

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 028 357**

51 Int. Cl.:

**A61N 1/32** (2006.01)  
**A61N 2/02** (2006.01)  
**A61N 2/00** (2006.01)  
**A61B 18/12** (2006.01)  
**A61B 18/14** (2006.01)  
**A61N 1/06** (2006.01)  
**A61N 1/36** (2006.01)  
**H01F 7/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.06.2016** **E 21209190 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.04.2025** **EP 3978070**

54 Título: **Dispositivos de estimulación magnética para tratamientos terapéuticos**

30 Prioridad:

**01.07.2015 US 201514789156**  
**01.07.2015 US 201514789658**  
**29.10.2015 US 201514926365**  
**24.11.2015 US 201514951093**  
**17.03.2016 US 201615073318**  
**14.04.2016 US 201615099274**  
**10.05.2016 US 201615151012**  
**09.06.2016 US 201615178455**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la  
traducción de la patente:  
**19.06.2025**

73 Titular/es:

**BTL MEDICAL SOLUTIONS A.S. (100.00%)**  
**Celetná 600/7, Staré Mesto**  
**110 00 Praha 1, CZ**

72 Inventor/es:

**LADMAN, JAKUB;**  
**HURYCH, ZDENEK;**  
**MRAZEK, JIRI;**  
**PROUZA, ONDRA;**  
**PRIBULA, ONDREJ;**  
**SCHWARZ, TOMAS y**  
**FRANTA, TOMAS**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

ES 3 028 357 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

Dispositivos de estimulación magnética para tratamientos terapéuticos

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a aparatos para tratar a un paciente por medio de un campo magnético. La aplicación del campo magnético es proporcionada por una pluralidad de dispositivos generadores de campo magnético.

**Antecedentes de la invención**

10 La magnetoterapia utilizaba originalmente imanes permanentes con un campo magnético estacionario. Los imanes naturales se aplicaron especialmente a los puntos de acupuntura o al lugar del dolor. A partir de entonces, los imanes naturales fueron reemplazados por imanes sintéticos y electroimanes de campo magnético estacionario de mayor inducción que los imanes permanentes. En las últimas décadas, los procedimientos terapéuticos han utilizado principalmente un campo magnético pulsado.

15 Los dispositivos y procedimientos generadores de impulsos magnéticos se han utilizado para tratamientos médicos y/o tratamientos estéticos. Un campo magnético variable en el tiempo induce corrientes eléctricas en el cuerpo del paciente, lo que puede proporcionar un efecto similar al del tratamiento electroterapéutico. Las corrientes eléctricas inducidas pueden evocar una respuesta activa con suficiente intensidad, duración del impulso y/o tasa de repetición. La ventaja de los procedimientos que utilizan campo magnético en comparación con los procedimientos electroterapéuticos es que el cambio de la terapia de campo magnético no requiere contacto con el paciente y se puede realizar a través de la ropa. Con los tratamientos de campo magnético, la señal estimulante no atraviesa la piel. Más bien, las corrientes eléctricas se inducen directamente en el tejido estimulado. Esto aumenta el enfoque de la estimulación y elimina los efectos secundarios no deseados de la terapia (por ejemplo, irritación de la piel). Usando una densidad de flujo magnético suficientemente grande y/o una tasa de repetición, es posible estimular diversos tejidos sin necesidad de procedimientos invasivos.

20 Los dispositivos de estimulación magnética utilizados actualmente constan en su mayoría de un dispositivo generador de campo magnético, un condensador paralelo a una fuente de energía y un dispositivo de conmutación en serie a la fuente de energía. Además, dicha topología requiere un dispositivo amortiguador, tal como un diodo o un circuito amortiguador RC, para proteger la fuente de energía durante la polaridad inversa de la resonancia. El uso de un dispositivo amortiguador provoca grandes pérdidas de energía. El dispositivo de estimulación magnética desperdicia mucha energía debido a su baja eficiencia debido a pérdidas eléctricas significativas mientras genera el campo magnético variable en el tiempo. Por tanto, estos dispositivos generan impulsos magnéticos de forma ineficaz.

25 Además, existe la necesidad de tratar diferentes áreas por medio de un campo magnético para proporcionar un tratamiento más eficiente y rápido de áreas grandes. Las grandes áreas pueden ser al menos un grupo de músculos o una región propensa a la celulitis.

