(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 699 265**

(51) Int. CI.:

A61B 5/05 (2006.01)
G01V 3/08 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.06.2012 PCT/GB2012/051500**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **03.01.2013 WO13001292**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.06.2012 E 12761755 (3)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.09.2018 EP 2725973**

(54) Título: **Aparato para detectar objetos ferromagnéticos y examinar personas y equipo**

(30) Prioridad:

29.06.2011 GB 201111067

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.02.2019

(73) Titular/es:

METRASENS LIMITED (100.0%)
Malvern Hills Science Park Geraldine Road
Malvern, Worcestershire WR14 3SZ, GB

(72) Inventor/es:

GOODYEAR, SIMON WRAY;
COLLINGE, SIMON EDWARD JAMES y
KEENE, MARK NICHOLAS

(74) Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

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

Aparato para detectar objetos ferromagnéticos y examinar personas y equipo

La presente invención se refiere a un aparato para detectar la presencia de objetos ferromagnéticos en una persona, en particular a un aparato para usarse en una examinación previa de pacientes antes de entrar en una sala que contiene un escáner de obtención de imágenes por resonancia magnética (MRI). También se refiere a un método de examinación de un paciente.

En el documento GB 2 395 276 se enseña un aparato que puede detectar objetos ferromagnéticos proporcionando medios de sensor principales que comprenden sensores magnéticos pasivos primero y segundo que detectan las perturbaciones en el campo magnético ambiental que se producen a medida que el objeto se mueve a través del campo. El aparato también incluye medios de sensor no magnético secundarios que detectan el movimiento de objetos en las proximidades de los medios de sensor principales. Si tanto los medios de detección principales como los secundarios detectan un objeto en movimiento se dispara una alarma. Se propone en esa patente que el aparato pueda estar montado en la pared en cada lado de una entrada a una sala que contiene un aparato de obtención de imágenes por resonancia magnética, estando los medios de sensor secundarios dispuestos para detectar objetos que se aproximan o que están a punto de pasar a través de la entrada. Dado que tanto el sensor primario como el secundario deben detectar el objeto esta disposición ayuda a reducir falsas alarmas.

El aparato descrito anteriormente funciona muy bien para avisar a personas de que, de manera intencional, están a punto de llevar un objeto ferromagnético a una sala de MRI. Se conoce que, en el pasado, han existido varios accidentes desafortunados que se han producido debido a un objeto ferroso que ha entrado en una sala de MRI y que se ha impulsado magnéticamente, a una velocidad elevada, en la máquina de MRI dentro de la sala. Esto se denomina el efecto proyectil, y se describe ampliamente en el documento GB 2 395 276.

De manera ideal, antes de que una persona intente entrar a una sala que contiene una máquina de MRI se someterá a una examinación para detectar objetos magnéticos. Esto requiere que una persona cualificada en MRI lleve a cabo un procedimiento de examinación en el paciente antes de aproximarse a la sala. En combinación con el uso de un detector opcional en la puerta de la sala, el riesgo de que la persona introduzca un objeto magnético en la sala se ve reducido exponencialmente.

Además, un paciente, de manera inadvertida, puede transportar objetos ferromagnéticos que no son suficientemente sustanciales como para suponer un peligro de efecto proyectil. Tales objetos pueden provocar la degradación en la imagen de MRI y requieren que el paciente vuelva a examinarse. Esto reduce la eficacia del procedimiento de examinación de MRI en hospitales. Ejemplos de objetos en esta categoría incluyen horquillas de pelo, relojes de pulsera y broches y pasadores de joyería.

El documento US 2003/171669 A1 da a conocer un protector de MRI para impedir que artículos ferrosos entren en una sala de MRI. Se proporcionan sensores en la puerta de la sala de MRI, lo que proporciona un aviso si se detecta un objeto ferroso.

El documento US 2006/145691 A1 da a conocer un pilar de detección ferromagnética adaptado para detectar objetos ferromagnéticos en cualquier lado del pilar. Pueden usarse dos o más pilares de este tipo para definir un portal.

El documento US 2006/158331 A1 da a conocer un pilar de detección ferromagnética adaptado para detectar objetos ferromagnéticos en un lado del pilar. Pueden usarse dos o más pilares de este tipo para definir un portal.

El documento WO 2008/028487 A1 da a conocer un sistema para monitorizar electrónicamente productos en una tienda con fines antirrobo. Dos sensores de metal están dispuestos en posiciones horizontales, por encima y por debajo de una zona de detección, respectivamente.

El documento US 2007/052411 A1 da a conocer un método y aparato para examinar pacientes para detectar objetos ferromagnéticos. El aparato puede manipularse para colocar los sensores en proximidad cercana a partes seleccionadas del cuerpo de un paciente, con fines de examinación.

Según la divulgación, se proporciona un aparato para detectar un objeto ferromagnético ubicado sobre o en una persona que se examina, comprendiendo el aparato:

un primer sensor magnético que durante su uso mide un gradiente o campo magnético ambiental dentro de un primer volumen de espacio y produce una señal de medición correspondiente,

una fuente de alimentación principal que proporciona potencia a los sensores magnéticos,

un circuito de procesamiento de señal dispuesto en comunicación con los sensores magnéticos configurado para identificar variaciones temporales en la señal de medición y a partir de las variaciones temporales identificadas proporcionar una señal de salida que indica la presencia de un objeto ferromagnético dentro del primer volumen de espacio, y

un dispositivo de aviso que puede hacerse funcionar mediante la salida procedente del circuito de procesamiento de señal para proporcionar en las proximidades del aparato al menos uno de un aviso visible y uno auditivo en respuesta a la señal de salida procedente del circuito de procesamiento de señal,

y caracterizado porque el aparato incluye medios de entrada que pueden hacerse funcionar por el usuario lo que permite que el dispositivo de aviso se desactive por un usuario sin apagar los sensores magnéticos.

Lo más preferiblemente, el aparato también incluye un segundo sensor magnético que durante su uso mide un gradiente o campo magnético ambiental dentro de un segundo volumen de espacio que solapa al menos parcialmente el primer volumen de espacio y produce una señal de medición correspondiente, y un circuito de procesamiento de señal está dispuesto en comunicación con los sensores magnéticos primero y segundo y está configurado para identificar variaciones temporales en la señal de medición y a partir de las variaciones temporales identificadas proporcionar una señal de salida que indica la presencia de un objeto ferromagnético dentro de las regiones de solapado de los dos volúmenes de espacio. Esto puede aumentarse fácilmente a tres o cuatro o más sensores magnéticos.

Por una región de solapado de dos volúmenes de espacio localizados se entiende un espacio en una región conocida que es cercana al aparato, normalmente de hasta 1 metro del aparato dentro de la que puede ubicarse una persona que va a examinarse. El espacio debe ser lo suficientemente grande como para rodear por completo una persona de una altura del percentil 99 o mayor cuando se encuentra de pie al lado del aparato. Cada uno de los sensores puede responder a objetos ferromagnéticos que se mueven fuera de ese espacio, pero, generalmente, será menos sensible a objetos que se encuentran más alejados.

