

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 434 336**

51 Int. Cl.:

**A61N 2/02**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.05.2002 E 02735397 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2013 EP 1390102**

54 Título: **Dispositivo de tratamiento con campos magnéticos**

30 Prioridad:

**31.05.2001 DE 20109058 U**

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

**16.12.2013**

73 Titular/es:

**MUNTERMANN, AXEL (100.0%)  
GOTENWEG 51  
35578 WETZLAR, DE**

72 Inventor/es:

**MUNTERMANN, AXEL**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 434 336 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**

Dispositivo de tratamiento con campos magnéticos.

**Campo de la invención**

5 La invención concierne en general a un dispositivo para el tratamiento con campos magnéticos y en particular para la influenciación de espines y/o momentos magnéticos en tejido que debe ser tratado.

**Antecedentes de la invención**

10 Los procedimientos de tratamiento no invasivos conquistan cada vez más campos de aplicación nuevos en la medicina. Con respecto a la invención aquí solicitada se pueden destacar especialmente dispositivos y procedimientos de tratamiento terapéutico por medio de campos magnéticos externos. Aunque hasta ahora no se ha entendido en detalle el funcionamiento exacto de tales terapias, sus éxitos terapéuticos están demostrados científicamente y son en general reconocidos. Estudios sobre los resultados de terapias conocidas por campos magnéticos se encuentran, por ejemplo, en "Orthopädische Praxis" 8/2000, 36º año, páginas 510 a 515, y en Fritz Lechner, "Elektrostimulation und Magnetfeldtherapie. Anwendung, Ergebnisse und Qualitätssicherung" 1989.

15 En particular, se ha constatado en tales estudios que las terapias por campos magnéticos producen parcialmente en los pacientes unas claras ventajas en el cuadro de padecimientos sin generar efectos secundarios negativos sustancialmente detectables. Otra gran ventaja de las terapias por campos magnéticos es que se puede evitar posiblemente por completo una operación ligada a considerables dolores, riesgos y costes para el paciente.

Así, se conoce, por ejemplo, por el documento EP 0 661 079 A1 un aparato de terapia por campos magnéticos con un gran número de generadores de campos magnéticos.

20 El documento EP 0 392 626 A2 describe también un aparato para la terapia por campos magnéticos. Este aparato contiene un gran número de bobinas que están dispuesta de tal manera que en lo posible no se superpongan los campos magnéticos para lograr un campo relativamente homogéneo.

Por consiguiente, los dos dispositivos descritos en los documentos EP 0 661 079 A1 y EP 0 392 626 A2 son tales que buscan provocar un éxito de tratamiento por medio de la acción directa del campo magnético.

25 Asimismo, se conoce por el documento DE 40 26 173 un dispositivo que genera campos magnéticos pulsados y modulados para tratar pacientes. En este caso, se expone un tejido corporal a un campo magnético que resulta de la superposición de un campo magnético constante y un campo magnético alterno.

30 Los campos magnéticos pulsados son generados típicamente por medio de una corriente pulsada que circula por una bobina. Sin embargo, tales campos pulsantes en bobinas necesitan mucha energía y son lentos, ya que la inductividad de las bobinas decelera la variación del campo.

35 La acción curativa de esta terapia por campos magnéticos reside, entre otros aspectos, en la mitigación de la osteoporosis o de las consecuencias de un ataque de apoplejía. Ha parecido probable a este respecto que se fomentan mediante los campos magnéticos aplicados los procesos de transporte y/o de metabolismo que conducen a una acción terapéutica positiva. Hasta ahora, se partía de la consideración de que la acción terapéutica positiva es ocasionada por un intercambio de energía entre campos y constituyentes de células (protones, iones, etc.). A este respecto, la transmisión de energía se ha explicado por la estimulación o la absorción de resonancias de ciclotrón iónico (ICR) en un cuerpo biológico y, por tanto, se la ha buscado según condiciones ICR correspondientes. En consecuencia, los dispositivos conocidos están orientados a la generación de condiciones ICR.

40 De todos modos, esta explicación causal parece cuestionable en ciertas circunstancias, ya que las resonancias del ciclotrón se presentan en general tan sólo en partículas libres, como, por ejemplo, en el vacío, o en electrones en la banda de conducción de un semiconductor. Asimismo, se puede demostrar también mediante un sencillo cálculo que un movimiento del ciclotrón se completaría en una trayectoria circular cuyo radio sobrepasa ya el diámetro medio de un corte transversal de un cuerpo humano. Esto significa que, para la transmisión de energía, puede ser cuestionable una explicación referente a una resonancia del ciclotrón, especialmente en tejido consistente.

45 Es imaginable también que la acción se base en procesos piezoeléctricos en el cuerpo. Este criterio de explicación parte de la consideración de que existe un campo eléctrico alrededor de cada articulación corporal y que en estado sano cada movimiento origina una tensión piezoeléctrica, ya que el cartílago posee propiedades piezoeléctricas. En estado enfermo se podrían simular estas tensiones piezoeléctricas por medio de tensiones inducidas. Véase a este respecto también Christian Thuille, "Das grosse Buch der Magnetfeldtherapie", Linz 1997.

50 Otro dispositivo de tratamiento de un cuerpo biológico con campos magnéticos, que genera resonancias de espín dentro del cuerpo a tratar, es conocido por la publicación del documento WO 99/66986 del mismo solicitante. No obstante, este dispositivo descrito en la publicación del documento WO 99/66986 está orientado sustancialmente a

realizar un tratamiento reproducible deliberado con campos magnéticos en todos los materiales biológicos, con independencia de si están presentes partes iónicas. Con el dispositivo citado se logran las acciones terapéuticas positivas por la generación de resonancias de espín y secuencias de resonancias de espín. Sin embargo, la resonancia de espín nuclear se utiliza especialmente también en este caso para la transmisión de energía.

5 En otros campos de la técnica se conocen ya desde hace bastante tiempo los procedimientos de resonancia de espín nuclear (los llamados procedimientos RMN (resonancia magnética nuclear)). Estos se emplean especialmente en el diagnóstico médico y en general para la medición de alta precisión del campo magnético. Respecto de esta última aplicación se citará a título de ejemplo el documento "Virginia Scientific FW101 Flowing Water NMR  
10 Teslameter". Una descripción de este aparato se encuentra bajo [www.gmw.com/magnetic\\_measurements-VSI/FW101.html](http://www.gmw.com/magnetic_measurements-VSI/FW101.html).

Queda por consignar que los dispositivos conocidos de la medicina terapéutica comprenden casi siempre unos grandes sistemas de bobinas con los cuales se generan y varían los campos magnéticos. Sin embargo, estos sistemas de bobinas presentan una alta inductividad, lo que conduce a grandes constantes de tiempo de conexión y alto consumo de energía. Sin embargo, los grandes tiempos de conexión conducen desventajosamente a una  
15 pequeña eficiencia respecto de los procesos dinámicos en el cuerpo.

Asimismo, los sistemas de bobinas están configurados típicamente de tal manera que presentan unas aberturas en las que pueden introducirse partes corporales, por ejemplo brazos o piernas. Por este motivo, los dispositivos conocidos son en conjunto relativamente informes y adolecen de desventajas referentes a sus posibilidades de almacenamiento y transporte. Por lo demás, son parcialmente incómodos para el paciente. Asimismo, la demanda  
20 de energía de la mayoría de los dispositivos conocidos es muy alta, ya que se generan fuertes campos magnéticos por medio de los sistemas de bobinas.

Además, sigue persistiendo una serie de cuestiones abiertas relativas a la operativa físico-fisiológica de los dispositivos y de los procesos disparados por ellos en el cuerpo. No obstante, sin el conocimiento exacto del funcionamiento solamente era posible con dificultad en el pasado determinar una estructura optimizada y los  
25 parámetros óptimos para su funcionamiento.

Por tanto, un cometido de la presente invención consiste en proporcionar un dispositivo mejorado de tratamiento con campos magnéticos.

Otro cometido de la invención consiste en proporcionar un dispositivo con el cual se puedan reproducir o simular artificialmente en el cuerpo estímulos electromagnéticos generados por movimiento, especialmente el  
30 comportamiento natural de momentos magnéticos en el cuerpo al moverse éste dentro del campo magnético terrestre.

Un cometido más de la invención consiste en proporcionar un dispositivo que haga posibles unas rápidas constantes de tiempo de conexión y presente un pequeño consumo de energía.

Otro cometido de la invención consiste en proporcionar un dispositivo de tratamiento con campos magnéticos que pueda transportarse y almacenarse bien y sea cómodo para el paciente y que especialmente pueda fabricarse  
35 también a bajo coste.

El problema de la invención se resuelve con el objeto de la reivindicación 1. Perfeccionamientos ventajosos y preferidos son objeto de las reivindicaciones subordinadas.

La invención se basa en el reconocimiento sumamente sorprendente de que los efectos terapéuticos positivos en el  
40 tratamiento con campos magnéticos se pueden atribuir a una simulación de movimiento por medio de señales de resonancia de espín.

En un cuerpo humano, animal o biológico de otro tipo se pueden orientar ya en el campo magnético terrestre los momentos magnéticos, por ejemplo los momentos de los electrones o de los espines nucleares y se puede generar así una magnetización macroscópica. Cada movimiento de una parte corporal conduce a una pequeña variación de  
45 la dirección de esta magnetización. En tanto la dirección de magnetización esté orientada en sentido no paralelo a la dirección del campo magnético terrestre, la magnetización precesiona con una frecuencia de aproximadamente 2000 Hz en el campo magnético terrestre e induce en el entorno una tensión alterna con la misma frecuencia. Esta tensión inducida puede medirse con una bobina exterior y está situada en el rango de mV. Sin embargo, en el cuerpo la tensión inducida es netamente mayor debido a las menores distancias. El sistema nervioso humano registra esta  
50 tensión y reconoce así el movimiento. Como consecuencia, se activa el metabolismo, ya que se necesita energía para el trabajo muscular.