30 Otra desventaja de los dispositivos utilizados actualmente que utilizan un solo dispositivo generador de campo magnético es la forma del campo magnético. La forma del campo magnético depende de la forma del dispositivo generador de campo magnético. Es posible que el campo magnético no se enfoque selectivamente durante el tratamiento. Los parámetros ajustables son la densidad de flujo magnético, la tasa de repetición y/o el tiempo de duración del tratamiento.

35 Otra desventaja de los dispositivos de estimulación magnética utilizados actualmente es el tratamiento lento en el caso de zonas grandes y/o múltiples zonas tratadas. El aplicador tiene que moverse manualmente de una posición a otra para estimular la gran cantidad y/o la pluralidad de áreas tratadas y el tratamiento de toda el área lleva mucho tiempo. Además, el tratamiento no es homogéneo, ya que el campo magnético no estimula toda el área objetivo grande al mismo tiempo.

40 Además, los dispositivos de estimulación magnética que utilizan una pluralidad de dispositivos generadores de campo magnético tienen una eficacia limitada debido a la conexión en serie del dispositivo de conmutación y el dispositivo generador de campo magnético, que requiere un dispositivo amortiguador, lo que provoca elevadas pérdidas de energía.

45 Los dispositivos y procedimientos de funcionamiento de un dispositivo de estimulación magnética utilizados actualmente se limitan estrictamente a generar un campo magnético variable en el tiempo. Todos los procedimientos combinados se aplican mediante dos dispositivos separados que generan dos tipos diferentes de tratamiento. Existe una demanda de un dispositivo que proporcione tratamientos combinados, por ejemplo, tratamiento sin contacto por campo electromagnético, tal como el tratamiento convencional y el tratamiento por campo magnético variable en el tiempo.

50 Actualmente, la estimulación para el tratamiento y mejora del bienestar y/o apariencia del paciente se realiza por medio de procedimientos de tratamiento con imanes alcanzando bajas tasas de repetición o procedimientos de corriente continua. En el caso de tratamientos más intensivos, el funcionamiento del dispositivo de estimulación magnética está

limitado por los ajustes de fábrica y/o por los peores casos potenciales que están predefinidos por la dependencia de los valores máximos de las densidades de flujo magnético y las tasas de repetición. El tratamiento está limitado por los parámetros de funcionamiento preestablecidos.

5 De acuerdo con el estado de la técnica, la estimulación por medio de un campo magnético variable en el tiempo está limitada por parámetros clave como la tasa de repetición, la densidad de flujo magnético y/o la duración del tratamiento. El aplicador puede exceder una temperatura predeterminada que puede causar daño por calor al paciente cuando el tratamiento de la estructura biológica requiere una alta densidad de flujo magnético. Si el dispositivo de estimulación magnética produce más calor del que el sistema de enfriamiento puede disipar, el dispositivo de tratamiento se apaga en base a la retroalimentación de un sensor de temperatura en el aplicador.

10 En los dispositivos de estimulación magnética disponibles comercialmente, el límite puede ser establecido por el operador. Sin embargo, el sistema de control del dispositivo de estimulación magnética puede operar el dispositivo de estimulación magnética para alcanzar la densidad de flujo magnético predeterminada que es determinada empíricamente por el fabricante durante la estimulación más discriminativa, por ejemplo, el caso de la tasa de repetición más alta. Por lo tanto, la estimulación está limitada en el dominio de densidad de flujo magnético y/o la profundidad del tejido objetivo estimulado es limitada. Además, la estimulación también está limitada por la tasa de repetición y/o la duración del tratamiento.

15 Además, ningún dispositivo de estimulación magnética disponible comercialmente es capaz de monitorear la energía de estimulación y proteger al paciente y/o al dispositivo de estimulación magnética de un evento no deseado por medio del monitoreo del valor actual del parámetro de operación. Por lo tanto, un evento no intencionado puede causar daño por calor al paciente y/o al dispositivo de estimulación magnética sin interrumpir el tratamiento.

Los eventos no deseados pueden provocar la caída del parámetro de operación, por lo que la eficiencia del dispositivo de estimulación magnética disminuye si ocurre un evento no deseado. El consumo de potencia puede aumentar durante los parámetros de tratamiento sin cambios, poniendo en riesgo al paciente y/o al dispositivo de estimulación magnética.