El circuito de procesamiento de señal puede incluir uno o más filtros y las señales de salida procedentes de los dos sensores pueden hacerse pasar a través del uno o más filtros. Los filtros pueden incluir un filtro paso bajo, y pueden incluir un filtro paso alto. Estos pueden combinarse en un filtro paso banda. El filtro paso alto puede estar configurado para eliminar frecuencias por encima de, por ejemplo, 10Hz, que corresponden normalmente a cambios en el campo magnético provocados por aparatos eléctricos cercanos. El filtro paso bajo puede estar configurado para eliminar frecuencias por debajo de, por ejemplo, 0,2 Hz, que corresponden principalmente al campo magnético del entorno producido por la tierra que cambia muy despacio con el paso del tiempo.

Cuando la salida de los sensores se hace pasar a través de un filtro, los medios de entrada que pueden hacerse funcionar por el usuario pueden permitir que el dispositivo de aviso se desactive sin apagar el filtro. Tales filtros pueden requerir mucho tiempo para estabilizarse, de modo que garantizar que no se apagan puede reducir el tiempo requerido para que el aparato se active cuando los medios de entrada que pueden hacerse funcionar por el usuario se hacen funcionar. Al desactivar el dispositivo de aviso se elimina el sentimiento no deseado experimentado por cierto personal de MRI cualificado de que están siendo sometidos a monitorización de manera constante, e impide la emisión de falsas alarmas cuando pasan cerca del aparato con objetos ferromagnéticos durante su trabajo cotidiano cuando, de hecho, no están usando el aparato para examinar a un paciente.

Hacer funcionar los medios de entrada que pueden hacerse funcionar por el usuario puede alterar el valor de una señal eléctrica de corriente relativamente baja, desactivando o activando el aparato el dispositivo de aviso según el valor de esa señal. Por señal eléctrica de corriente relativamente baja se entiende una señal de menos de 1 mAmp tal como una señal lógica digital mediante la que los medios de entrada cambian el nivel lógico de la señal según si el usuario ha activado o desactivado el dispositivo de aviso. Por corriente relativamente baja se entiende una corriente que es considerablemente inferior a la corriente extraída por los medios de procesamiento de señal o dispositivo de aviso.

La señal puede transportarse desde el dispositivo de entrada que puede hacerse funcionar por el usuario a lo largo de cables de par trenzado.

El solicitante ha apreciado que es deseable minimizar la corriente que fluye a través de cables hasta y desde el dispositivo de entrada porque la señal variable puede generar un flujo magnético que puede reconocerse por los sensores, lo que conlleva la generación de señales de aviso falsas. Cuanto menor sea la corriente más pequeño será el campo y de modo que será menos probable que esto suceda.

El aparato puede incluir una segunda fuente de alimentación que proporciona en una salida potencia para el dispositivo de aviso, pudiendo la salida de la fuente de alimentación conmutarse entre un nivel en el que se activa la potencia al dispositivo de aviso y un nivel en el que se desactiva la potencia al dispositivo de aviso, dependiendo la condición de la salida del valor de la señal procedente de los medios de entrada que pueden hacerse funcionar por el usuario. Por ejemplo, la fuente de alimentación puede incluir un circuito de control digital que puede recibir la señal procedente de los medios de entrada que pueden hacerse funcionar por el usuario en un terminal de entrada, lo que provoca que se encienda o apague la salida procedente de la fuente de alimentación.

La segunda fuente de alimentación puede conmutarse de manera independiente de la primera fuente de alimentación, lo que garantiza que la potencia a los sensores magnéticos y los filtros (si estuvieran presentes) no se interrumpe.

La fuente de alimentación secundaria puede alimentarse desde una salida de potencia de la primera fuente de alimentación. Tanto la primera fuente de alimentación como la segunda fuente de alimentación pueden comprender conversores CC-CC y cada uno puede proporcionar una señal de salida de CC de polaridad dual, que tiene una tensión de salida positiva y negativa.

Puede proporcionarse una tercera fuente de alimentación. Esto puede proporcionar potencia a la primera fuente de alimentación y a la segunda fuente de alimentación si estuvieran presentes. Puede comprender una batería, o puede comprender un conversor CA-CC que puede tomar una entrada procedente de una red de distribución y proporcionarse como salida una señal de CC adecuada para la entrada a las otras fuentes de alimentación.

La salida de la fuente de alimentación (fuentes) puede estar conectada a los medios de procesamiento de señal y al dispositivo de aviso a través de un cable de par trenzado. Este puede comprender dos cables conductores que están rodeados, respectivamente, por fundas de aislamiento y que entonces se trenzan en conjunto a lo largo de su longitud. Cada cable conductor puede comprender, a su vez, dos hilos individuales de alambre conductor que se trenzan en conjunto a lo largo de su longitud dentro de las fundas de aislamiento. El trenzado ayuda a minimizar el flujo magnético que se irradia del cable hacia los sensores, reduciendo o eliminando avisos falsos.

Como alternativa a los medios de entrada que pueden hacerse funcionar por el usuario que producen una señal de nivel relativamente bajo que se usa para apagar o encender la salida de una fuente de alimentación secundaria, los medios de entrada que pueden hacerse funcionar por el usuario pueden comprender un conmutador que está dispuesto en serie entre al menos una salida de la primera fuente de alimentación, o segunda fuente de alimentación si estuviera presente, y el dispositivo de aviso. Por tanto, en lugar de una señal de nivel bajo el dispositivo de usuario interrumpirá el suministro de corriente relativamente superior alimentado al dispositivo de aviso. Sin embargo, esto puede no ser preferible por los motivos ya mencionados dependiendo de las posiciones relativas de la fuente de alimentación y los medios de entrada que pueden hacerse funcionar por el usuario ya que es deseable minimizar la cantidad de cable dentro del aparato a lo largo del que se desplazan corrientes elevadas, y, evidentemente, la potencia necesitaría discurrir desde la ubicación de la fuente de alimentación hasta el conmutador y entonces continuar hasta el dispositivo de aviso. En cualquier caso, incluso si los medios de entrada que pueden hacerse funcionar por el usuario y la fuente de alimentación están, de manera conveniente, cerca uno de otro, generalmente, no es deseable conectar los cables de salida desde la fuente de alimentación ya que esto puede crear campos magnéticos localizados no deseados que pueden provocar avisos falsos.

El aparato puede comprender un único alojamiento que puede presentar forma de poste, y que normalmente está montado en una pared cuando se encuentra en uso u opcionalmente en una base independiente que soporta el alojamiento por encima del suelo, estando los sensores magnéticos dispuestos dentro del alojamiento. Puede comprender un único alojamiento, que puede ser alargado y que puede presentar forma de poste, que incluye ambos sensores magnéticos primero y segundo. El alojamiento puede definir un único hueco dentro del que se proporcionan los medios de procesamiento de señal, los sensores y la fuente (fuentes) de alimentación pero puede definir dos o más huecos que pueden estar interconectados. La fuente (fuentes) de alimentación, sensores, medios de procesamiento de señal y opcionalmente los medios de aviso pueden ubicarse dentro del poste.

Cuando se encuentran en uso (montados en una pared o en el suelo) los medios de entrada que pueden hacerse funcionar por el usuario pueden estar ubicados en el alojamiento a una altura en la que pueden presionarse por un usuario de estatura promedio (entre 5 y 6 pies de altura) sin tener que agacharse, y el dispositivo de aviso puede estar ubicado en la parte superior del alojamiento.