Debido a diferentes enfermedades están limitados el movimiento de un paciente y su metabolismo. Con el dispositivo según la invención se provoca en el tejido un giro predeterminado y deliberado de los espines o de la magnetización macroscópica generada por los espines. Por tanto, en lo referente a las resonancias de espín

generadas naturalmente por el campo magnético terrestre en el cuerpo se le engaña al organismo en lo que respecta a un movimiento que en realidad no tiene lugar. A este fin, el dispositivo según la invención genera campos magnéticos adecuados que modifican la orientación de los espines y/o la magnetización de tal manera que se simule un movimiento de la zona corporal dispuesta en la zona de tratamiento. En este contexto, se puede constatar, entre otros, por la aplicación de la presente invención un éxito de tratamiento muy bueno en la terapia de la osteoporosis.

La invención está definida en las reivindicaciones. El dispositivo según la invención para el tratamiento con campos magnéticos comprende un primero y un segundo equipos para generar un primero y un segundo campos magnéticos, respectivamente, y un soporte, especialmente una colchoneta para depositar y/o colocar partes corporales a tratar de un paciente o bien de todo el paciente. En este caso, el soporte, tal como, por ejemplo, la colchoneta, define un lado superior y un lado inferior, entre los cuales están dispuestos los equipos primero y segundo para generar los campos magnéticos primero y segundo, respectivamente. Esta disposición hace posible una construcción muy compacta, especialmente muy plana.

Aparte de una colchoneta en la que están dispuestos los equipos para generar los campos magnéticos primero y segundo, entran en consideración también como soporte, por ejemplo, una camilla de tratamiento o un sillón de tratamiento. Son posibles también sistemas que se apliquen al paciente o al tejido que se debe tratar. Por ejemplo, el soporte puede comprender una disposición multihoja que se pueda colocar alrededor de una parte corporal, especialmente la cabeza de un paciente, y que se aplique a la cabeza de un paciente. Este dispositivo puede comprender, por ejemplo, varias hojas que estén dimensionadas de tal manera que se puedan colocar alrededor de ambas orejas o alrededor de la mandíbula de un paciente. En particular, en esta forma del soporte unos equipos primero y segundo para generar los campos magnéticos primero y segundo, respectivamente, pueden estar integrados también en varias hojas o en todas ellas.

Asimismo, el soporte puede estar configurado también como una polaina que se pueda colocar, por ejemplo, alrededor de las piernas o los brazos.

Un soporte que comprenda una manta puede ser también ventajoso para determinadas aplicaciones. Por ejemplo, para el tratamiento de animales, como, entre otros, caballos, se puede colocar la manta para el tratamiento sobre el animal.

Por consiguiente, como se pone claramente de manifiesto con ayuda de los ejemplos anteriores, apenas se imponen límites a la forma y la naturaleza del soporte y éste puede adaptarse de manera correspondiente al fin de aplicación.

Los núcleos atómicos en el tejido del paciente definen en los campos magnéticos una frecuencia de resonancia de espín o presentan una frecuencia de esta clase. La frecuencia de resonancia está correlacionada aquí con la intensidad del campo magnético. Para átomos de hidrógeno se cumple, por ejemplo, la ecuación

$$F \text{ [kHz]} = 4,225 \times B \text{ [gauss]},$$

en donde F es la frecuencia de resonancia de espín nuclear en kilohertzios y B es la intensidad del campo magnético en gauss. Por ejemplo, la frecuencia de resonancia de espín nuclear asciende a 16,9 kHz en un campo magnético de 4 gauss.

El segundo equipo está concebido para generar un campo alterno. Los dos equipos para generar los campos magnéticos primero y segundo forman aquí especialmente una disposición clásica para generar una resonancia de espín nuclear. El segundo campo magnético oscila en este caso preferiblemente con la frecuencia de resonancia de espín, que viene definida sustancialmente por la clase de las partículas, elementos o compuestos químicos en el cuerpo y por la intensidad del primer campo magnético. La frecuencia de resonancia de espín producida está comprendida preferiblemente entre 1 kHz y 1 MHz, de manera especialmente preferida entre 2 kHz y 200 kHz y lo más preferiblemente en el rango de aproximadamente 100 kHz.

Es especialmente ventajosa una forma de realización preferida en la que los equipos primero y segundo están dispuestos en un plano que discurre paralelamente al plano de la colchoneta. Los equipos primero y/o segundo se pueden disponer así de preferencia completamente dentro de la colchoneta entre el lado superior y el lado inferior. Se logra de esta manera una forma de construcción especialmente sencilla y práctica, colocándose simplemente el paciente sobre la colchoneta para realizar el tratamiento. Además, gracias a esta disposición en un plano se crea una geometría plana en la que, no obstante, se pueden generar en la zona de tratamiento campos magnéticos ortogonales entre ellos.

El dispositivo se puede almacenar y transportar con especial facilidad cuando, según una forma de realización preferida, la colchoneta se puede plegar una o varias veces por medio de una subdivisión en varias secciones. En este caso, los equipos primero y segundo están alojados preferiblemente en la misma sección de la colchoneta. La colchoneta tiene de preferencia aproximadamente 3 a 10 cm de espesor, 70 cm de anchura y 210 cm de longitud, de modo que en un estado plegado, por ejemplo, dos veces se logran dimensiones de aproximadamente 9 a 30 cm por

70 cm por 70 cm.

- El segundo equipo comprende preferiblemente una bobina anular. Ésta define un plano de bobina, en el que discurren los devanados, y un eje de bobina perpendicular al plano de bobina. En el centro de la bobina se genera sustancialmente, como es evidente para el experto, un campo magnético en la dirección del eje de la bobina. La bobina o el segundo equipo tiene en la dirección del eje de la bobina una extensión de menos de 50 cm, preferiblemente menos de 20 cm, de manera especialmente preferida menos de 10 cm y lo más preferiblemente entre alrededor de 2 cm y 6 cm. La bobina o el segundo equipo presenta en el plano de bobina una forma redonda a ovalada o alargada con zonas extremas semirredondas. En particular, la extensión de la bobina en la dirección del eje de bobina es preferiblemente más pequeña, al menos más pequeña en un factor 2 o de manera especialmente preferida más pequeña al menos en un factor 5 que la extensión en el plano de bobina. Debido a la conformación particular se hace posible especialmente el alojamiento completo en la colchoneta plana junto con una eficacia simultáneamente elevada del campo magnético, lo que no sería en general posible con las disposiciones de bobina grandes conocidas.
- El primer equipo comprende preferiblemente al menos una, dos, tres y de manera especialmente preferida cuatro bobinas, estando combinada preferiblemente cada una de estas bobinas con un imán fijo, por ejemplo un material de ferrita. Así, se superponen de manera ventajosa un fuerte campo magnético de base constante generado por el material de ferrita y un campo magnético adicional temporalmente variable generado por las bobinas.
- Por tanto, se puede trabajar con bobinas relativamente pequeñas y con un consumo de energía pequeño, junto con un campo magnético simultáneamente efectivo.
- En un perfeccionamiento preferido los equipos primero y segundo para generar los campos magnéticos primero y segundo, respectivamente, están dispuestos en un plano que discurre paralelamente al plano de la superficie de la colchoneta y al plano de la bobina del segundo equipo. Cuando el primer equipo comprende varias bobinas y/o imanes fijos, se dispone preferiblemente el segundo equipo en posición central entre estos.
- En particular, el campo de tratamiento comprende al menos una superposición de los campos magnéticos primero y segundo. En la zona de tratamiento situada por encima de la superficie de la colchoneta, especialmente allí donde se encuentra o se tiende un paciente para someterlo a tratamiento, las líneas del campo magnético que son generadas por el primer equipo discurren en dirección sustancialmente paralela a la superficie de la colchoneta o forman con ésta al menos un ángulo agudo en el intervalo de 0° a 30° o de 0° a 45° y discurren también perpendicularmente a las líneas del campo magnético del segundo equipo. Preferiblemente, el segundo campo magnético discurre formando con la superficie de la colchoneta en el intervalo de 30° a 150°, de manera especialmente preferida en el intervalo de 45° a 135° y de manera más especialmente preferida en el intervalo de 60° a 120°, y lo más preferiblemente discurre en dirección sustancialmente perpendicular a dicha superficie de la colchoneta.
- En una forma de realización de la invención el campo de tratamiento es temporalmente variable de tal manera que por medio de la variación temporal del campo magnético se pueda variar la orientación de los espines o la magnetización macroscópica generada por los espines para que pueda simularse en el campo magnético terrestre un movimiento de la zona corporal dispuesta en la zona de tratamiento.
- Preferiblemente, el primer campo magnético comprende una superposición sustancialmente paralela o antiparalela de un tercer campo magnético preferiblemente constante que es generado preferiblemente por los imanes fijos o las ferritas, y un cuarto campo magnético de preferencia temporalmente variable que es generado preferiblemente por unas bobinas auxiliares asociadas a los imanes fijos. En este caso, la intensidad del tercer campo magnético es ventajosamente de 0,5 gauss a 500 gauss y preferiblemente de 10 gauss a 50 gauss, y de manera especialmente preferida está comprendida en el intervalo de 23 gauss a 24 gauss. El cuarto campo magnético, que puede denominarse también campo de modulación, oscila de manera periódica y preferiblemente con regularidad entre ventajosamente -10 gauss y +10 gauss, preferiblemente entre -1 gauss y +1 gauss y de manera especialmente preferida entre -0,5 gauss y +0,5 gauss, correspondiendo esto último aproximadamente a la intensidad del campo magnético terrestre. Es evidente para el experto que el tercer campo magnético representa un campo de base constante y el cuarto campo magnético representa una modulación de amplitud del primer campo magnético.
- Preferiblemente, el cuarto campo magnético describe una oscilación triangular o en forma de dientes de sierra, simétrica alrededor de 0 gauss, de modo que el primer campo magnético oscila alrededor del valor del tercer campo magnético o del campo de base constante. En consecuencia, se modula en amplitud el primer campo magnético, preferiblemente en forma triangular. La condición de resonancia matemática se cumple aquí exactamente cuando desaparece el cuarto campo magnético. La intensidad del tercer campo magnético es aquí al menos 4 veces, 10 veces o 20 veces mayor que la intensidad máxima del cuarto campo magnético.
- Si el segundo campo magnético actuando como campo alterno con una frecuencia que corresponde a la frecuencia de resonancia de espín de las partículas en el tejido dentro del tercer campo magnético es irradiado ahora en dirección sustancialmente perpendicular al primer campo magnético, esto corresponde entonces a una disposición

para provocar un llamado recorrido adiabático rápido.