25 La magnetoterapia utiliza la influencia del flujo magnético sobre el tejido biológico. La corriente eléctrica se induce en el tejido debido al cambio de voltaje que provoca una polarización de la membrana celular. Uno de los fenómenos fundamentales de la corriente eléctrica en el tejido biológico es una transferencia de excitación neural o contracción muscular. La intensidad del efecto depende de la densidad del flujo magnético, la tasa de repetición de los pulsos, la duración del pulso o la envolvente de la señal de estimulación.

30 El agua y las moléculas biológicas son sustancias diamagnéticas. El campo magnético no se ve afectado por sustancias diamagnéticas. Por lo tanto, no se produce pérdida de intensidad o densidad de flujo magnético al atravesar la estructura biológica o el tejido. Por lo tanto, las estructuras biológicas profundas también pueden ser estimuladas por el campo magnético variable en el tiempo. Uno de los campos magnéticos que varían en el tiempo es el llamado campo electromagnético pulsado (PEMF). El PEMF está limitado por la tasa de repetición e incluso por la densidad de flujo magnético. Las tasas de repetición de PEMF están en el intervalo de 5 a 100 Hz y la densidad de flujo magnético es de hasta 600 Gauss (equivalente a 60 mT) de acuerdo con Physikalische Medizin. [HEISEL, Jürgen. Physikalische Medizin. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG, 2005. ISBN 3-13-139881-7. p. 159]. Otra fuente menciona una densidad de flujo magnético máxima de 6 mT. [BRONZINO, Joseph, D. The Biomedical Engineering Handbook, Volume I. Estados Unidos de América: CRC Press LLC, 2000. Segunda edición. ISBN 0-8493-0461-X. p. 91-1 - 91-8].

40 Los procedimientos existentes de magnetoterapia generalmente tienden a estar limitados por los parámetros clave de la tasa de repetición y/o la densidad de flujo magnético. Estos procedimientos pueden utilizar valores altos de densidad de flujo magnético a una tasa de repetición baja o viceversa. Estas combinaciones limitan la efectividad de la terapia muscular a tasas de repetición más altas por encima de 50 Hz. Por lo tanto, la estimulación de estructuras profundas o la estimulación por altas tasas de repetición o la combinación de ambas es limitada. Los diseños existentes no proporcionan ningún dispositivo y/o procedimiento para estimular la estructura biológica a una tasa de repetición superior a 50 Hz y una densidad de flujo magnético suficiente para causar al menos una contracción muscular parcial de forma repetitiva. Además, los procedimientos existentes no divulgan el tiempo de duración de la terapia.

45 Los procedimientos existentes tampoco son capaces de proporcionar estimulación de estructuras biológicas mediante campos magnéticos pulsados a frecuencias de repetición que excedan la resolución de frecuencia de la estructura biológica. Algunos sistemas también requieren hacer contacto físico con el paciente, ya que el campo magnético es débil o la señal de estimulación no se puede transferir sin el contacto eléctrico. Generalmente, estos procedimientos conocidos se limitan a tasas de repetición superiores a 50 Hz para proporcionar estimulación de la estructura biológica. Además, no se utilizan tasas de repetición superiores a 100 Hz. Los procedimientos terapéuticos con tasas de repetición superiores a 100 Hz se proporcionan solo mediante procedimientos electroterapéuticos.

55 Los procedimientos existentes tampoco son capaces de proporcionar una estimulación no invasiva de las estructuras neuronales por medio de un campo magnético que varía en el tiempo a tasas de repetición que superan la resolución de frecuencia de la estructura neuronal. Algunos sistemas también requieren contacto físico con el paciente, ya que el campo magnético es débil o la estimulación no se puede transferir sin el contacto eléctrico. Generalmente, estos

procedimientos conocidos se limitan a tasas de repetición que alcanzan los 120 Hz para proporcionar estimulación de la estructura neural.

En la actualidad, la contracción muscular o la estimulación de la estructura neural para el diagnóstico o el pronóstico o la mejora del bienestar del paciente, tal como el fortalecimiento, el entrenamiento, la biorrelajación o el efecto analgésico a tasas de repetición más altas por encima de 50 Hz y con un estímulo de intensidad suficiente, solo se pueden lograr por terapia de corriente continua. Sin embargo, los procedimientos de corriente continua requieren contacto con el paciente e incluso pueden ser invasivos. Estos procedimientos pueden resultar en irritación de la piel, aplicación dolorosa especialmente por el estímulo de alta intensidad, malestar durante el tratamiento, falta de estimulación profunda del tejido por procedimientos no invasivos y falta de cumplimiento por parte del paciente de una terapia prescrita debido a estos factores.