Los sensores magnéticos pueden tener una zona de detección de solapado que se encuentra en la parte frontal del alojamiento y alberga un volumen que se extiende desde el nivel del suelo hasta al menos 2,1 metros y hacia el exterior desde el alojamiento al menos 1,2 metros. Esto define una zona que albergará la totalidad de una persona del percentil 99 que se encuentra de pie enfrente del alojamiento, de modo que se detectará cualquier objeto ferromagnético que transporten, lleven puesto o tengan en el interior de su cuerpo por los medios de procesamiento de señal.

El aparato puede incluir una alfombrilla que puede colocarse sobre el suelo enfrente del alojamiento y que indica dónde debe colocarse una persona para encontrarse dentro de la zona localizada. La alfombrilla puede portar marcas que muestran dónde debe colocar la persona sus pies sobre la alfombrilla.

Los medios de entrada que pueden hacerse funcionar por el usuario pueden estar ubicados en el lado frontal del alojamiento. Esto permite que una persona que se encuentra en la zona sensible active/desactive el dispositivo de aviso de manera conveniente.

Cuando el alojamiento comprende un poste, uno de los sensores magnéticos puede estar ubicado en, o cerca de la parte superior del poste y el otro en o cerca de la parte inferior del poste, y la entrada puede estar ubicada de manera conveniente en o cerca del punto medio del poste. Estos pueden estar alineados, generalmente, con un eje vertical que pasa a través de ambos sensores.

Los medios de entrada que pueden hacerse funcionar por el usuario pueden comprender un botón o un conmutador. Pueden comprender un conmutador de tipo sin contacto tal como un sensor de proximidad, quizá un sensor óptico,

que permite que el conmutador se haga funcionar sin contacto por un usuario.

Los sensores primero y segundo y los medios de procesamiento de señal pueden estar configurados como un gradiómetro.

En una disposición, el aparato puede incluir un tercer sensor y los sensores primero, segundo y tercero pueden estar configurados como un gradiómetro de segundo orden. El tercer sensor puede estar ubicado hacia la mitad del poste, a medio camino entre los sensores magnéticos primero y segundo. Todos los tres sensores pueden estar alineados con un eje vertical común. El uso de tres sensores puede proporcionar un aparato que es relativamente más sensible a objetos ferromagnéticos cercanos y menos sensible a objetos distantes y que aporta un gran cambio en la salida para un movimiento dado de un objeto cercano. Esto es especialmente ventajoso en un entorno ocupado o compacto en el que el potencial de interferencia de campos magnéticos procedentes de gente y equipos que se mueven cerca es elevado. Además, también es ventajoso para un aparato que pueda ubicarse de manera temporal dentro de una sala, ya que debe invertirse menos tiempo en garantizar que está colocado lo suficientemente alejado de los campos magnéticos potenciales que se interfieren que podrían producir avisos falsos. Con un aparato de dos sensores menos sensible se necesita prestar más cuidado durante el montaje.

Según la invención, se proporciona un método de examinación de una persona u objeto que comprende:

proporcionar un aparato que comprende un sensor magnético que durante su uso mide un gradiente o campo magnético ambiental dentro de un volumen de espacio lo suficientemente grande como para rodear por completo una persona y produce una señal de medición correspondiente,

una fuente de alimentación principal que proporciona potencia al sensor magnético,

un circuito de procesamiento de señal dispuesto en comunicación con el sensor magnético configurado para identificar variaciones temporales en la señal de medición y a partir de las variaciones temporales identificadas proporcionar una señal de salida que indica la presencia de un objeto ferromagnético dentro del volumen de espacio,

y un dispositivo de aviso que puede hacerse funcionar mediante la salida procedente del circuito de procesamiento de señal para proporcionar en las proximidades del aparato al menos uno de un aviso visible y uno auditivo en respuesta a la señal de salida procedente del circuito de procesamiento de señal,

comprendiendo el método las etapas de:

(a) colocar a la persona u objeto que va a examinarse dentro del volumen de espacio en una primera orientación,

(b) hacer rotar a la persona u objeto 180 grados dentro del volumen de espacio para colocarlos en una segunda orientación que se encuentra 180 grados desalineada con respecto a la primera posición, y

(c) observar cualquier aviso procedente del dispositivo de aviso.

El método garantiza que artículos ferromagnéticos que se encuentran en una persona u objeto que se examinan siempre se lleven cerca de los sensores y como tal, solamente se requiera un único aparato que proporcione examinación de un solo lado. Esto invalida la necesidad de tener dos aparatos que forman un portal separados por la distancia suficiente para que una persona pase a su través con el fin de examinar ambos lados de la persona.

La etapa de hacer rotar a la persona puede comprender hacer rotar al paciente al menos 360 grados dentro de ese espacio. El aparato puede encenderse en cualquier momento durante la rotación, de modo que es posible detectar la presencia de objetos ferromagnéticos alrededor de o en el paciente.

El aparato puede incluir una entrada que puede hacerse funcionar por el usuario que permite que el dispositivo de aviso se desactive sin apagar los sensores magnéticos y el método puede comprender una etapa adicional de activar el elemento de visualización usando los medios de entrada que pueden hacerse funcionar por el usuario. El aparato puede ser según el primer aspecto de la invención.

Tras su finalización, el método puede comprender desactivar el elemento de visualización sin apagar el elemento de visualización usando los medios de entrada que pueden hacerse funcionar por el usuario.

El método puede incluir una etapa de introducir un objeto magnético enfrente del dispositivo después de encender el elemento de visualización para someter a prueba el elemento de visualización antes de colocar al paciente.

El método puede incluir proporcionar una alfombrilla y colocar a la persona sobre la alfombrilla, y hacer rotar a la persona mientras que la persona se encuentra de pie sobre la alfombrilla, estando la alfombrilla colocada por debajo del volumen de espacio, y preferiblemente totalmente dentro del volumen de espacio.

El método puede comprender transportar a la persona en medios de transporte no ferromagnéticos, tales como una silla de ruedas, a través del volumen de espacio de detección del aparato en primer lugar en una dirección y después en la dirección opuesta en ambos casos cerca del aparato de manera que ambos lados de la persona se

examinan.

El método, aunque se describe en cuanto a la examinación de una persona, también puede aplicarse a la examinación de un equipo colocando el equipo cerca del aparato y haciéndolo rotar 360 grados.

Ahora se describirá, únicamente a modo de ejemplo, una realización de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es una vista general de una realización de un aparato de examinación según la invención;

la figura 2 es una vista esquemática que muestra el circuito eléctrico del aparato de la figura 1;

la figura 3 es una vista esquemática que muestra un circuito eléctrico alternativo del aparato de la figura 1;

la figura 4 es una ilustración de la disposición de dos sensores en el aparato de la figura 1 conectados como un gradiómetro de primer orden;

la figura 5 es una ilustración de la disposición de tres sensores de la disposición de la figura 1 conectados como un gradiómetro de segundo orden; y

Haciendo referencia a la figura 1, un aparato de examinación 1 para usarse en la examinación previa de pacientes antes de someterlos a una examinación de MRI comprende un alojamiento con forma de poste alargado 2, de aproximadamente 1,5 metros de longitud que se fija a una pared. El alojamiento 2 contiene un circuito electrónico tal como se describirá en relación con las figuras 2 y 3.