5 Preferiblemente, el segundo campo magnético o el campo alterno presenta intensidades diferentes durante los flancos ascendente y descendente del primer campo magnético. De manera especialmente preferida, se irradia el segundo campo magnético durante el flanco descendente del primer campo magnético y dicho segundo campo queda desconectado durante el flanco ascendente, o viceversa. De este modo los espines o la magnetización macroscópica son hechos girar adiabáticamente hacia fuera de la dirección del campo de base durante el "tiempo de conexión" del segundo campo magnético y se relajan nuevamente retrocediendo durante el "tiempo de desconexión" del segundo campo magnético.

10 Por tanto, preferiblemente la frecuencia del cuarto campo magnético o de la modulación de amplitud del primer campo magnético está adaptada al tiempo de relajación de espín-red de las partículas en el tejido. Esto conduce a una duración preferida del período de la modulación del primer campo magnético de 1 ms a 10 ms, preferiblemente 10 ms a 1 s y de manera especialmente preferida en el rango de 200 ms.

Como alternativa a la disposición para un rápido recorrido adiabático se irradia el segundo campo magnético o el campo alterno en un corto impulso, por ejemplo un llamado impulso de 90° o un impulso de 180°.

15 En lo que sigue se explica la invención con más detalle ayudándose de ejemplos de realización preferidos y haciendo referencia a los dibujos.

### Breve descripción de las figuras

Muestran:

- La figura 1a, una vista de una primera forma de realización de la invención con cotas en mm,
- 20 La figura 1b, un dibujo en corte a lo largo de la línea de corte A-A de la figura 1a con cotas en mm,
- La figura 2, una evolución temporal de un campo magnético  $B(t)$  y de la magnetización macroscópica resultante  $M(t)$ ,
- La figura 3, una representación de la orientación de una magnetización macroscópica  $M$  en un campo magnético constante  $B_0$ ,
- 25 La figura 4, una evolución temporal de un campo magnético  $B(t)$  y de las componentes de magnetización resultantes  $M_z(t)$  y  $M_{xy}(t)$  al irradiar un impulso de 90°,
- La figura 5, una impresión osciloscópica de una señal de resonancia de espín nuclear al producirse una detección sensible a la fase con 100 kHz de referencia,
- La figura 6, un fragmento temporal de una señal de resonancia de espín nuclear a  $B_0 = 23,4$  gauss,
- La figura 7, un fragmento temporal de una señal de resonancia de espín nuclear a  $B_0 = 23,2$  gauss,
- 30 La figura 8, un fragmento temporal de una señal de resonancia de espín nuclear a  $B_0 = 23,8$  gauss,
- La figura 9, una evolución de la intensidad del campo magnético en función de la frecuencia relativa,
- La figura 10a, una representación esquemática de la orientación espacial de campos magnéticos bajo el rápido recorrido adiabático con respecto al tiempo  $t_0$ ,
- La figura 10b, lo mismo que la figura 10a, con respecto al tiempo  $t_1$  en lugar de  $t_0$ ,
- 35 La figura 10c, lo mismo que la figura 10a, con respecto al tiempo  $t_2$  en lugar de  $t_0$ ,
- La figura 11, una representación esquemática de la evolución temporal de los campos magnéticos primero y segundo y
- La figura 12, un diagrama de bloques del dispositivo según la invención con una electrónica de control,
- La figura 13a, una vista de una segunda forma de realización de la invención,
- 40 La figura 13b, un dibujo en corte a lo largo de la línea de corte A-A de la figura 13a y
- La figura 14, un diagrama de bloques de un circuito para controlar las bobinas de la segunda forma de realización.

### Descripción detallada de la invención

Mediante resonancia de espín nuclear es posible variar la dirección de magnetización en el cuerpo sin que este

cuerpo se encuentre entonces en movimiento, ya que la tensión inducida de resonancia de espín nuclear simula un desarrollo de movimiento propio del cuerpo. Por tanto, se puede realizar por medio del dispositivo según la invención una terapia que estimule o acelere el metabolismo.

5 Las figuras 1a y 1b muestran una primera forma de realización de la invención, en la que las cotas representadas deben entenderse solamente como ejemplos. El dispositivo 1 según la invención comprende una colchoneta plegable y subdividida en tres secciones, de las que está representada solamente la sección central que se extiende en el plano del dibujo. En la sección de la colchoneta está incrustado en un acolchado de un material flexible, por ejemplo un material espumado, un segundo equipo perpendicular al plano del dibujo y realizado en forma de una bobina anular plana 14 para generar un segundo campo magnético. La bobina anular o bobina de emisión 14 se extiende en el plano del dibujo con una anchura de aproximadamente  $BR = 350$  mm y una altura de aproximadamente  $H = 550$  mm, estando configurado cada uno de los extremos de cabeza 14a, 14b en forma semirredonda. La longitud de la bobina perpendicularmente al plano del dibujo es de aproximadamente  $L = 52$  mm. El corte transversal de las bobinas viene definido por la longitud  $L$  y una anchura del corte transversal de aproximadamente  $QB = 75$  mm. El espesor de la colchoneta es de aproximadamente  $D = 132$ , estando dispuesta la bobina anular en posición centrada dentro de la colchoneta, de modo que entre el lado superior y el lado inferior de la colchoneta sigan estando dispuestos siempre aproximadamente 40 mm de acolchado. A la izquierda y a la derecha de la bobina se encuentran dos respectivos equipos para generar un primer campo magnético, los cuales comprenden sendos imanes fijos y sendas bobinas auxiliares 42, 44, 46, 48 (véase la figura 12) que abrazan a los imanes fijos en el plano de la colchoneta. Cada equipo tiene una altura de aproximadamente 200 mm, una anchura de aproximadamente 100 mm y una longitud  $L$  perpendicularmente al plano del dibujo de aproximadamente 52 mm. Los equipos están siempre distanciados de la bobina anular 14 en aproximadamente 50 mm en la dirección de la anchura y cada dos de los equipos limitan uno con otro en la dirección de la altura.

**Procedimiento de impulsos de señales de resonancia de espín nuclear de 90°**

25 Como ya se ha explicado anteriormente, una primera forma de realización de la invención emplea un procedimiento de impulsos que se describe detalladamente en lo que sigue.

Las moléculas o los complejos macromoleculares de nuestro cuerpo incluyen en su mayor parte átomos de hidrógeno, por ejemplo en agua ( $H_2O$ ) o en moléculas orgánicas (por ejemplo, en  $CH_2$  o  $CH_3$ ). Los núcleos o los iones del oxígeno son protones. Los protones tienen un momento magnético y un espín (gráficamente un par de giro) que están vinculados uno con otro según la relación  $\gamma$  (factor giroscópico). Para los protones es  $\gamma = 2,67522 \cdot 10^8 T^{-1}s^{-1}$ . Un campo magnético estático  $B_0$ , por ejemplo el campo magnético terrestre, genera exponencialmente en el tiempo con una constante de tiempo  $T_1$  una magnetización macroscópica  $M(t)$ . Se cumple para ello que

$$M(t) = M_0(1 - e^{-t/T_1})$$

con

$$M_0 = \chi B_0$$

35 en donde  $T_1$  es el tiempo de relajación de espín-red y  $M_0$  es el valor asintótico de la magnetización. En la figura 2 se ilustra la evolución temporal de la magnetización  $M(t)$  que se genera por una brusca aplicación de un campo magnético  $B_0$  constante después del ascenso. Para los protones o el hidrógeno en el tejido humano se cumple que:  $T_1 = 10 s \dots 10^{-3} s$ .

40 Preferiblemente, se realiza una medición de eco de espín antes del tratamiento terapéutico para determinar el tiempo de relajación espín-red.

La magnetización macroscópica  $M$  se orienta asintóticamente en dirección paralela al campo magnético aplicado  $B = B_0$ , tal como se ilustra en la figura 3. Además, la figura 3 muestra un sistema de coordenadas XYZ rectangulares y diestras que se toma como orientación para la consideración siguiente.

45 Requerido por la microscopia y la mecánica cuántica, todos los espines de protones realizan un movimiento de precesión alrededor de  $B_0$  con una frecuencia  $f_0$ . Esta frecuencia se denomina frecuencia de Larmor. La frecuencia de Larmor  $f_0$  se determina como sigue

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$$

Resulta de esto en el campo magnético terrestre, es decir, para  $B_0 = 0,5$  gauss =  $5 \cdot 10^{-5} T$ , que

$$f_0 = \frac{\gamma B_0}{2\pi} = \frac{2,67522 \cdot 10^8 \cdot 5 \cdot 10^{-5}}{2\pi} \text{ Hz} = 2128,872 \text{ Hz}$$

En consecuencia, la frecuencia de Larmor de protones en el campo magnético terrestre asciende a aproximadamente 2 kHz. La frecuencia de Larmor es modificada también tan sólo muy insignificadamente por los enlaces químicos.

