de tipo GOLAY para medir el gradiente dBz/dy según el eje **y**, constituido tradicionalmente por dos parejas de bobinas y que presenta unos bornes de conexión **21a, 21b (Fig. 4)**,
- un segundo conjunto de bobinas **22** de tipo GOLAY para medir el gradiente dBz/dx según el eje **x**, constituido tradicionalmente por dos parejas de bobinas y que presenta unos bornes de conexión **22a, 22b (Fig. 5)**,
- un tercer conjunto de bobinas **23** de tipo MAXWELL para medir el gradiente dBz/dz según el eje **z** constituido por dos bobinas conectadas en serie y que presenta unos bornes de conexión **23a, 23b (Fig. 6)**.

60 Según una variante preferente de realización ilustrada en la **Fig. 2**, los tres conjuntos de bobinas **21, 22, 23** están montados para inscribirse en un cilindro de montaje **25**. Ventajosamente, el ensamblaje de las bobinas de radiofrecuencias planas del sensor de medición **15** de los campos magnéticos de radiofrecuencias está posicionado en el interior del cilindro de montaje **25**.

65 Según una característica preferente de realización, la carcasa de medición **12** incluye un sensor **30** para medir el campo magnético principal **B₀** y sus variaciones. Este sensor **30** incluye de este modo dos bobinas de tipo Helmholtz **31 (Fig. 2 y 6)** para medir las variaciones del campo magnético principal **B₀** y una célula **32** de efecto Hall para

evaluar el campo magnético principal B_0 en amplitud y dirección. Las dos bobinas de tipo Helmholtz **31** están montadas en serie y presentan unos bornes de conexiones **31a**, **31b**. De manera ventajosa, las dos bobinas **31** para medir las variaciones del campo magnético principal se inscriben igualmente en el cilindro de montaje **25**. Asimismo, la célula de efecto Hall **32** está montada en el interior del cilindro de montaje **25** y su orientación está definida de manera precisa con respecto a las de los sensores **15**, **20**, **30** y **40**. La célula de efecto Hall **32** permite de este modo medir la amplitud del campo magnético principal B_0 y, por lo tanto, deducir de ello la frecuencia de trabajo del aparato para adaptar la amplificación de las señales que provienen de los sensores de medición **15** y **40** en relación con sus funciones de transferencia. Por otra parte, el conocimiento de los dos ángulos (azimut y elevación) del conjunto de los sensores de medición con respecto al eje del campo magnético principal B_0 del aparato permite corregir por un sencillo cálculo trigonométrico los valores medidos por estos sensores para recolocarlos en el sistema de referencia del campo magnético principal B_0 o modificar la alineación del conjunto del sistema de medición para alinearlo con el campo magnético principal B_0 .

La carcasa de medición **12** incluye igualmente un sensor de medición **40** del campo eléctrico de radiofrecuencia. Este sensor **40** mide los campos eléctricos generados en el espacio **4** por el campo magnético de radiofrecuencia creado para bascular la imantación nuclear. Tal como se ilustra en la **Fig. 7**, este sensor de medición **40** incluye dos hilos conductores eléctricos independientes **41**, **42** montados de manera alineada estando rodeados cada uno por un material de fuerte permisividad dieléctrica relativa **43**. Ventajosamente, el material que rodea los hilos conductores **41**, **42** presenta una permisividad dieléctrica relativa > 50 .

De este modo, para una frecuencia del campo eléctrico dada, las longitudes de onda asociadas:

$$\lambda = \lambda_0(\epsilon_r)^{1/2}$$

en el sensor son bastante más cortas que las λ_0 del campo en el aire y permiten, por lo tanto, medir de manera eficaz el campo eléctrico local con un sensor de dimensiones reducidas.

De entre los materiales de fuerte permisividad, el más sencillo es el agua cuya permisividad relativa es del orden de 80 a las frecuencias consideradas. El agua en forma líquida es difícilmente utilizable por razones prácticas evidentes. Se propone gelificar esta agua con la ayuda de agar-agar. La solución de agua y de agar-agar (en algunos porcentajes), así como de una ínfima cantidad de conservante (NaN₃, por ejemplo) se lleva a una temperatura de 80 °C, el enfriamiento a temperatura ambiente proporciona un gel sólido en el cual se insertan los conductores eléctricos **41**, **42** tales como unas hebras de cobre.