El circuito electrónico incluye varios sensores que detectan la presencia de objetos magnéticos en proximidad cercana al alojamiento. La parte superior del alojamiento 2 incluye un dispositivo de aviso 4 en forma de un aviso visible. El elemento de visualización 4 comprende una baliza con un conjunto de tres luces de colores dentro de un alojamiento transparente, lo que permite al elemento de visualización emitir luz roja, ámbar o verde. También contiene un elemento de visualización de gráfica de barras para indicar la magnitud de la señal detectada. Se proporciona un dispositivo de entrada que puede hacerse funcionar por el usuario en forma de un botón de apriete 5 a medio camino de la parte frontal del alojamiento 2 en una posición en la que puede hacerse funcionar de manera conveniente por una persona sin tener que agacharse. Durante su uso, tal como se explicará a continuación en el presente documento, el elemento de visualización 4 proporciona una indicación visible de la presencia de un objeto magnético 6 en las proximidades del aparato según se detecta por los sensores.

En más detalle, y con referencia al diagrama de circuitos general ilustrado en la figura 2 de los dibujos adjuntos, el circuito electrónico comprende en primer lugar una unidad de fuente de alimentación principal PSU 1, que recibe potencia entrante desde una fuente de alimentación remota (no mostrada pero representada por la frase “aplicación de potencia”). Esto puede comprender un bloque de alimentación de AC-DC que se ubica en el exterior del alojamiento y se conecta a través de un conductor de alimentación y una clavija a una toma de corriente eléctrica adecuada. La PSU1 convierte la potencia entrante en tensiones de CC positivas y negativas de + 12v/-12v que se emiten a líneas de alimentación positivas y negativas en el alojamiento.

Se proporcionan tres sensores 10,11,12 en el alojamiento, aunque en algunas disposiciones pueden existir solamente dos sensores. Cada uno de los sensores comprende un magnetómetro de compuerta de flujo sensible que es sensible a cambios de flujo en una región localizada de espacio en las proximidades del sensor. Todos los sensores son sensibles con respecto a una región de espacio de solapado común. Son más sensibles a objetos muy cercanos al sensor dentro de ese espacio de lo que son a objetos más alejados en ese espacio. Pueden proporcionarse otros tipos de sensores, tales como sensores magnetorresistivos o sensores de efecto Hall, o un sensor helicoidal galvánico. Cada sensor 10,11,12 emite una señal de medición respectiva que es una medición del campo magnético que incide sobre el sensor 10,11,12. La señal de medición procedente de cada sensor se hace pasar al dispositivo de procesado de señal que forma un sistema electrónico de lectura 13. En una disposición alternativa, pueden proporcionarse dos sensores, pero se prefieren tres ya que pueden configurarse para funcionar como un gradiómetro de segundo orden. La configuración requerida tanto para la realización preferida con tres sensores como para la alternativa con dos sensores se ilustra en las figuras 5 y 4 respectivamente, en las que $\hat{n}$ es un vector de unidad que define la dirección de detección de un sensor y B representa el campo magnético presente en el sensor.

Con dos sensores, los sensores se disponen para detectar en direcciones opuestas y sus salidas se suman tal como se muestra en la figura 4. Una alternativa sería que los sensores detectaran en la misma dirección y sus salidas se diferencien (no mostradas) ya que esto es equivalente. De cualquiera de estas maneras, se conectan para definir un gradiómetro de primer orden cuya salida es de forma:

$$\text{Salida} \propto (B_1 - B_2).\ \hat{n}$$

y si $\hat{n}$ define la dirección x (que se extiende radialmente alejándose del poste) e y define una línea de base que se extiende verticalmente hacia abajo a través de los sensores la salida, por tanto, es la derivada de primer orden de la

componente de campo de B en la dirección x con respecto a la dirección y, expresada a menudo como $\partial B_x/\partial y$

Con los tres sensores preferidos, los sensores se disponen con B1 y B3 detectando en la misma dirección y B2 detectando en la dirección opuesta con una ganancia relativa de dos con respecto a B1 y B3. Las salidas se suman tal como se muestra en la figura 5. Alternativamente todos los sensores pueden detectar en la misma dirección aportando B2 una ganancia relativa de menos-dos. De cualquier modo, la salida es de forma:

Salida = $(B_1 + B_3 - 2B_2) . \hat{n}$

y si $\hat{n}$ define la dirección x (que se extiende radialmente alejándose del poste) e y define una línea de base que se extiende verticalmente hacia abajo a través de los sensores la salida, por tanto, es la derivada de segundo orden de la componente de campo de B en la dirección x con respecto a la dirección y, expresada a menudo como $\partial^2 B_x/\partial y^2$, lo que aporta una uniformidad mucho mayor en la dirección y, y una sensibilidad mucho menor a objetos distantes con respecto a la misma posición de objeto en una distancia comparada con la disposición de dos sensores.

Como el aparato se fijará, normalmente, en posición cuando se encuentra en uso durante la mayor parte del tiempo los sensores 10,11,12 registrarán un campo magnético que no cambia casi nada debido a la tierra, y gradientes de orden primero y segundo que no cambian. Estos constituyen un gran desvío en la salida del sensor. Este desvío constante puede eliminarse usando un filtro paso alto en el sistema electrónico de lectura 13. Los sensores, del mismo modo, también medirán cambios regulares en el campo magnético asociado con la fuente de alimentación para equipos eléctricos ubicados cerca de los sensores lo que provocará que la salida varíe en la frecuencia de suministro y sus armónicos. Esto también puede eliminarse mediante filtrado usando un filtro paso bajo en el dispositivo de procesado de señal. Los filtros 14 constituyen en conjunto un filtro paso banda 14 para realizar estas funciones.

La salida filtrada de los filtros tomará, por tanto, un valor bajo, de manera ideal cero, en su estado preparado.

Los sensores y el sistema electrónico de lectura reciben potencia de la PSU1. Dependiendo de la complejidad de los filtros 14 que se usan puede existir un retardo considerable entre los sensores 10,11,12 y el sistema electrónico de lectura que se encienden y la señal de salida filtrada que se asienta en un estado preparado. Por tanto, es importante que la potencia a los sensores 10,11,12 y el sistema electrónico de lectura 13, al menos la etapa de filtrado 14, se mantenga activada en todo momento cuando se necesite el aparato de manera inminente para una examinación previa.

Si existe un objeto ferromagnético transportado, o tirado o empujado, por una persona cerca de los sensores 10,11,12, el campo magnético ambiental se alterará provocando un cambio en la salida del sensor 10,11,12. Ese cambio pasará a través del filtro 14 y se amplificará por un amplificador dentro del sistema electrónico de lectura. Con el fin de desencadenar una alarma, el tamaño de la señal se compara con un umbral preestablecido. Dado que la señal puede ser positiva o negativa, el umbral (establecido pasando la señal a través de un detector de umbral dentro del sistema electrónico de lectura) consiste en una etapa de rectificación seguida por un comparador que tiene un circuito para proporcionar una tensión umbral. Alternativamente, comparadores independientes se usan para señales positivas y negativas con las salidas combinadas para aportar una única señal de alarma en lugar de un rectificador y un único comparador. Puede proporcionarse un bloqueo opcional (no mostrado) que mantiene el valor de la salida de señal desde el comparador durante un periodo de tiempo predeterminado, quizá de hasta 1 segundo

La salida del comparador se dispone para tener un nivel lógico cero para el estado en el que la señal no excede el umbral, y nivel ‘uno’ para el estado en el que la señal ha excedido el umbral. Una vez que un objeto ha pasado fuera del alcance de los sensores 10,11,12 el nivel lógico vuelve a cero una vez que el nivel de señal ha caído por debajo del umbral. En la práctica, puede preferirse que la alarma continúe durante un transcurso de tiempo definido por un retardo de reposición y un bloqueo tal como un circuito monoestable que mantiene la salida a una salida lógica hasta que se presiona el conmutador/botón 5.