5 La figura 5 muestra una impresión osciloscópica para la demostración experimental de la frecuencia de Larmor por medio de una medición de eco de espín en 500 ml de agua con un espectrómetro de 100 kHz y un espectrómetro de 23,5 gauss. Se irradian un impulso de 90° y un impulso de 180° y se detecta el eco de espín. Las figuras 6 a 8 muestran los ecos de espín en un primer campo magnético de B = 23,2 gauss, 23,4 gauss y 23,8 gauss, respectivamente, con escala de tiempo ampliada. El primer campo magnético B es producido por la superposición  
10 paralela de un campo magnético constante B<sub>0</sub>, generado por los cuatro imanes fijos que están realizados como imanes de ferrita, y un campo magnético temporalmente variable ΔB<sub>0</sub>, generado por las cuatro bobinas auxiliares 42, 44, 46, 48.

En la figura 9 se representan los tres puntos de medida de las figuras 6 a 8 en un gráfico del campo magnético en gauss en función de la frecuencia relativa en Hz. La recta es una interpolación lineal a través de los puntos de  
15 medida. La frecuencia relativa representa la desviación de frecuencia respecto de la frecuencia de resonancia f<sub>0</sub>, que viene definida por el campo de base B<sub>0</sub> = 23,5 gauss.

El dispositivo según la invención comprende la bobina plana o bobina de emisión 14 para generar el segundo campo magnético en forma de un campo magnético alterno B<sub>1</sub> con una frecuencia f<sub>0</sub> de aproximadamente 100 kHz. Esta frecuencia corresponde aproximadamente a la frecuencia de Larmor de protones en un campo magnético medio de  
20 B = 23,5 gauss.

A este fin, la bobina de emisión 14 es conectada preferiblemente y de manera muy sencilla con un condensador para obtener un circuito oscilante. La frecuencia de resonancia f<sub>LC</sub> del circuito oscilante es

$$f_{LC} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}},$$

en donde L es la inductividad de la bobina de emisión 14 y C es la capacidad del condensador.

25 Cuando algunas zonas corporales de un paciente o tejido biológico se encuentran en el primer campo magnético B, que presenta de momento una intensidad constante B<sub>0</sub> = 23,5 gauss, la magnetización macroscópica M del tejido como suma vectorial de los espines nucleares se orienta paralelamente a B<sub>0</sub>, discurrendo B<sub>0</sub> en esta forma de realización en dirección paralela al eje Z (véase la figura 3).

30 Para desviar ahora la magnetización M hacia fuera de la dirección B<sub>0</sub> se utiliza un procedimiento de resonancia de espín nuclear. Mediante la resonancia de espín nuclear se varía la dirección de magnetización, aun cuando el cuerpo se encuentre en reposo. La tensión inducida actúa como si el cuerpo estuviera en movimiento. Mediante la resonancia de espín nuclear se puede realizar así una terapia que estimula el metabolismo.

Con un llamado impulso de radiofrecuencia de 90° se gira la magnetización en 90°. En la figura 4 se representa esquemáticamente la evolución temporal del campo magnético y de las componentes de magnetización M<sub>z</sub>(t) y  
35 M<sub>xy</sub>(t). La bobina de emisión, cuyo eje discurre paralelamente al eje X, genera un campo de alta frecuencia B<sub>1</sub> rotativo o linealmente oscilante en la dirección X. La magnetización macroscópica M gira con una frecuencia f<sub>1</sub> alrededor del eje X desde la dirección Z positiva hasta entrar en el plano X-Y. Se cumple entonces que

$$f_1 = \omega_1/2\pi$$

con

40 
$$\omega_1 = \gamma B_1.$$

El ángulo α, en la medida del cual gira M, asciende a

$$\alpha = \omega_1 t.$$

Para un giro de 90°, es decir, α = π/2, se calcula la longitud temporal del impulso de 90° t<sub>90</sub> como



$$t_{90} = \frac{\pi}{2} \frac{1}{\gamma B_1}$$

5 La magnetización macroscópica  $M$  está en la dirección  $Y$  después de la irradiación del impulso de  $90^\circ$ . Dicha magnetización gira con  $\omega_0$  alrededor del eje  $Z$  e induce en la bobina de alta frecuencia una tensión que puede medirse como señal de resonancia de espín nuclear. Esta señal se atenúa exponencialmente con la constante de tiempo  $T_2^*$ . Se cumple que

$$M_{xy} = M_0 \cdot e^{-t/T_2^*}$$

Para un campo magnético homogéneo  $B$  se cumple que:  $T_2^* \cong T_2$ , en donde  $T_2$  es el tiempo de relajación de espín-espín.

Para un campo magnético menos homogéneo  $B$  se cumple que:  $T_2^* < T_2$ .

10 Para líquidos se cumple que:  $T_1 \cong T_2$ .

Valores típicos para  $T_2$  son:

Agua corriente:  $T_2 \cong 3$  s

Agua destilada:  $T_2 \cong 30$  s a 3 min

Tejido humano:  $T_2 \cong 10$  ms a 1 s

15 Tejido de una mano:  $T_2 \cong 100$  ms a 1 s.

#### Recorrido adiabático rápido de la resonancia de espín nuclear

Haciendo referencia a las figuras 10a a 10c y alternativamente al procedimiento de impulsos anteriormente descrito se consigue un giro dirigido de la magnetización por medio de un recorrido adiabático rápido que se describe en lo que sigue. Éste se logra mediante una variación del primer campo magnético  $B$  o una variación de la frecuencia del campo alterno  $B_1$ , pudiendo hacerse rotar la magnetización  $M$  de  $0$  a  $180^\circ$  con respecto al eje  $z$ .

20 En un sistema de coordenadas ( $X'$   $Y'$   $Z$ ) rotativo alrededor del eje  $Z$  con  $\omega_0$  se definen los campos magnéticos siguientes:

$$\begin{aligned} \Delta B_0 &= B - B_0 \quad \text{con} \quad B_0 = \omega_0/\gamma \\ B_1 &\text{ y} \\ B_R & \end{aligned}$$

25 En este caso,  $B_1$  es un campo alterno o un campo de alta frecuencia que es generado por la bobina de emisión 14 y que en el instante  $t = t_0$  en el sistema de coordenadas  $X'Y'Z$  discurre paralelamente al eje  $X'$ .  $B_R$  es el campo magnético o campo de tratamiento resultante de una superposición de  $B$  y  $B_1$ .

30 La figura 10a muestra la orientación de los vectores de campo magnético en el espacio en una fotografía instantánea con respecto al tiempo  $t_0$ . Se representa el vector del cuarto campo magnético  $\Delta B_0$ , generado por las bobinas auxiliares 42, 44, 46, 48, el cual discurre paralelamente al eje  $Z$ . En este caso,  $\Delta B_0$  es el exceso positivo o negativo del campo magnético  $B$  por encima o por debajo del tercer campo magnético resonante  $B_0$ , que es generado por los imanes de ferrita, apunta permanentemente en la dirección  $Z$  positiva y no se representa en las figuras 10a a 10c.

35 Si actúa inicialmente tan sólo el campo magnético  $B(t) = B_0$ , la magnetización macroscópica del tejido se orienta entonces en la dirección del eje  $Z$  y los distintos espines precesionan con la frecuencia angular  $\omega_0$  alrededor del eje  $Z$ . Esto quiere decir que los espines están de momento en reposo con respecto al sistema de coordenadas rotativo  $X'Y'Z$ .

40 El tercer campo magnético  $\Delta B_0$  y el campo alterno  $B_1$ , que se superponen para dar el campo magnético resultante  $B_R$ , son ahora acelerados hasta el instante  $t = t_0$ . El vector del campo alterno  $B_1(t_0)$  apunta en la dirección del eje  $X'$ .

El campo alterno  $B_1$  oscila linealmente con la frecuencia  $\omega_0$  en dirección sustancialmente perpendicular al eje  $Z$ . Como alternativa, el campo  $B_1$  puede girar también con la frecuencia  $\omega_0$  alrededor del eje  $Z$ . Respecto de la proyección en el plano  $X'-Z$ , esto es equivalente. Dado que también los espines nucleares rotan con la misma frecuencia  $\omega_0$  alrededor del eje  $Z$ , estos están siempre en fase con el campo alterno  $B_1$ .

45 Según una interpretación clásica, en esta disposición una fuerza resultante  $F$  ataca permanentemente en la magnetización o en los espines, haciendo esta fuerza  $F$  que la magnetización o los espines giren en el plano  $X'-Z$  alejándose del eje  $Z$ . Los espines precesionan sustancialmente en fase durante este giro. Con este giro se reduce

hasta cero el cuarto campo magnético o campo de modulación  $\Delta B_0$  y también se le incrementa de nuevo continuamente en la dirección Z negativa para seguir a la variación de la dirección de magnetización. Se puede conseguir así un giro de la magnetización hasta la dirección del eje Z negativo, es decir, un giro de la magnetización de los núcleos de  $180^\circ$ .

- 5 La figura 10b muestra la orientación de la magnetización M y los diferentes campos magnéticos con respecto a un tiempo  $t_1$  que se presenta más tarde que  $t_0$ . El vector de magnetización M ha girado ya alejándose claramente del eje Z.

De manera correspondiente, la figura 10c muestra una fotografía instantánea en un tiempo  $t_2$  que se presenta aún más tarde que  $t_1$ .