Ventajosamente, el sensor de medición **40** está montado en la carcasa de manera que los hilos conductores eléctricos **41**, **42** del sensor de medición del campo eléctrico de radiofrecuencia se extienden de manera paralela al eje del cilindro de montaje **25**.

Ventajosamente, los hilos conductores eléctricos **41**, **42** son de longitudes sustancialmente iguales. Estos hilos conductores **41**, **42** presentan en sus extremos próximos, unos bornes de conexión **45**, a una etapa de acondicionamiento no representada, pero integrada en el interior de la carcasa **12**.

Esta etapa permite acondicionar las señales eléctricas suministradas por los diferentes sensores de medición, esto es, por el sensor de medición **15** de los campos magnéticos de radiofrecuencias, por el sensor de medición **20** de los gradientes de campo magnético, por el sensor **30** para medir el campo magnético principal y sus variaciones y por el sensor de medición **40** del campo eléctrico de radiofrecuencia.

La carcasa de medición **12** incluye igualmente una etapa de conversión de las señales eléctricas suministradas por los diferentes sensores de medición **15**, **20**, **30**, **40** en unas señales luminosas. Por supuesto, la carcasa de medición **12** incluye una fuente de alimentación eléctrica para las etapas de acondicionamiento y de conversión. A título de ejemplo, la carcasa de medición **12** presenta unas dimensiones reducidas del orden de 12 cm de largo, 8 cm de ancho por 4 cm de alto.

Las señales luminosas de medición se encaminan por medio del haz de transmisión **13** a la unidad de mando y de tratamiento **14** sin estar sometidas a unas perturbaciones relacionadas con los campos creados en el interior del espacio **4**. La unidad de mando y de tratamiento **14** está colocada en cualquier sitio adaptado fuera del espacio **4**.

Esta unidad de mando y de tratamiento **14** incluye una etapa de conversión de las señales luminosas en señales eléctricas, conectada a unos medios para dirigir en sincronismo, la adquisición de las señales eléctricas suministradas por los sensores de medición.

Debe considerarse que la carcasa de medición **12** es pasiva en el sentido en que las mediciones se efectúan únicamente a partir de la aparición en uno y/u otro de los sensores de medición de una fuerza electromotriz creada por los diferentes campos.

Esta unidad de mando y de tratamiento **14** incluye unos medios de registro y/o de visualización de las señales eléctricas suministradas por los sensores. De este modo, esta unidad **14** permite registrar y/o visualizar las

mediciones del campo magnético de radiofrecuencia, de los gradientes de campo magnético según los tres ejes, del campo eléctrico de radiofrecuencia y/o del campo magnético principal y sus variaciones.

5 De la descripción que antecede se desprende que el dispositivo de medición **1** según la invención permite medir de manera homotética, directamente en el interior del espacio **4** en el cual el objeto a examinar está posicionado, los diferentes campos creados por un aparato de resonancia magnética **2**.

10 La implementación del dispositivo de medición **1** según la invención se deriva directamente de la descripción que antecede.

La carcasa de medición **12** está colocada en el interior del espacio **4**, en la proximidad, por ejemplo, del objeto **5** a examinar. Debe señalarse que el tamaño reducido de la carcasa de medición **12** permite su posicionamiento en el interior del espacio **4** mientras que el objeto **5** está colocado igualmente en el interior del espacio **4**.

15 Se recuerda que esta carcasa de medición **12** es pasiva de modo que una medición se realiza únicamente durante el funcionamiento del aparato de resonancia magnética **2** que crea en el interior del espacio **4**, unos campos electromagnéticos de radiofrecuencias y unos gradientes de campo magnético.

20 Durante la generación de tales campos por el aparato de resonancia magnética **2**, unas fuerzas electromotrices se crean en uno y/u otro de los sensores de medición de la carcasa de medición **1**. Desde el momento de la aparición de una fuerza electromotriz, la unidad de mando **14** dirige, en sincronismo, los diferentes sensores de medición de la carcasa de medición **12** con el fin de medir las señales correspondientes según una base temporal. Estas diferentes señales se visualizan y/o registran de manera que se conozcan, por medición homotética, los campos magnéticos de radiofrecuencias, los gradientes de campo magnético y el campo eléctrico de radiofrecuencia.