La salida del bloqueo se hace pasar desde el sistema electrónico de lectura hasta una entrada del dispositivo de aviso, que comprende un circuito de sistema electrónico de visualización 15 que acciona el elemento de visualización 4. Se ha encontrado que es beneficioso, aunque no esencial, que se proporcionen tanto la alarma visual como la auditiva.

Además, la señal magnética rectificada que se alimenta al comparador puede pasar al dispositivo de aviso para controlar un indicador de gráfica de barras. Si los sensores tienen una salida digital o si se coloca un digitalizador inmediatamente después de los sensores entonces las funciones electrónicas descritas que incluyen los filtros, rectificador, comparador, bloqueos y retardos pueden realizarse con un procesador digital en lugar de en sistemas electrónicos analógicos.

El dispositivo de aviso 15, 4 se alimenta desde una segunda fuente de alimentación PSU2. La fuente de alimentación PSU2 tiene un orificio de entrada 17 que recibe una señal desde el dispositivo que puede hacerse funcionar por el usuario y dependiente del estado de la señal encenderá o apagará el sistema electrónico de

visualización. Cuando se apaga el elemento de visualización 4 no emitirá ningún aviso independientemente del valor de la salida de señal bloqueada procedente del sistema electrónico de lectura 13. Notablemente, la PSU2 puede apagarse sin apagar PSU1, de modo que el dispositivo de aviso puede desactivarse sin cortar la potencia a los sensores 10,11,12 y filtros 14.

En la figura 3 de los dibujos, se muestra un circuito electrónico modificado que puede usarse. En el que partes son las mismas que las usadas en el circuito de la figura 2, se han usado los mismos números de referencia por motivos de claridad, y se aplica la descripción asociada anterior. La diferencia principal es la omisión de la segunda unidad de fuente de alimentación PSU2, y la ubicación del conmutador 6 en la línea de fuente de alimentación desde la PSU1 hasta el sistema electrónico de visualización. Por tanto, en lugar de conmutar una corriente relativamente baja que a su vez desconecta una fuente de alimentación del sistema electrónico de visualización, el conmutador interrumpe la corriente que fluye al sistema electrónico de visualización directamente. Esto tiene la desventaja de que un corte en la línea de fuente de alimentación puede provocar que se generen campos magnéticos no deseados a menos que se preste atención durante el montaje, pero sí que presenta el beneficio de reducir el número y complejidad de los componentes que se necesitan.

Durante su uso, el aparato puede estar ubicado en una posición conveniente en una zona de examinación previa. Una alfombrilla 7 se coloca enfrente del poste 2, que a su vez está orientado de modo que el dispositivo de usuario de entrada está enfrentado a la alfombrilla 7. El aparato se conecta entonces a la red de distribución eléctrica (a menos que contenga su propia fuente de potencia de batería). Tan pronto como los filtros estén asentados está preparado para usarse.

Un método de uso del aparato para examinar previamente a un paciente es de la siguiente manera con referencia a la figura 6 de los dibujos adjuntos:

Inicialmente, antes de examinar a una persona, una persona entrenada en MRI llevará a esa persona a través de un procedimiento de examinación previo definido. En primer lugar, el paciente se cambia 100 a ropa adecuada y retira cualquier objeto de metal que pueda llevar puesto tal como joyería, elementos de sujeción de pelo, etc. Entonces se les pide que completen 200 un cuestionario de examinación que solicita detalles tales como su historial médico y si tienen cualquier implante de metal tal como pasadores quirúrgicos. Estas etapas preliminares pueden variar de hospital a hospital según sus procedimientos locales de modo que 100 y 200 son a modo de ejemplo. Una vez que esto se ha completado de forma satisfactoria para la persona entrenada en MRI, el personal de MRI garantizará que el dispositivo de aviso está activado presionando 300 el botón 5 para encender el aparato de examinación. De hecho, simplemente activan el dispositivo de aviso ya que el aparato ya se habría encendido previamente de modo que se asienta en su régimen permanente listo para usarse. Se ha encontrado que la mayor parte de las veces el personal de MRI prefiere que el elemento de visualización de aviso 4 esté desactivado, ya que de otro modo puede dar lugar a muchas falsas alarmas cuando pasan cerca del mismo y puede hacerles sentir que están siendo monitorizados de manera constante. Además, la alarma visual puede dar lugar a distracciones cuando el aparato no está en uso.

Después de activarse el dispositivo de aviso 4, se invita al paciente que va a examinarse a permanecer de pie sobre la alfombrilla 7 enfrente del poste con sus brazos a su lado. Entonces se les pedirá que roten 400 un círculo completo (360 grados) mientras permanecen de pie sobre la alfombrilla 7.

Cuando la persona que se examina se mueve sobre la alfombrilla 7, la presencia de artículos ferromagnéticos sobre o en su cuerpo disparará el dispositivo de aviso porque los objetos se mueven y provocan un cambio en el campo magnético dentro de la zona de detección de solapado. Adicionalmente, cuando la persona rota los objetos dispararán 500 el dispositivo de aviso porque el campo magnético cambia. Si la persona tiene un objeto ferromagnético muy pequeño que, inicialmente, está escondido del dispositivo porque está colocado, aproximadamente, en el lado opuesto del cuerpo de la persona con respecto al dispositivo, se moverá más cerca de los sensores a medida que la persona rota y disparará el dispositivo de aviso a medida que se mueve.

Una vez que la persona ha rotado 360 grados puede bajarse entonces de la alfombrilla. Si no ha saltado ninguna alarma puede proceder 700 a aproximarse a una sala de MRI. Si ha saltado una alarma se le pide a la persona 600 que identifique cualquier objeto de metal y lo retire y puede llevarse a cabo una búsqueda más detallada de su cuerpo para ubicar el objeto ferromagnético que activó el dispositivo de aviso. La etapa de hacer rotar a la persona enfrente del aparato se repite entonces hasta que no se emita ningún sonido de alarma. Se considera entonces que es seguro que el paciente avance 700 a la sala de examinación de MRI y el método de examinación previa finaliza 800.

Se requiere una etapa 400 modificada si el paciente no es un paciente ambulatorio. En este caso, el paciente se examinaría en una silla de transporte no magnética, silla de ruedas o camilla (conocida como equipo de transferencia). Entonces se sube el paciente a la alfombrilla 7 en una dirección y a continuación se le hace rotar medio giro (180 grados) y se hace que vuelva más allá del aparato sobre la alfombrilla 7 de modo que el otro lado del paciente también se examina. Esto requiere que el personal de MRI esté libre de material ferromagnético de modo que ni el personal ni el equipo de transferencia provoquen una alarma.

Este método puede usarse para determinar si un objeto de composición desconocida contiene material ferromagnético antes de llevarse dentro de una sala de MRI. Ejemplos de artículos que pueden someterse a prueba son cilindros, equipos de monitorización de pacientes, herramientas, equipos de limpieza, o cualquier objeto sobre la que no exista certeza sobre si resultaría segura o supondría un peligro de efecto proyectil potencial.