- 10 Para maximizar el efecto deseado de una simulación de movimiento se deberá girar la magnetización M con la mayor frecuencia posible. A este fin, la bobina auxiliar que genera el campo magnético  $\Delta B_0$  es trasladada en forma triangular, a manera de dientes de sierra o en forma sinusoidal entre  $\Delta B_0^{\max}$  y  $-\Delta B_0^{\max}$ , es decir que es trasladado simétricamente alrededor de cero. La figura 11 muestra arriba esquemáticamente la modulación de forma triangular más preferida del primer campo magnético B(t). Asimismo, se han dibujado los tiempos  $t_0$ ,  $t_1$  y  $t_2$  de las figuras 10a a
- 15 10c. Con un campo magnético B(t) decreciente están conectados la bobina de emisión o el campo alterno  $B_1$  para hacer que gire la magnetización alejándose del eje Z positivo, mientras que con un campo creciente está desconectada la bobina de emisión. En consecuencia, el campo alterno  $B_1(t)$  según este ejemplo de realización está modulado en amplitud en forma rectangular. Sin embargo, otras formas de modulación para los campos magnéticos primero y/o segundo, por ejemplo una modulación en amplitud de forma sinusoidal, están también dentro del ámbito
- 20 de la invención. Los bloques 50 representados abajo en la figuras 11 muestran esquemáticamente el tiempo de conexión el tiempo de conexión del campo alterno  $B_1$ . Durante el tiempo de desconexión del campo alterno  $B_1$  se relajan de nuevo retrocediendo los espines o la magnetización. Por tanto, el período de modulación del primer campo magnético o del cuarto está adaptado al tiempo de relajación espín-red del tejido o bien corresponde a éste al menos en orden de magnitud. Así, el período de la variación temporal del primer campo magnético asciende preferiblemente a una décima parte hasta diez veces y especialmente una vez hasta tres veces o cinco veces el tiempo de relajación espín-red.

Está también dentro del ámbito de la invención el aplicar el flanco descendente del campo de modulación  $\Delta B_0$  con mayor pendiente que la del flanco ascendente a fin de conseguir un giro más rápido.

- 30 En lo que antecede se ha explicado el recorrido adiabático por medio de una modulación del primer campo magnético B(t). El recorrido se puede realizar análogamente también con un primer campo magnético constante  $B = B_0$  y una variación de frecuencia correspondiente (un llamado barrido de frecuencia) del campo alterno  $B_1$ .

Además, una bobina de recepción con el eje en la dirección Y detecta de manera sensible a la fase la señal inducida de resonancia de espín nuclear. La integral temporal de esta señal es proporcional a la acción completa de la resonancia de espín nuclear y, por tanto, se ha maximizado.

- 35 Una ventaja del recorrido adiabático es que el primer campo magnético B puede presentar hasta aproximadamente un 10% de falta de homogeneidad. Esto quiere decir que el procedimiento es a este respecto más insensible en algunos órdenes de magnitud que los procedimientos conocidos, tal como, por ejemplo, el procedimiento de eco de espín. La invención es correspondientemente insensible también en lo que respecta al ángulo entre los campos magnéticos primero y segundo.

- 40 La figura 12 muestra una disposición de circuito tomada como ejemplo del dispositivo según la invención con sendos amplificadores 52 y 55 para excitar la bobina de emisión 14 y las bobinas auxiliares 42, 44, 46, 48, respectivamente. Un equipo o lógica de control 56 está asociado a la bobina de emisión 14 y a las bobinas auxiliares 42, 44, 46, 48 o a los dos amplificadores 52 y 54 y controla la modulación de los campos magnéticos primero y segundo.

- 45 Las figuras 13a y 13b muestran una segunda forma de realización de la invención. La figura 13a muestra una vista en alzado de esta segunda forma de realización y la figura 13b muestra un dibujo en corte a lo largo de la línea de corte A-A de la figura 13a. La colchoneta 10 presenta una bobina anular plana 15 en cuya zona interior 151 están dispuestas otras dos bobinas anulares planas 17 y 19. Al igual que la forma de realización descrita con ayuda de las figuras 1a y 1b, esta forma de realización es adecuada también para implementar, por ejemplo, el procedimiento de impulsos de señales de resonancia de espín nuclear de  $90^\circ$  y el recorrido adiabático rápido de la resonancia de
- 50 espín nuclear.

Con la bobina anular 15 se genera un campo magnético cuasiestático  $B(t) = B_0 + \Delta B_0(t)$ . Para lograr una región grande de tratamiento, la magnitud de  $\Delta B_0(t)$  es de preferencia aproximadamente la mitad de grande que la de  $B_0$ .

- 55 Las bobinas anulares planas 17 y 19 se hacen funcionar en forma contrapuesta de modo que un polo Norte y un polo Sur de las dos bobinas apunten siempre hacia un lado de la colchoneta 10. De esta manera, se genera por estas bobinas un campo magnético  $B_1$  que en las zonas 21 y 23 situadas por encima y por debajo de la colchoneta

10 es sustancialmente perpendicular al campo magnético B generado por la bobina anular 15. Cuando un paciente descansa sobre la colchoneta, se encuentra entonces tejido del paciente dentro de esta zona 21. Por tanto, la zona 21 define una zona de tratamiento para el tejido que se va a someter a terapia.

5 La evolución temporal del campo magnético B(t) y del campo magnético B<sub>1</sub> se controla en este caso como se ha descrito antes con ayuda de las demás formas de realización.

10 Sin embargo, a diferencia de la primera forma de realización de la invención, el campo magnético B discurre en la zona de tratamiento más bien perpendicularmente a la superficie de la colchoneta o perpendicularmente al campo magnético B(t) de la primera forma de realización generado por las bobinas. Además, en la segunda forma de realización no se necesitan imanes fijos. Por el contrario, la componente de campo magnético constante B<sub>0</sub>, al igual que el campo magnético temporalmente variable ΔB<sub>0</sub>, puede ser generada por una activación adecuada de la bobina anular 15.

15 En la figura 14 se representa con ayuda de un diagrama de bloques un control adecuado de las bobinas 15, 17 y 19 para generar un campo magnético cuasiestático B(t), así como un campo alterno B<sub>1</sub>(t) con una evolución temporal representada a modo de ejemplo como en la figura 11. El control presenta, análogamente al control representado con ayuda de la figura 12, un circuito lógico 56. Con el circuito lógico 56 se activan un amplificador 58 para excitar la bobina anular 15, así como un amplificador 60 para excitar las bobinas anulares 17 y 19 a fin de generar el campo alterno B<sub>1</sub>. El amplificador 58 genera entonces, para una forma de realización sin imanes permanentes, una corriente constante que produce en la bobina 15 un campo magnético constante B<sub>0</sub>, así como una corriente temporalmente variable, sobrepuesta a la anterior, que produce la componente de campo magnético variable ΔB<sub>0</sub>.

20 En resumen, se consigna que la presente invención propone un dispositivo de terapia por campos magnéticos que emplea como sonda de movimiento la señal de resonancia de espín nuclear para estimular el metabolismo. La señal simula entonces el movimiento de una parte corporal. Es ventajoso a este respecto el que, con toda probabilidad, la terapia de resonancia de espín nuclear propuesta no ejerce efectos negativos sobre el organismo.

25 Por medio del dispositivo de terapia de resonancia de espín nuclear según la invención se puede hacer que gire la magnetización con poca energía y con rapidez. El giro se efectúa especialmente dentro de un microsegundo hasta 30 segundos.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (1) de tratamiento con campos magnéticos que definen una zona de tratamiento en la que puede disponerse tejido de al menos una zona corporal de un paciente a tratar, comprendiendo el dispositivo:
- un primer equipo (15) para generar un primer campo magnético en la zona de tratamiento,
- 5 un segundo equipo (14, 17, 19) para generar un segundo campo magnético que se superpone en la zona de tratamiento con el primer campo magnético para proporcionar un campo de tratamiento, presentando los elementos y/o compuestos contenidos en el tejido, dentro del campo de tratamiento, al menos una frecuencia de resonancia de espín y comprendiendo el segundo campo magnético un campo magnético alterno que presenta al menos temporalmente una frecuencia que corresponde a la frecuencia de resonancia de espín, y un equipo de control para
- 10 controlar al menos uno de los dos equipos primero y segundo, con cuyo equipo de control se puede variar temporalmente el campo de tratamiento, pudiendo ser modificada la orientación de los espines por medio de la variación temporal del campo de tratamiento, y
- un soporte, especialmente una colchoneta, con un lado superior y un lado inferior, estando concebido el soporte para colocar zonas corporales de un paciente que deben ser tratadas, estando dispuestos entre el lado superior y el
- 15 lado inferior del soporte el primer equipo para generar un campo magnético y el segundo equipo para generar un campo magnético, y discurriendo el segundo campo magnético en dirección sustancialmente perpendicular al primer campo magnético.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que en una zona de tratamiento por encima del lado superior del soporte, especialmente de la colchoneta, el primer campo magnético discurre formando un ángulo agudo con el lado
- 20 superior o el segundo campo magnético discurre formando un ángulo en el intervalo de 45° a 135° con dicho lado superior.
3. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, en el que unos elementos y/o compuestos que están contenidos en las zonas corporales a tratar presentan al menos una frecuencia de resonancia de espín en el primer campo magnético, y el segundo campo magnético oscila al menos temporalmente con una frecuencia que corresponde a la frecuencia
- 25 de resonancia de espín.
4. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el segundo equipo comprende una bobina.
5. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el segundo equipo comprende una bobina anular cuyo eje de bobina está dispuesto en posición sustancialmente perpendicular a la superficie del
- 30 soporte, especialmente de la colchoneta.
6. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer equipo comprende dos o cuatro bobinas entre las cuales está dispuesto el segundo equipo.
7. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el soporte, especialmente la colchoneta, comprende un relleno en el que están incrustados los equipos primero y/o segundo.
- 35 8. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una envoltura preferiblemente acolchada con una abertura cerradiza para introducir y/o retirar los equipos primero y/o segundo.
9. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el soporte es una colchoneta y la colchoneta está subdividida en dos o tres secciones o en un gran número de secciones y puede ser plegada entre las secciones.
- 40 10. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer equipo está concebido para generar un campo magnético temporalmente variable.
11. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer equipo comprende al menos un imán fijo y al menos una bobina.
12. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la intensidad y/o la dirección del primer
- 45 campo magnético son variables.
13. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que el soporte comprende una camilla de tratamiento y/o un sillón de tratamiento y/o una disposición multihoja que se puede colocar alrededor de una parte corporal, especialmente la cabeza de un paciente, y/o una polaina y/o una manta.
- 50 14. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la orientación de una magnetización macroscópica generada por los espines puede ser modificada mediante la variación temporal del campo magnético.

15. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende unos medios, especialmente un equipo de control del campo de tratamiento para la variación adiabática de la dirección de la magnetización del tejido.
- 5 16. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el segundo campo magnético oscila perpendicularmente al primer campo magnético.
17. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer campo magnético presenta en la zona de tratamiento una intensidad de 0,5 gauss a 500 gauss, especialmente de 10 gauss a 50 gauss y particularmente en el intervalo de 23 gauss a 24 gauss.
- 10 18. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el segundo campo magnético presenta en la zona de tratamiento una frecuencia de 1 kHz a 1 MHz, especialmente de 2 kHz a 200 kHz y especialmente en el rango de 100 kHz.
19. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el segundo campo magnético está modulado en amplitud.
- 15 20. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende unos medios para variar temporalmente la intensidad del primer campo magnético.
21. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer campo magnético está modulado en amplitud y particularmente la duración del período de la modulación en amplitud está adaptado al tiempo de relajación de espín-red del tejido a tratar.
- 20 22. Dispositivo según la reivindicación 21, en el que el primer campo magnético presenta entre un mínimo y un máximo de la intensidad del campo magnético un valor en el que la frecuencia del segundo campo magnético corresponde a la frecuencia de resonancia de espín.
23. Dispositivo según la reivindicación 21 ó 22, en el que la duración del período de la variación del primer campo magnético es de 1 ms a 10 s y especialmente de 10 ms a 1 s, estando especialmente en el rango de 200 ms.
- 25 24. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 21 a 23, en el que el segundo campo magnético está conectado durante el primer campo magnético decreciente y está desconectado durante el primer campo magnético creciente, o viceversa.
- 30 25. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer equipo comprende un tercer equipo con un imán fijo para generar un tercer campo magnético estático y un cuarto equipo para generar un cuarto campo magnético temporalmente variable, comprendiendo el primer campo magnético una superposición de los campos magnéticos tercero y cuarto.
26. Dispositivo según la reivindicación 25, en el que el imán fijo comprende un imán de ferrita y/o el cuarto equipo comprende una bobina.
27. Dispositivo según la reivindicación 25 ó 26, en el que los campos magnéticos tercero y cuarto discurren sustancialmente en paralelo o en antiparalelo en la zona de tratamiento.
- 35 28. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 25 a 27, en el que el tercer campo magnético presenta en la zona de tratamiento una intensidad de 0,5 gauss a 500 gauss y especialmente de 10 a 50 gauss, estando particularmente en el rango de 23 gauss.
- 40 29. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 25 a 28, en el que el cuarto campo magnético es variable en la zona de tratamiento de 0 gauss a  $\pm 5$  gauss, especialmente de 0 gauss a  $\pm 2$  gauss y particularmente de 0 gauss a  $\pm 0,5$  gauss.
30. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende unos medios para variar la frecuencia del segundo campo magnético, especialmente entre 1 kHz y 1 MHz, más especialmente entre 2 kHz y 200 kHz y particularmente entre 90 y 110 kHz.
- 45 31. Dispositivo según la reivindicación 30, en el que la dirección de la magnetización macroscópica puede ser variada por medio de la variación de la frecuencia del segundo campo magnético.
32. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer campo magnético comprende un campo magnético sustancialmente constante.