25 Estas mediciones permiten determinar en sincronismo y en tiempo real el conjunto de los campos de radiofrecuencia, de los gradientes de campo magnético y del campo principal realmente creados en el aparato de espectroscopia y/o de obtención de imágenes por RMN durante el examen. Esta información es útil en numerosas aplicaciones: durante el desarrollo de una secuencia de obtención de imagen o de espectroscopia una compañía que desarrolla estos aparatos de obtención de imágenes o unos investigadores para descodificar la secuencia completa de los campos utilizados para crear la imagen o el espectro de RMN buscado y controlar rápidamente y de manera eficaz la buena implementación de la secuencia. A partir del conocimiento preciso de los campos realmente aplicados (barrido efectivo del espacio k, por ejemplo), puede considerarse realizar, en caso necesario, unas correcciones de las imágenes o de los espectros obtenidos.

30 Asimismo, la medición del campo eléctrico de radiofrecuencia permite evaluar la dosis de energía específica (DAS o SAR: Specific Absorption rate) desarrollada por la secuencia según las técnicas conocidas por el experto en la materia.

35 La invención no se limita a los ejemplos descritos y representados, ya que pueden aportársele diversas modificaciones sin salirse de su ámbito.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de medición para aplicaciones de resonancia magnética, que incluye tres ejes de mediciones (**x, y, z**) que corresponden al eje (**3**) de un campo magnético principal y a los dos ejes transversales (**x, y**) de un espacio cerrado o semiabierto (**4**) en el cual se crean unos campos electromagnéticos de radiofrecuencias y gradientes de campo magnético, **caracterizado por que** incluye:
- en una carcasa de medición (**12**):
 - un sensor de medición (**15**) de los campos magnéticos de radiofrecuencia que incluye un ensamblaje de bobinas de radiofrecuencias (**16, 17**) para medir los componentes de los campos magnéticos de radiofrecuencias según los dos ejes transversales (**x, y**),
 - un sensor de medición (**20**) de los gradientes de campo magnético que incluye tres conjuntos de bobinas (**21, 22, 23**) para medir los gradientes de campo magnético respectivamente según los tres ejes de medición (**x, y, z**),
 - un sensor de medición (**40**) del campo eléctrico de radiofrecuencia que incluye dos hilos conductores eléctricos independientes (**41, 42**) montados de manera alineada, estando rodeados cada uno de un material de fuerte permisividad dieléctrica relativa (**43**),
 - una etapa de acondicionamiento de las señales eléctricas suministradas por el sensor de medición (**15**) de los campos magnéticos de radiofrecuencia, por el sensor de medición (**20**) de los gradientes de campo magnético, por el sensor de medición del campo eléctrico de radiofrecuencia (**40**),
 - una etapa de conversión de las señales eléctricas suministradas por los diferentes sensores de medición, en unas señales luminosas,
 - una fuente de alimentación eléctrica de las etapas de acondicionamiento y de conversión,
 - una unidad de mando y de tratamiento (**14**) de las señales, conectada a la etapa de acondicionamiento de la carcasa de medición (**12**) por medio de un haz de transmisión de las señales luminosas (**13**), incluyendo esta unidad, una etapa de conversión de las señales luminosas en señales eléctricas conectadas a unos medios para dirigir en sincronismo, la adquisición de las señales eléctricas suministradas por los sensores de medición y que corresponde a las fuerzas electromotrices creadas por los diferentes campos en el interior del espacio (**4**),
 - unos medios de visualización y/o de registro de las señales eléctricas suministradas por los sensores.
2. Dispositivo de medición según la reivindicación 1, **caracterizado por que** para el sensor de medición del campo eléctrico de radiofrecuencia (**40**), el material (**43**) que rodea los hilos conductores (**41, 42**) presenta una permisividad dieléctrica relativa > 50 .
3. Dispositivo de medición según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** los hilos conductores eléctricos (**41, 42**) son de longitudes sustancialmente iguales y presentan en sus extremos próximos, unos bornes (**45**) de conexión a la etapa de acondicionamiento.
4. Dispositivo de medición según la reivindicación 1, **caracterizado por que** para el sensor de medición (**15**) de los campos magnéticos de radiofrecuencia, el ensamblaje de bobinas incluye una bobina plana en forma de mariposa (**16**) y una bobina plana (**17**) que se extiende de manera paralela a la bobina de mariposa estando centrada con respecto a esta última.
5. Dispositivo de medición según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** incluye un sensor (**30**) para medir el campo magnético principal y sus variaciones que incluye dos bobinas de tipo Helmholtz (**31**) para medir las variaciones del campo magnético principal (**B₀**) y una célula (**32**) de efecto Hall para evaluar el campo magnético principal (**B₀**) en amplitud y dirección.
6. Dispositivo de medición según la reivindicación 5, **caracterizado por que** el sensor (**30**) para medir las variaciones del campo magnético principal incluye dos bobinas (**31**) que se inscriben en un cilindro de montaje (**25**) en el cual se extienden asimismo los tres conjuntos de bobinas (**21, 22, 23**) del sensor de medición (**20**) de los gradientes de campo magnético, estando el ensamblaje de las bobinas de radiofrecuencias planas del sensor de medición (**15**) de los campos magnéticos de radiofrecuencia posicionado en el interior del cilindro de montaje.
7. Dispositivo de medición según la reivindicación 6, **caracterizado por que** los hilos conductores eléctricos (**41, 42**) del sensor de medición (**40**) del campo eléctrico de radiofrecuencia se extienden de manera paralela al eje del cilindro de montaje.
8. Procedimiento para medir unos campos electromagnéticos de radiofrecuencias y unos gradientes de campo magnético generados en el interior de un espacio (**4**) que permiten la implementación de aplicaciones de resonancia magnética sobre un objeto (**5**), consistiendo el procedimiento:
- en posicionar en el interior del espacio (**4**) en el cual el objeto de estudio (**5**) está colocado, la carcasa (**12**) del aparato de medición (**1**) conforme a la reivindicación 1, que incluye unos sensores de medición (**15, 20, 40**) de la