REIVINDICACIONES

1. Un método de examinación de una persona u objeto que comprende:

proporcionar un aparato que comprende un sensor magnético que durante su uso mide un gradiente o campo magnético ambiental dentro de un volumen de espacio lo suficientemente grande como para rodear por completo una persona y produce una señal de medición correspondiente,

una fuente de alimentación principal que proporciona potencia al sensor magnético,

un circuito de procesamiento de señal dispuesto en comunicación con el sensor magnético configurado para identificar variaciones temporales en la señal de medición y a partir de las variaciones temporales identificadas proporcionar una señal de salida que indica la presencia de un objeto ferromagnético dentro del volumen de espacio, y

un dispositivo de aviso que puede hacerse funcionar mediante la salida procedente del circuito de procesamiento de señal para proporcionar en las proximidades del aparato al menos uno de un aviso visible y uno auditivo en respuesta a la señal de salida procedente del circuito de procesamiento de señal,

comprendiendo el método las etapas de:

(a) colocar a la persona u objeto que va a examinarse dentro del volumen de espacio en una primera orientación,

(b) hacer rotar a la persona u objeto 180 grados dentro del volumen de espacio para colocarlos en una segunda orientación que se encuentra 180 grados desalineada con respecto a la primera posición, y

(c) observar cualquier aviso procedente del dispositivo de aviso.

2. El método según la reivindicación 1, en el que la etapa de hacer rotar al paciente comprende hacer rotar al paciente 360 grados dentro del volumen de espacio.

3. El método según cualquier reivindicación anterior, que incluye proporcionar una alfombrilla y colocar al paciente sobre la alfombrilla, y hacer rotar a la persona permaneciendo de pie sobre la alfombrilla, estando la alfombrilla colocada por debajo del volumen de espacio, y preferiblemente totalmente dentro de la zona.

4. El método según cualquier reivindicación anterior, en el que el aparato incluye medios de entrada que pueden hacerse funcionar por el usuario, lo que permite que el dispositivo de aviso se desactive sin apagar el sensor magnético y el método comprende una etapa adicional (d) de encender el elemento de visualización usando los medios de entrada que pueden hacerse funcionar por el usuario.

5. El método según la reivindicación 4, que comprende además que tras la finalización, se desactive el elemento de visualización sin apagar el sensor magnético o medios de procesamiento de señal usando los medios de entrada que pueden hacerse funcionar por el usuario.

6. El método según cualquier reivindicación anterior, que incluye una etapa de introducir un objeto magnético enfrente del dispositivo después de encenderse el elemento de visualización para someter a prueba el elemento de visualización antes de colocar al paciente.

7. El método según cualquier reivindicación anterior, mediante el que el paciente se transporta en medios de transporte no ferromagnéticos más allá del aparato en primer lugar en una dirección y entonces en la dirección opuesta en ambos casos cerca del aparato de manera que ambos lados del paciente se examinan.