La medicina estética incluye todos los tratamientos que mejoran la apariencia visual y la satisfacción del paciente. Los pacientes no solo quieren gozar de buena salud, también quieren minimizar todas las imperfecciones, incluida la forma del cuerpo y los efectos del envejecimiento natural. De hecho, los pacientes solicitan procedimientos rápidos y no invasivos que brinden resultados satisfactorios con riesgos mínimos.

Los procedimientos más comunes usados para aplicaciones estéticas no invasivas se basan en la aplicación de ondas mecánicas, por ejemplo, terapia de ultrasonido u ondas de choque; u ondas electromagnéticas, por ejemplo, tratamiento de radiofrecuencia o tratamiento con luz, tal como luz pulsada intensa o tratamiento con láser. El efecto de las ondas mecánicas sobre el tejido se basa especialmente en los efectos de cavitación, vibración y/o inducción de calor. El efecto de las aplicaciones que utilizan ondas electromagnéticas se basa especialmente en la producción de calor en la estructura biológica.

El tejido de la piel se compone de tres elementos básicos: epidermis, dermis e hipodermis o la denominada subcutis. La capa de piel exterior y también la más fina es la epidermis. La dermis está formada por colágeno, tejido elástico y fibras reticulares. La hipodermis es la capa más interior de la piel y contiene raíces de folículos pilosos, vasos linfáticos, tejido de colágeno, nervios y también grasa que forma un tejido adiposo blanco subcutáneo (SWAT). Las células grasas crean lóbulos que están delimitados por tejido conectivo, tabiques fibrosos (retinaculum cutis).

Otra parte del tejido adiposo, la denominada grasa visceral, se localiza en la cavidad peritoneal y forma tejido adiposo blanco visceral (VWAT) situado entre el peritoneo parietal y el peritoneo visceral, muy por debajo de las fibras musculares contiguas a la capa de hipodermis. PEMF se puede utilizar para mejorar las aplicaciones convencionales de medicina estética no invasiva, por ejemplo, tratamiento de radiofrecuencia, tratamiento de diatermia, tratamiento de ultrasonido, etc. Los resultados visuales mejorados se logran en combinación con estos procedimientos como se describe en la solicitud de patente US2015025299. La densidad de flujo magnético del campo magnético recitado alcanza 2 mT (20 Gauss) y la tasa de repetición varía de 16 a 25 Hz.

El documento US2015157873 describe un aplicador que incluye una bobina de estimulación para emitir un campo magnético al paciente para inducir la contracción muscular a fin de descomponer el tejido graso. La densidad de flujo magnético está en el intervalo de 0,01 a 0,1 T a una distancia de 5 cm de la superficie de la bobina, la tasa de repetición mencionada varía de 10 a 30 Hz y la duración del impulso está en el intervalo de 100 a 300  $\mu$ s. Sin embargo, la estimulación propuesta por densidad de flujo magnético 0,1 T se limita a estimular solo el músculo superficial. Además, esta estimulación puede llevar mucho tiempo y proporcionar resultados limitados. La densidad de flujo magnético de 0,1 T es insuficiente para estimular intensamente el músculo superficial o las estructuras biológicas profundas, ya que la densidad de flujo magnético es baja. La densidad de flujo magnético puede estimular un número limitado de fibras musculares. Por lo tanto, la contracción muscular es débil y el procedimiento es insuficiente para ser aplicado para mejorar satisfactoriamente la apariencia visual. Para lograr cualquier resultado, la duración del tratamiento es prolongada. En consecuencia, los pacientes con un BMI alto no pueden recibir un buen tratamiento con los procedimientos existentes.

Los enfoques estéticos actuales no proponen ningún procedimiento suficiente para la mejora visual por medio del uso con contacto y/o sin contacto. Los procedimientos descritos anteriormente están limitados en parámetros clave que son la tasa de repetición y/o la densidad de flujo magnético. Todos los procedimientos conocidos utilizan valores bajos de densidad de flujo magnético y/o tasas de repetición bajas que no permiten una mejora satisfactoria de la apariencia visual. Como resultado, se necesitan nuevos procedimientos para mejorar la apariencia visual del paciente.