Fig. 1a

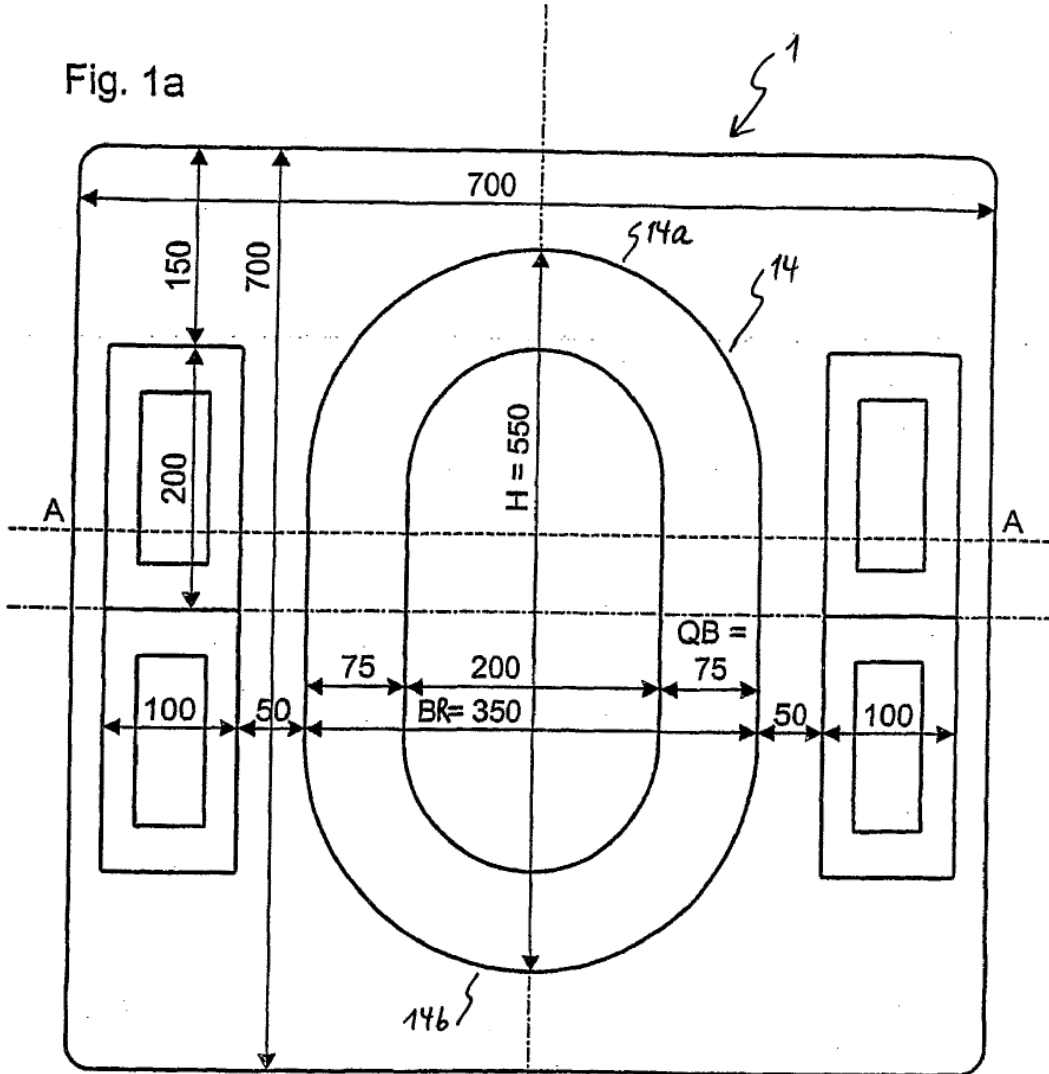


Fig. 1b

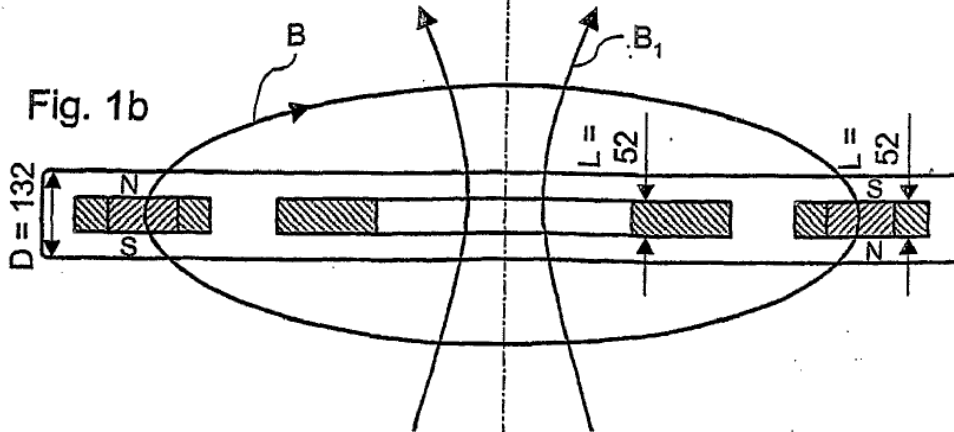


Fig. 2

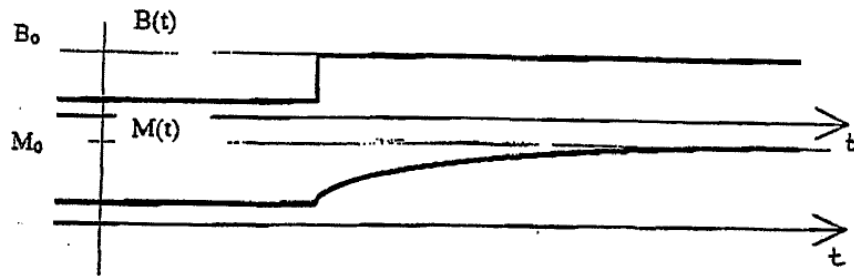


Fig. 3

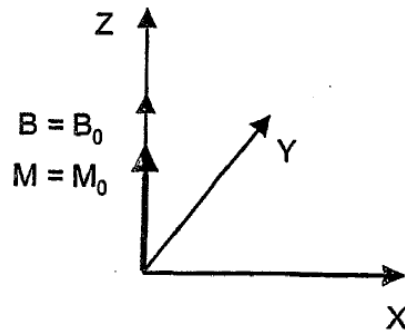


Fig. 4

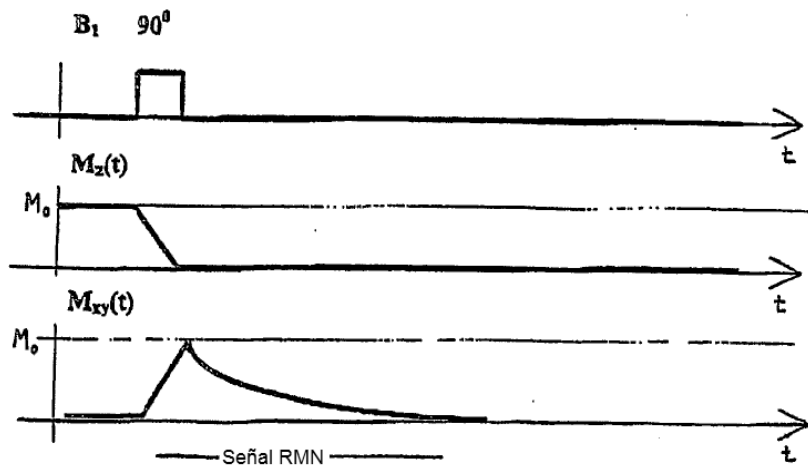


Fig. 5

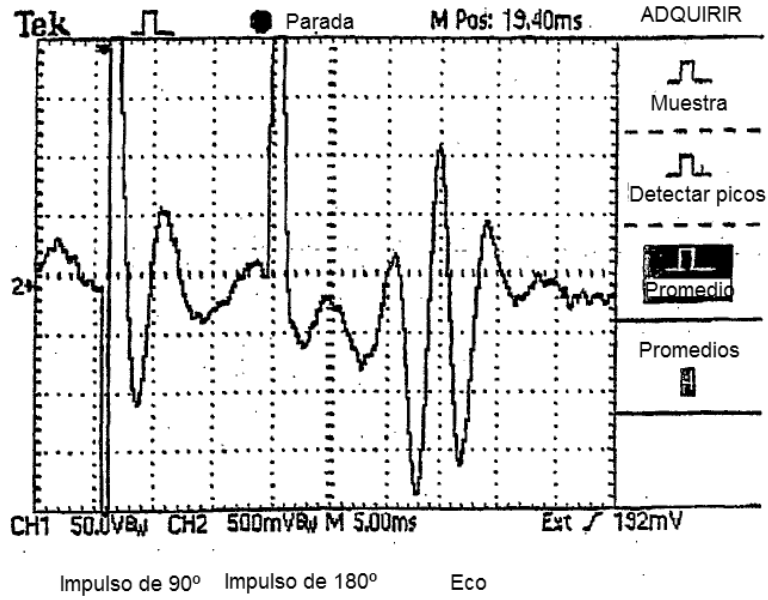
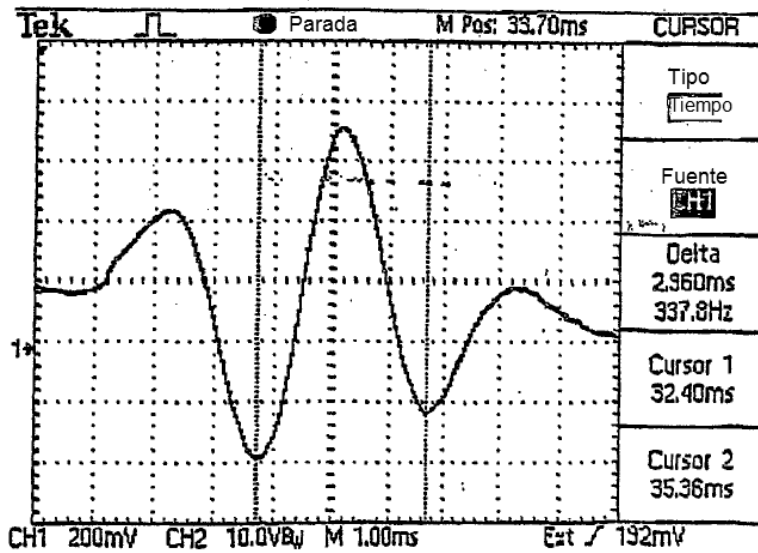