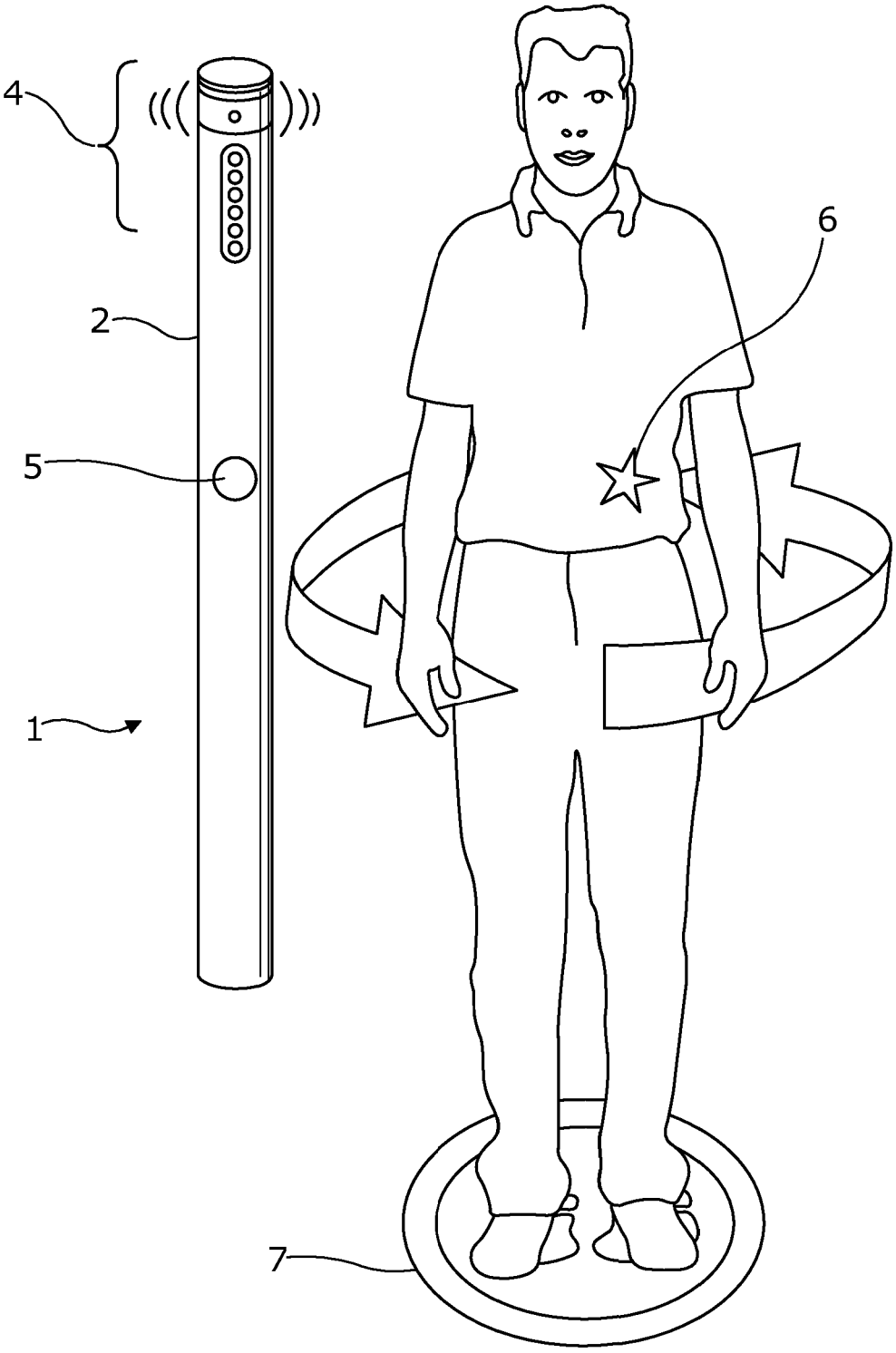

Fig. 1

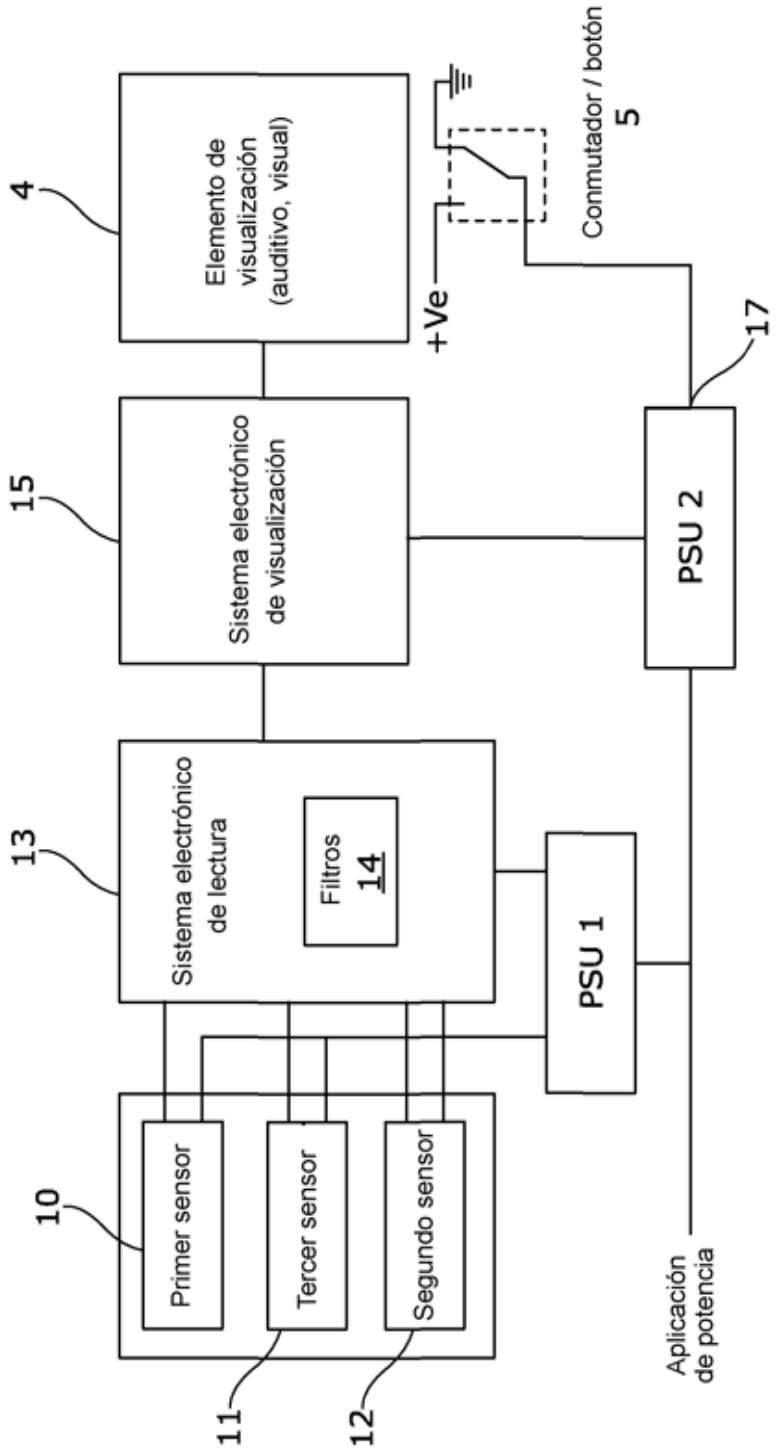
4
Elemento de visualización (auditivo, visual)
15
Sistema electrónico de visualización
13
Sistema electrónico de lectura
Filtros
14
10
Primer sensor
Tercer sensor
Segundo sensor
11
12
+Ve
Conmutador / botón
5
17
PSU 2
PSU 1
Aplicación de potencia

Fig. 2

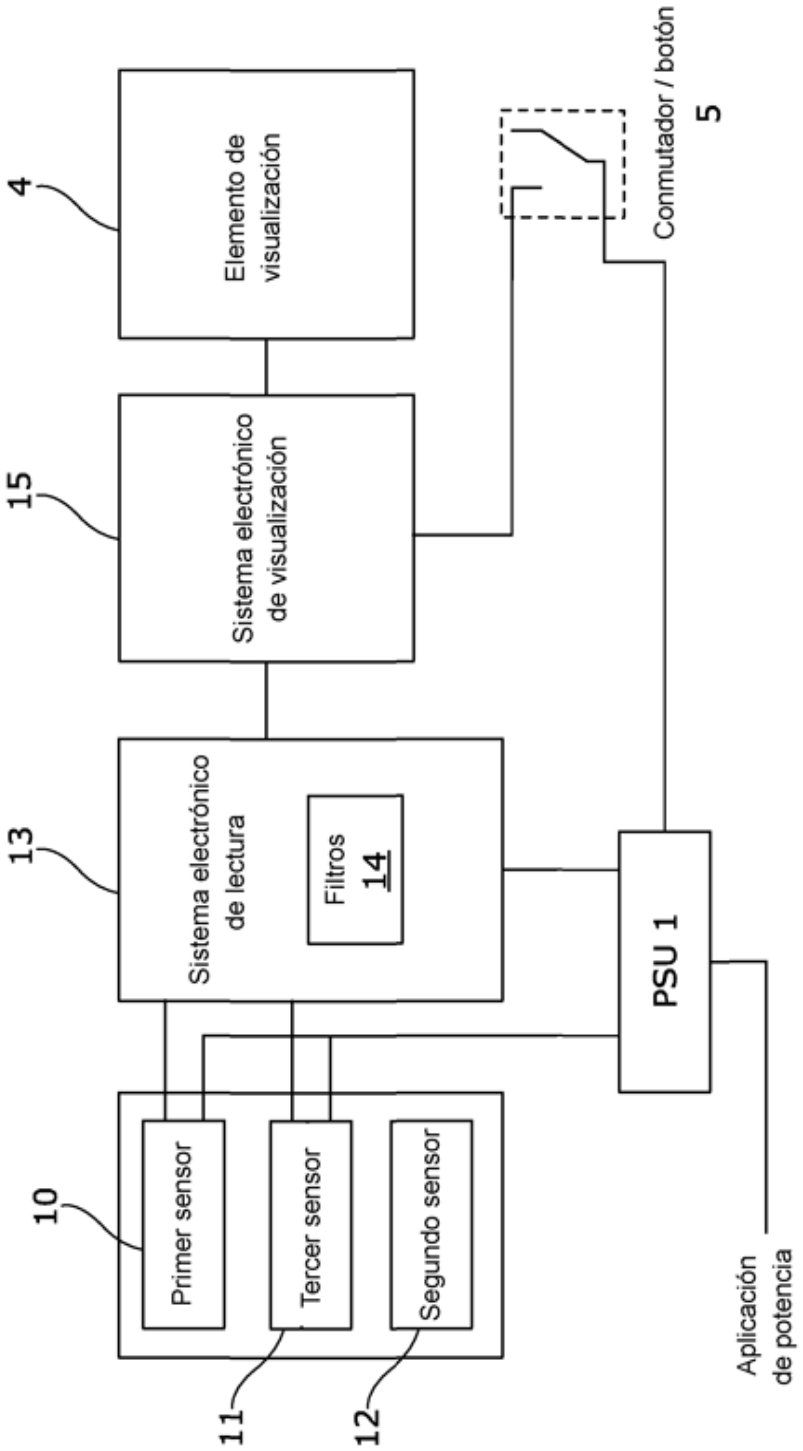
4
Elemento de visualización
Conmutador / botón
5
15
Sistema electrónico de visualización
13
Sistema electrónico de lectura
Filtros
14
PSU 1
10
Primer sensor
Tercer sensor
Segundo sensor
11
12
Aplicación de potencia