Los actuales enfoques estéticos no ofrecen ningún tratamiento que combine el efecto del tratamiento de campo magnético variable en el tiempo y el tratamiento convencional, por ejemplo, el tratamiento por medio del campo electromagnético como el tratamiento por radiofrecuencia. El tratamiento de radiofrecuencia utilizado actualmente incluye muchos eventos adversos tales como temperatura térmica no homogénea, flujo sanguíneo y/o linfático insuficiente durante y/o después del tratamiento. Además, pueden ocurrir varios eventos adversos, tales como paniculitis, después del tratamiento.

## Sumario de la invención

La invención se define en la reivindicación independiente adjunta 1, se describen realizaciones adicionales en las reivindicaciones dependientes. Los procedimientos descritos en la descripción a continuación no son parte de la presente invención y sólo sirven como fines ilustrativos.

5 Un campo magnético variable en el tiempo se puede utilizar para tratar diversos trastornos y lesiones de los músculos, nervios y tejido conectivo. También se puede utilizar en fisioterapia, terapia estética, urología, uroginecología, psiquiatría, neurología y neurofisiología para terapia y diagnóstico/pronóstico.

10 Un dispositivo para la generación de un campo magnético variable en el tiempo puede incluir una fuente de energía, un dispositivo de almacenamiento de energía, un circuito de conmutación, una bobina y posiblemente un núcleo. El dispositivo de almacenamiento de energía acumula decenas de julios de energía y la densidad de flujo magnético inducida por la bobina está en el intervalo de décimas de un Tesla a aproximadamente un Tesla.

15 Los dispositivos existentes tienen baja eficiencia y desperdician energía, lo que limita su uso. Las corrientes de eddy inducidas dentro de la bobina crean desafíos de ingeniería. Los dispositivos existentes contienen bobinas que están hechas de tiras metálicas, alambres eléctricos o conductores huecos. Dado que la terapia requiere grandes corrientes, las corrientes de eddy inducidas dentro de la bobina provocan pérdidas significativas. Las corrientes de eddy conducen a la producción de calor no deseado y, por lo tanto, es necesario enfriar suficientemente la bobina. Además, la fuente de energía debe protegerse durante la polaridad inversa de la resonancia. Esto requiere el uso de circuitos de protección que consumen cantidades importantes de energía.

20 Debido a la baja eficiencia, los dispositivos existentes pueden no lograr tasas de repetición de pulsos magnéticos por encima de cien Hertz, ya que puede ser necesario para producir una densidad de flujo magnético suficiente para actuar sobre neuronas, fibras musculares y/o células endocrinas (por ejemplo, al menos contracción muscular parcial). Con los dispositivos existentes, las interrupciones durante la terapia o entre terapias suelen ser necesarias para evitar el sobrecalentamiento del dispositivo.

25 Los presentes procedimientos y dispositivos como se describen a continuación producen un campo magnético variable en el tiempo para el tratamiento del paciente que optimiza mejor el uso de energía, aumenta la eficacia de los tratamientos y proporciona un nuevo tratamiento. Los impulsos magnéticos pueden generarse en regímenes monofásicos, bifásicos o polifásicos. En un primer aspecto, el dispositivo tiene una o más bobinas; un conmutador; un dispositivo de almacenamiento de energía y una conexión a una fuente de energía. La bobina puede estar hecha de alambres aislados con un diámetro de conductor menor que 3 mm, incluso más preferentemente menor que 0,5 mm y lo más preferentemente menor que 0,05 mm. El diámetro más pequeño y el aislamiento individual de los alambres reducen significativamente el autocalentamiento de la bobina y, por lo tanto, aumentan la eficiencia del dispositivo de estimulación magnética. La bobina se puede unir de manera flexible en una cubierta de dispositivo. La cubierta puede comprender un ventilador o ventiladores que aseguren el enfriamiento de la bobina.

30 El espacio entre los alambres aislados puede rellenarse con un material sólido para reducir el ruido causado por las vibraciones. La bobina está conectada con un dispositivo de almacenamiento de energía que sirve como almacenamiento de energía.