Fig. 6



Eco, B = 23,4Gs



Fig. 7

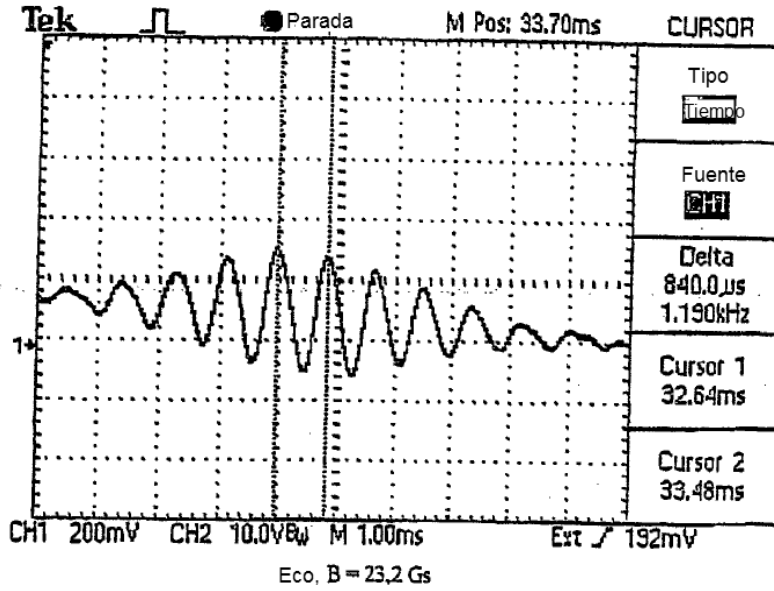


Fig. 8

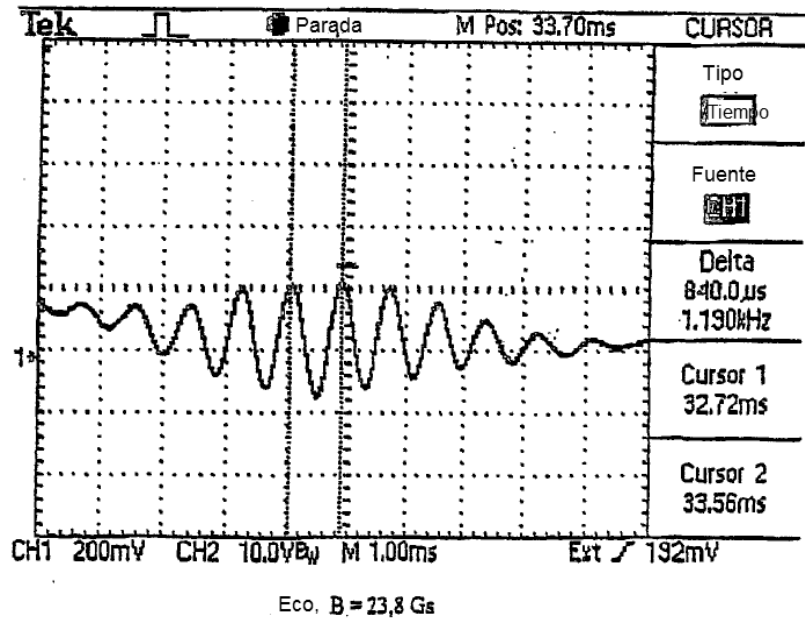


Fig. 9

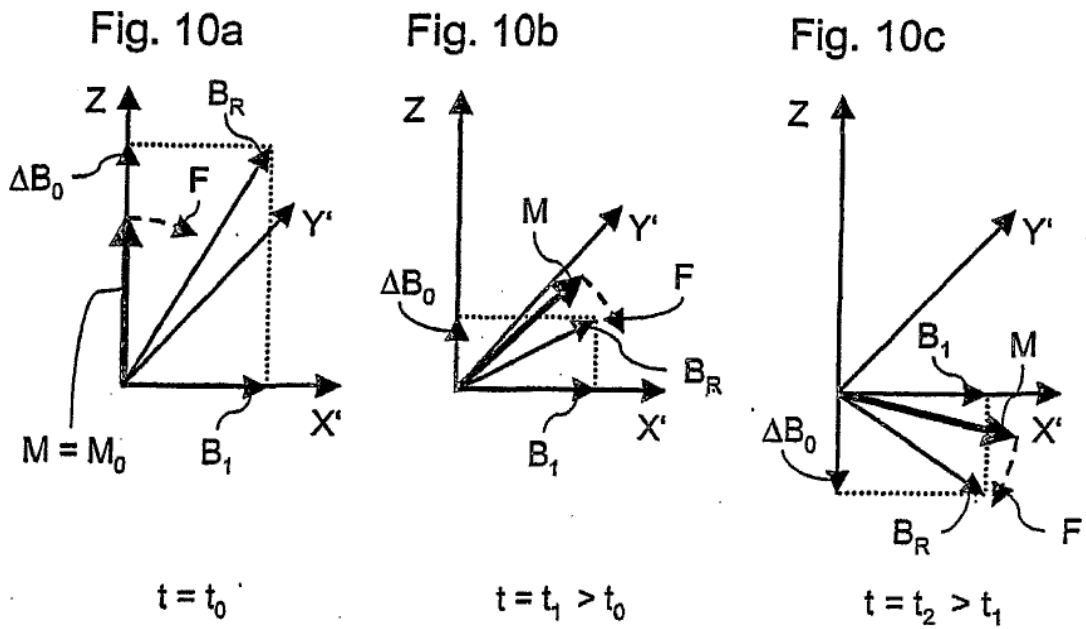
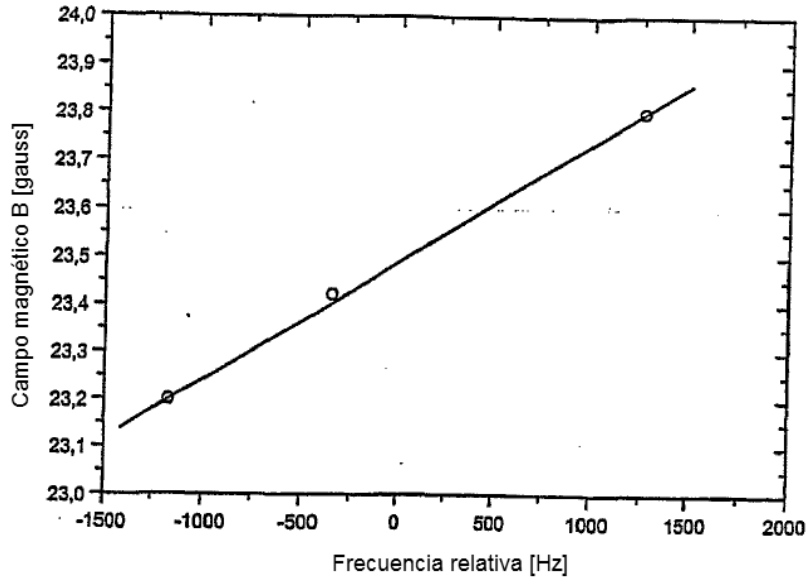


Fig. 11

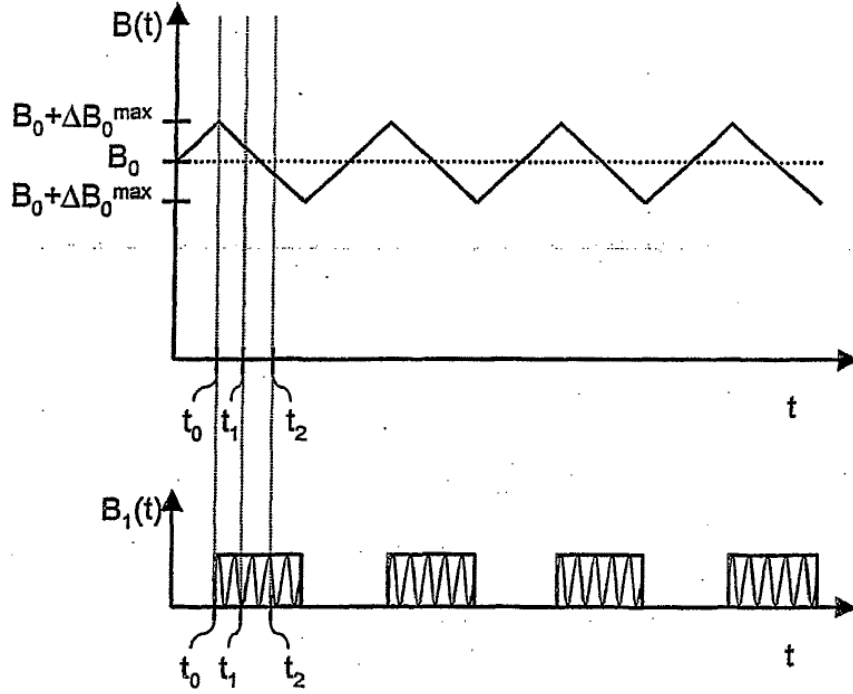


Fig. 12

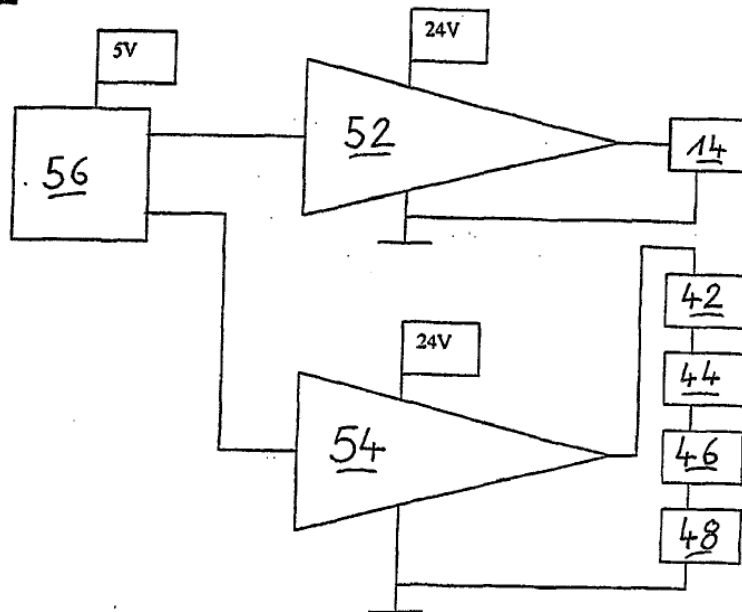


Fig. 13a

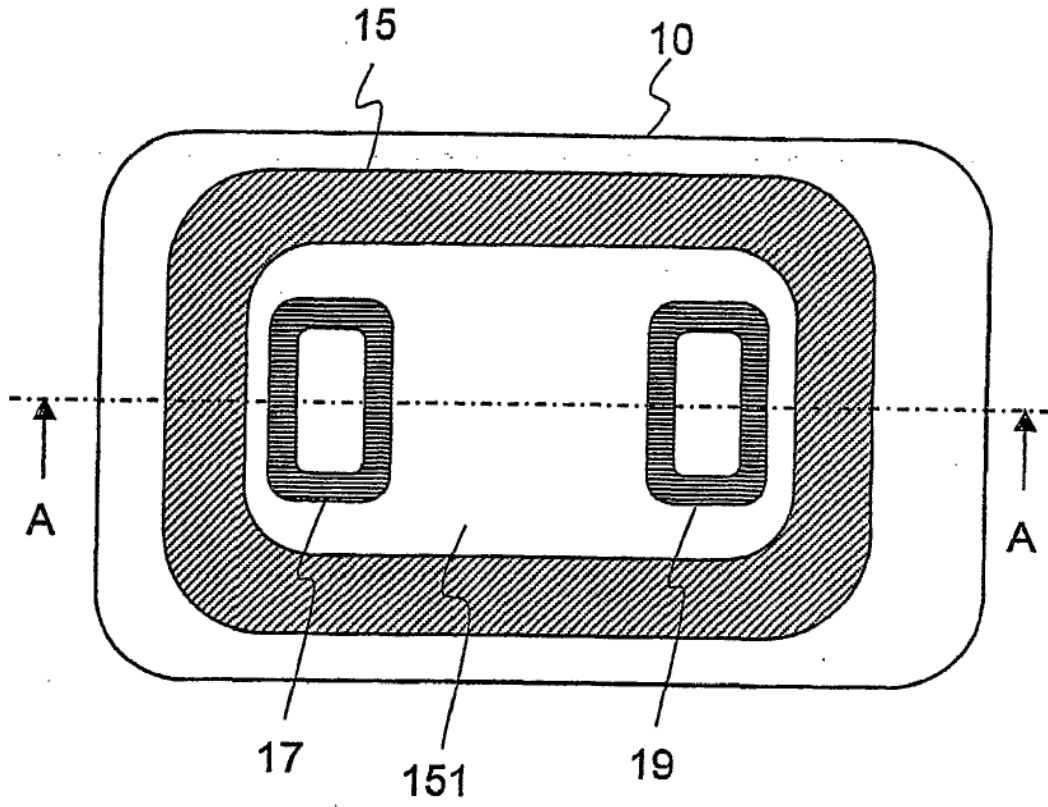


Fig. 13b

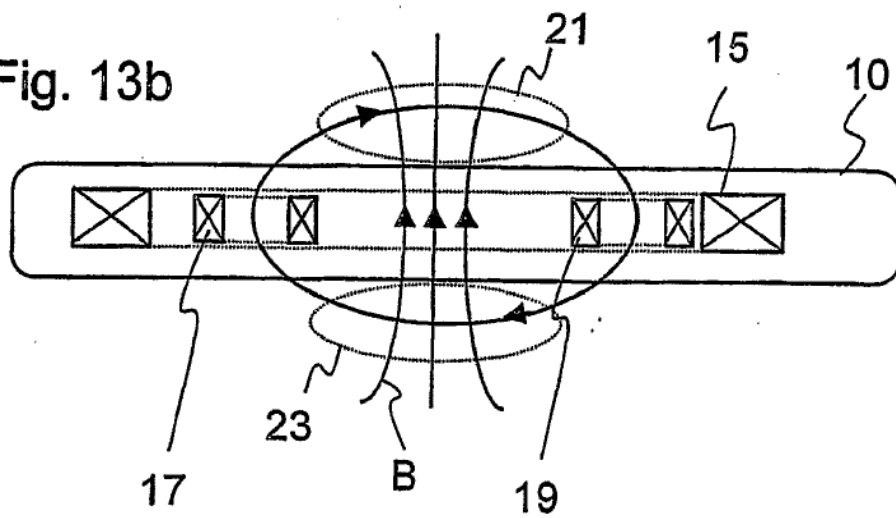


Fig. 14