imagen de los campos electromagnéticos de radiofrecuencias y de los gradientes de campo magnético aplicados sobre el objeto **(5)**,

- 5 - en dirigir durante la aparición en los sensores del aparato de medición **(1)**, de las fuerzas electromotrices creadas por los diferentes campos aplicados sobre el objeto, la adquisición en sincronismo de las mediciones de los sensores del aparato de medición,
- y en registrar y/o visualizar los campos magnéticos de radiofrecuencias, los gradientes de campo magnético y el campo eléctrico de radiofrecuencia.

10 9. Procedimiento de medición según la reivindicación 8, **caracterizado por que** consiste en evaluar la dosis de energía específica a partir de la medición del campo eléctrico de radiofrecuencia.

10 10. Procedimiento de medición según la reivindicación 9, **caracterizado por que** consiste en realizar unas correcciones de las imágenes o de los espectros obtenidos, a partir de las mediciones realizadas.

15 11. Procedimiento de medición según la reivindicación 8, **caracterizado por que** consiste en corregir por cálculo trigonométrico, los valores medidos por los sensores de medición para recolocarlos en el sistema de referencia del campo magnético principal **(B₀)**.

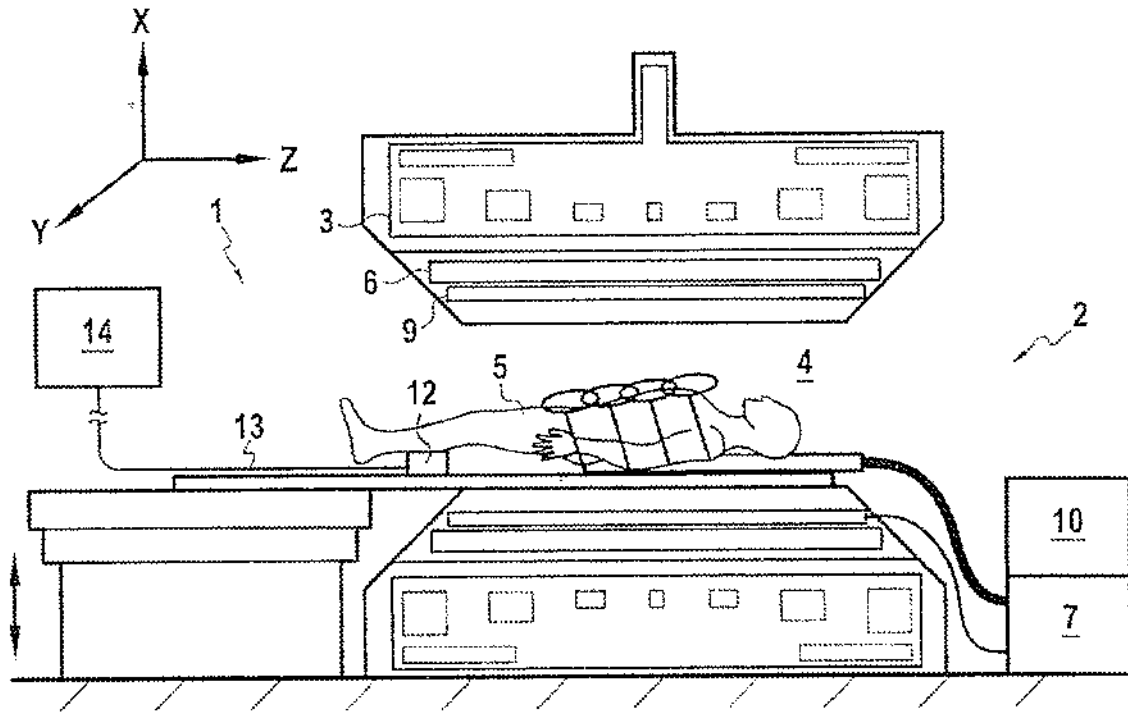


FIG. 1

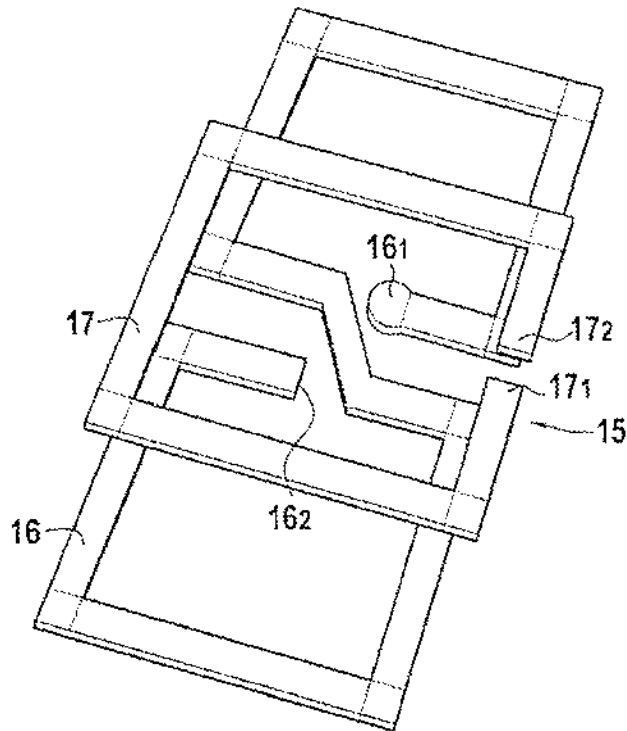


FIG. 3

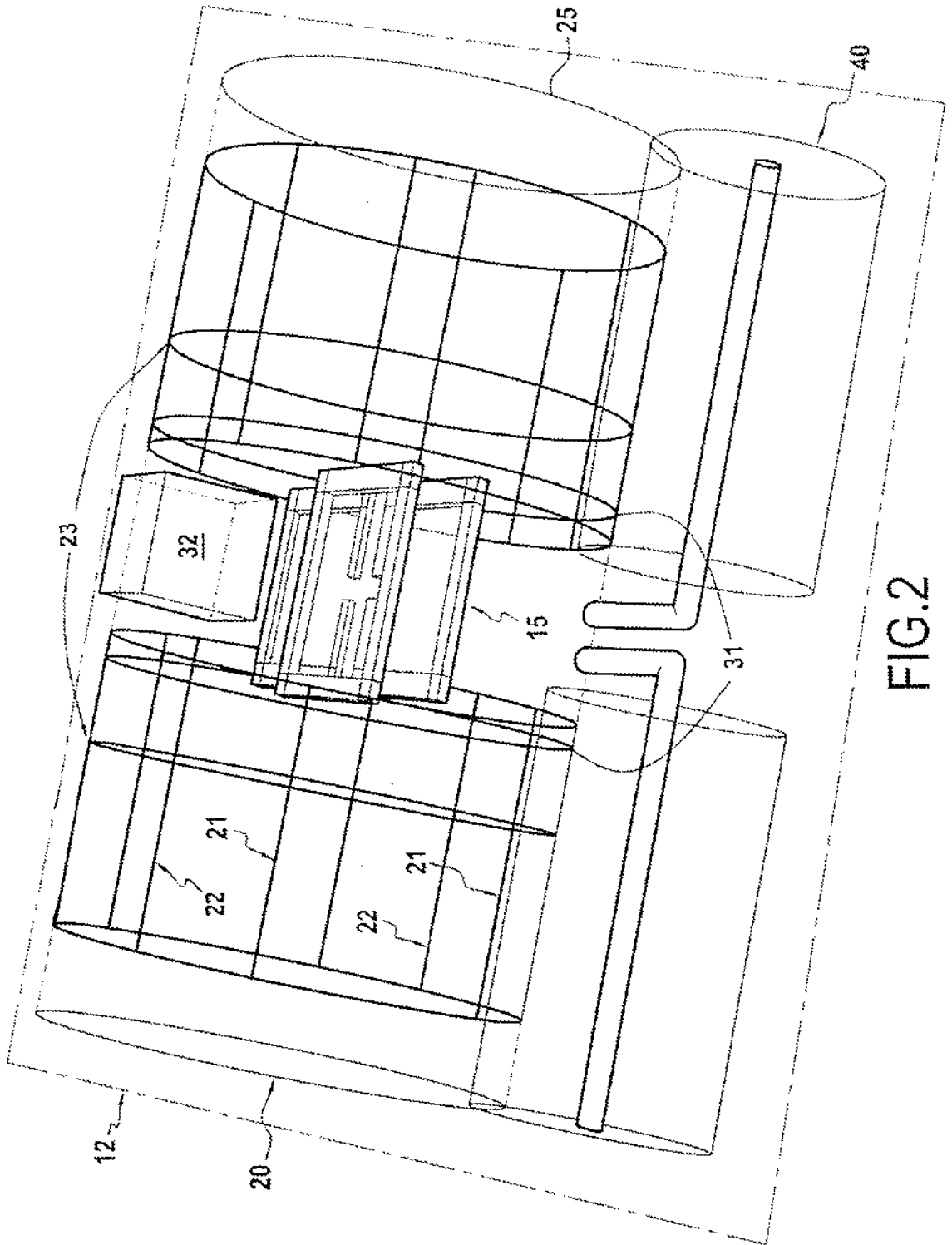
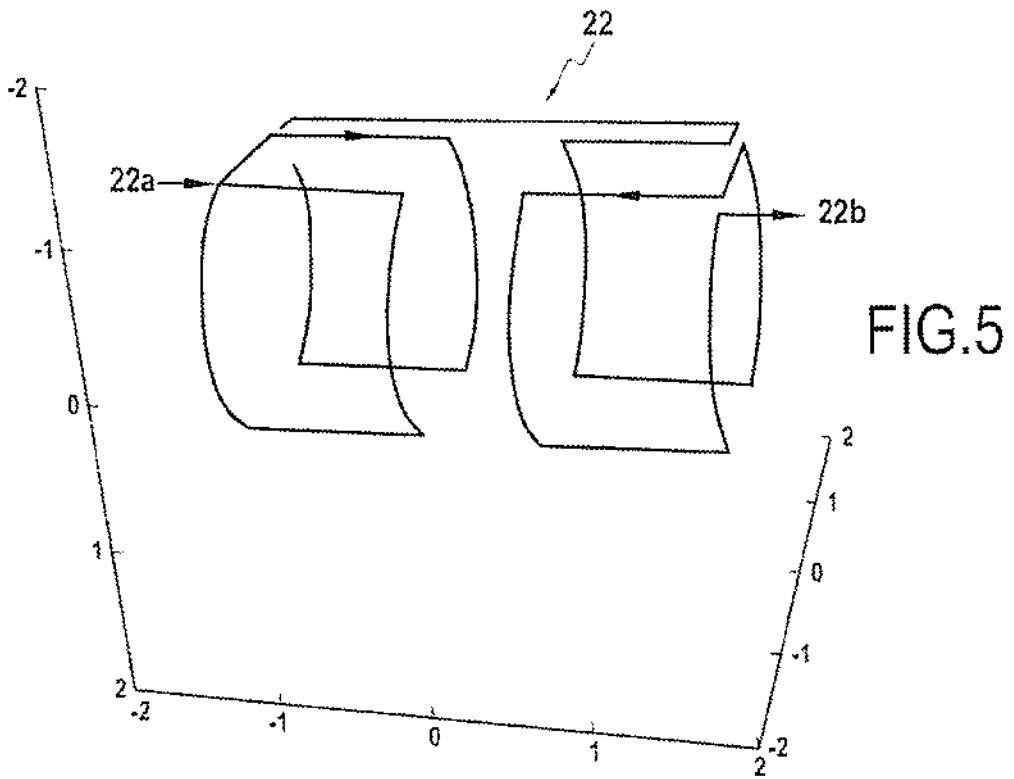
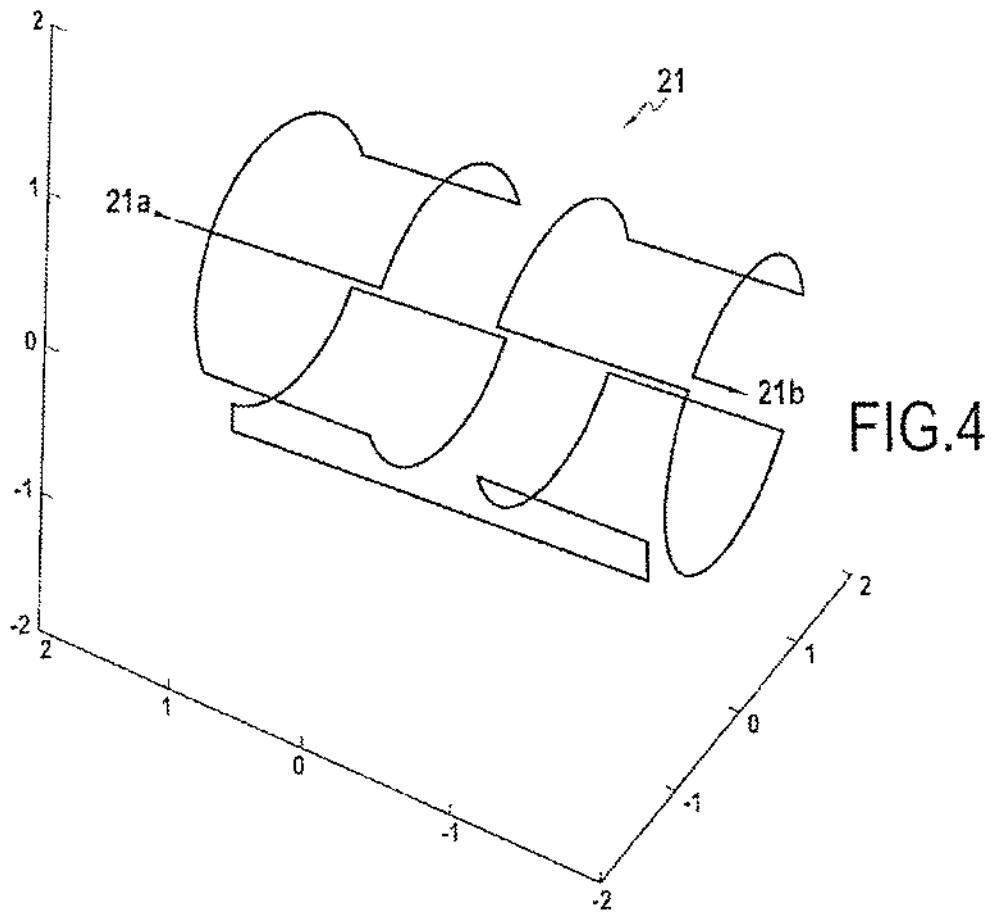