35 El conmutador puede ser cualquier tipo de conmutador tal como diodo, MOSFET, JFET, IGBT, BJT, tiristor o una combinación de ellos. El conmutador se puede conectar en paralelo a la bobina y al dispositivo de almacenamiento de energía, para eliminar la polaridad inversa de alto voltaje en los terminales de la fuente de energía en la segunda mitad del efecto resonante. Por lo tanto, no hay necesidad de circuitos de protección adicionales para proteger la fuente de energía del voltaje negativo. Se evitan las pérdidas eléctricas asociadas con dichos circuitos de protección. Se reduce el uso de energía. También se reduce la caída de voltaje en el dispositivo de almacenamiento de energía entre la primera y la segunda oscilación máxima durante la resonancia. A través de la caída de voltaje más baja, se pueden lograr tasas de repetición más altas de pulsos magnéticos y una mayor densidad de flujo magnético para el tratamiento del paciente.

40 La bobina del dispositivo de estimulación magnética se puede unir de manera flexible a la cubierta del dispositivo. El ventilador o los ventiladores pueden disponerse para soplar aire en ambos lados de la bobina. Opcionalmente, la bobina puede ser una bobina de tipo plano.

45 Como se usa en la presente memoria, "terapia continua" y "estimulación magnética continua" significa terapia en la que el conjunto de la densidad de flujo magnético y la tasa de repetición de los pulsos magnéticos no conduce a exceder la temperatura de funcionamiento de 43 °C en la cubierta del dispositivo funcionando a una temperatura ambiente de 30 °C independientemente de la duración de la terapia. La presente invención proporciona un dispositivo de estimulación magnética que incluye un dispositivo de tratamiento por radiofrecuencia.

50 El dispositivo combinado de tratamiento magnético y de radiofrecuencia incluye al menos un dispositivo generador de campo magnético que es capaz de generar pulsos magnéticos de alta potencia y también un tratamiento de radiofrecuencia.

55 La presente invención proporciona un dispositivo de estimulación magnética mediante el uso de una pluralidad de dispositivos generadores de campos magnéticos. El uso de una pluralidad de dispositivos generadores de campo