Fig. 3

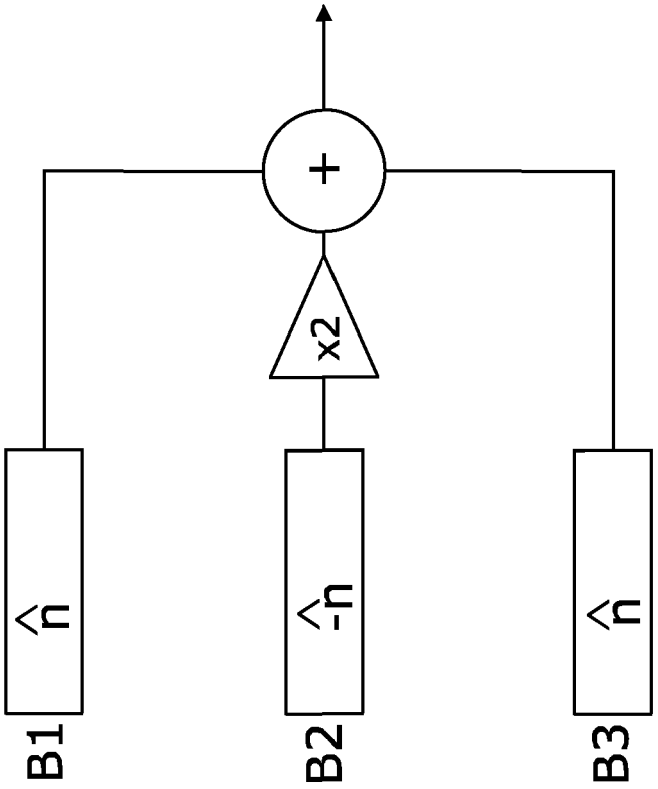

Fig. 5

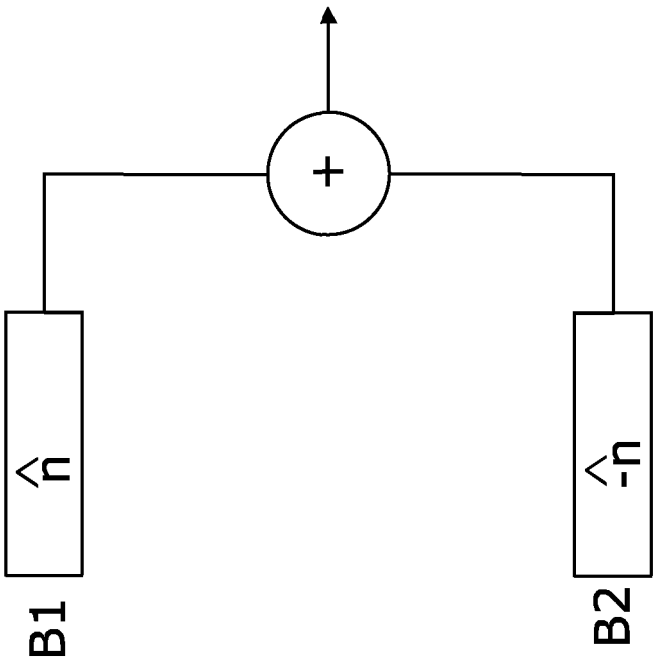

Fig. 4

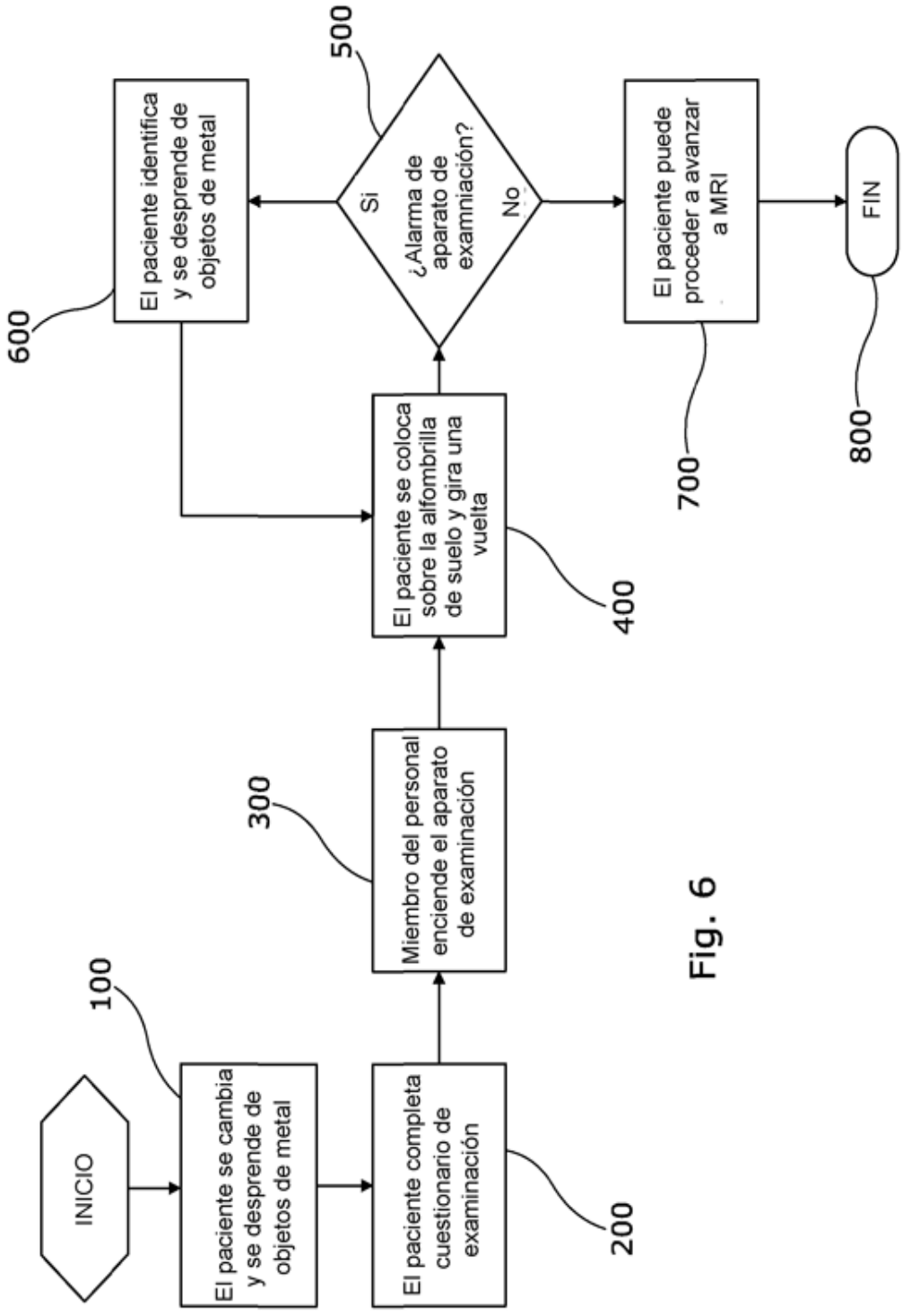
INICIO
El paciente se cambia y se desprende de objetos de metal
El paciente completa cuestionario de examinación
Miembro del personal enciende el aparato de examinación
El paciente se coloca sobre la alfombrilla de suelo y gira una vuelta
¿Alarma de aparato de examniación?
Si
No
El paciente identifica y se desprende de objetos de metal
El paciente puede proceder a avanzar a MRI
FIN
100
200
300
400
500
600
700
800

Fig. 6