FIG. 2



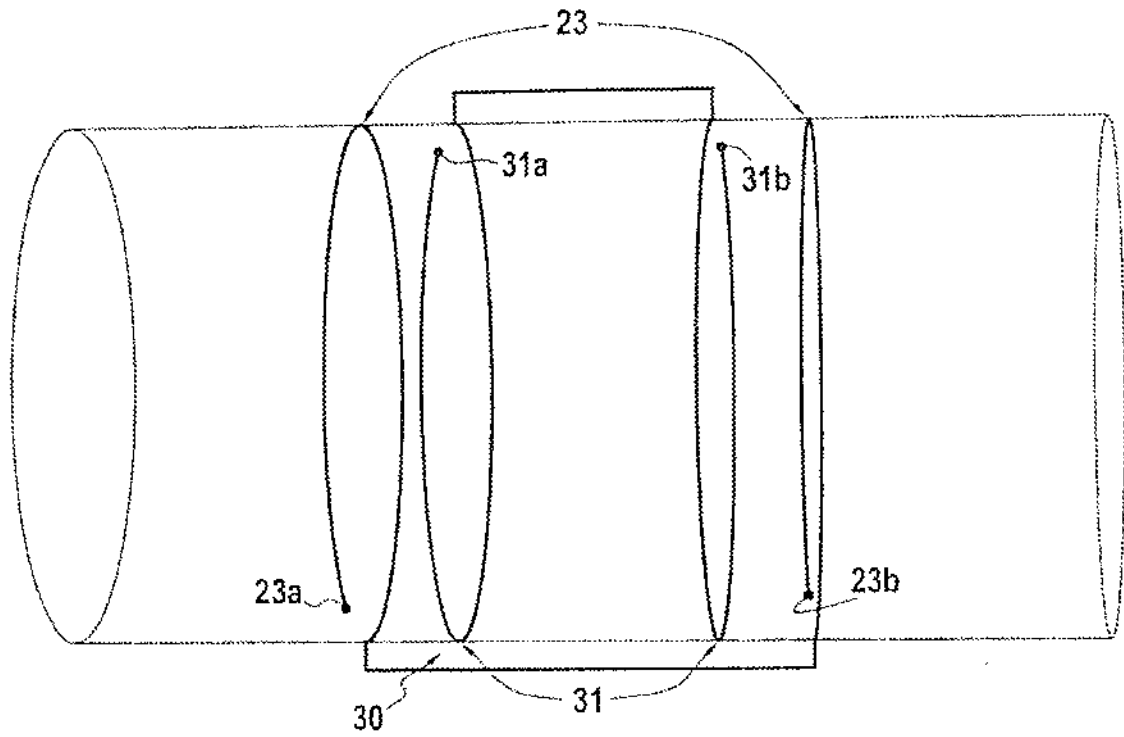


FIG. 6

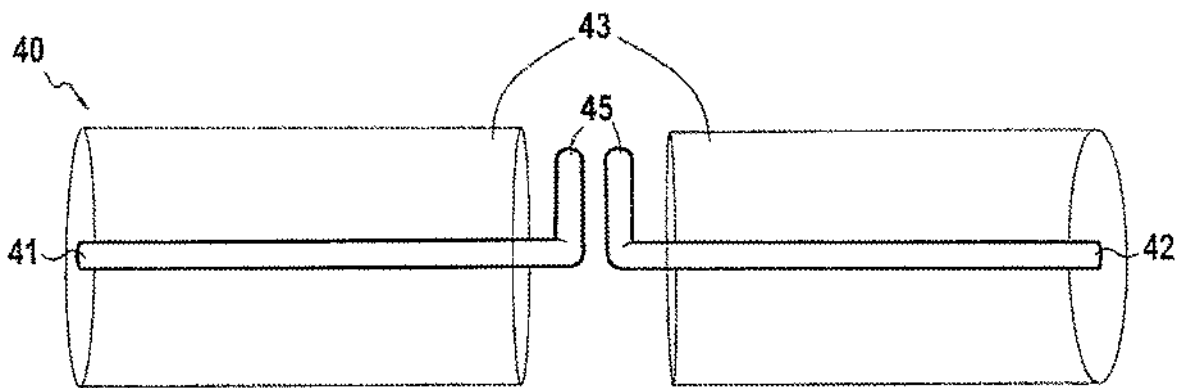


FIG. 7