- 5 magnético proporciona un tratamiento más rápido. Se pueden tratar áreas grandes y/o diferentes en menos tiempo. El uso de una pluralidad de aplicadores permite estimular diferentes áreas y/o estructuras biológicas objetivo al mismo tiempo. El movimiento del al menos un aplicador puede seguir automáticamente una trayectoria predeterminada. Por tanto, no es necesaria la manipulación manual. Además, un operador puede ajustar la forma del campo magnético generado.
- 10 El efecto del tratamiento está más enfocado ya que la estimulación magnética puede enfocarse por la interferencia de los campos magnéticos generados por la pluralidad de dispositivos generadores de campos magnéticos. El campo magnético puede estimular selectivamente pequeñas estructuras biológicas y el efecto del tratamiento puede ser más eficaz. Los resultados se pueden lograr más rápidamente ya que el tratamiento se mejora debido al uso de la pluralidad de dispositivos generadores de campos magnéticos.
- 15 El tratamiento es más efectivo con referencia a los dispositivos de estimulación magnética utilizados actualmente debido al uso de un dispositivo de conmutación en paralelo con referencia a la fuente de energía, dado que la efectividad es mayor debido a menores pérdidas de energía. Además, no hay pérdidas en los dispositivos amortiguadores, no se necesita ni se utiliza ningún dispositivo amortiguador. Además, los componentes de hardware se pueden clasificar al voltaje de trabajo nominal de la fuente de potencia incluso durante la resonancia. Esto proporciona una ventaja significativa en relación con los dispositivos existentes que utilizan una topología de conmutador en serie en la que, durante la resonancia, los componentes de hardware se cargan con un voltaje aproximadamente el doble del voltaje de trabajo nominal.
- 20 La presente invención proporciona un nuevo enfoque para determinar los parámetros del tratamiento de la estructura biológica.
- 25 De acuerdo con el primer aspecto de la invención, el dispositivo de estimulación magnética monitoriza la energía de estimulación en función del valor actual de un parámetro de operación y/o la forma de onda del parámetro de operación de un período.
- De acuerdo con otro aspecto de la invención, el dispositivo de estimulación magnética puede incluir protección térmica adicional en base a procedimientos matemáticos y/o de procesamiento de señales que determinan la relación del parámetro de operación actualmente determinado con una referencia y/o con el parámetro de operación medido en un valor diferente de la cantidad característica.
- 30 De acuerdo con otro aspecto más de la invención, el dispositivo de estimulación magnética puede determinar, en base a la característica térmica de transición del dispositivo de estimulación magnética, los parámetros de tratamiento máximos que pueden ser enfriados suficientemente por el sistema de enfriamiento.
- De acuerdo con otro aspecto más de la invención, la unidad de control puede calcular el flujo óptimo del medio de enfriamiento en base a los parámetros de tratamiento, la característica térmica de transición del dispositivo de estimulación magnética y/o la temperatura del medio de enfriamiento y reducir significativamente el ruido del sistema de enfriamiento.
- 35 De acuerdo con otro aspecto más de la invención, la unidad de control puede optimizar los parámetros de tratamiento en base al valor actual de los parámetros de funcionamiento y una característica térmica de transición del dispositivo de estimulación magnética.
- 40 La presente divulgación proporciona un tratamiento alternativo de enfermedades neurales, diagnóstico o pronóstico, que alivia el dolor, miorrelajación, estimulación muscular, cicatrización de tejidos, mejora del sueño o reducción del edema. Además, los presentes procedimientos se pueden proporcionar en combinación con el tratamiento con medicamentos tradicionales.
- El procedimiento descrito, que no es parte de la presente invención puede proporcionar una transferencia no invasiva de una señal de estimulación desde un aplicador a la estructura biológica para evocar el potencial de acción de la estructura biológica.
- 45 El procedimiento puede utilizar una densidad de flujo magnético pico a pico en una superficie de bobina de al menos 0,2 T, 0,4 T, 1,5 T, 2 T o al menos 3 T. La tasa de repetición puede exceder 50 Hz, 80 Hz, 90 Hz, 100 Hz o 120 Hz y hasta 150 Hz, con una tasa de repetición preferible de hasta 700 Hz. con tratamientos iniciales o sucesivos que duran varios segundos o más, por ejemplo, durante al menos 5, 10, 30, 60, 120 o 240 segundos, o más. El ancho del pulso está en el intervalo de decenas a cientos de microsegundos.
- 50 En un primer aspecto, un procedimiento proporciona la estimulación de la estructura biológica mediante el uso de un campo magnético a tasas de repetición superiores a 50 Hz con el propósito de al menos una contracción muscular parcial.
- 55 En otra aplicación de la invención, el campo magnético variable en el tiempo a una tasa de repetición más alta que excede la resolución de la tasa de repetición de la estructura neural puede usarse para generar una envolvente de frecuencia de repetición más baja que la tasa de repetición. La envolvente puede ser generada por densidad de flujo

magnético variable en el tiempo y/o tasa de repetición y/o duración del impulso. Este procedimiento es eficaz para estimular el músculo denervado.

De acuerdo con la primera aplicación de la invención, el campo magnético variable en el tiempo con una densidad de flujo magnético de al menos 0,1 T y/o una tasa de repetición de al menos 100 Hz se puede utilizar para la estimulación de la estructura biológica para el diagnóstico, pronóstico o mejorar el bienestar del paciente.

En otra aplicación más de la invención, el campo magnético variable con el tiempo puede usarse para estimular la estructura biológica para mejorar la salud mental del paciente o para influir en la producción y/o el equilibrio hormonal.

En otra aplicación más de la invención, el campo magnético variable en el tiempo también puede usarse para la estimulación de estructuras neurales profundas, por ejemplo, para tratar enfermedades psiquiátricas y/o neurodegenerativas y/o psiquiátricas, tales como el tratamiento de la enfermedad de Parkinson o Alzheimer.

En otra aplicación más de la invención, el campo magnético variable en el tiempo puede usarse para la estimulación de la estructura neural para determinar si la vía neural está alterada o no, o puede determinarse el nivel de la alteración. El único enfoque es estimular el sistema neural central o la estructura neural periférica y determinar la retroalimentación, por ejemplo, contracción muscular. La deficiencia de conducción puede determinarse mediante la contracción voluntaria máxima.

En otra aplicación más de la invención, el campo magnético variable con el tiempo también puede usarse para la estimulación de la estructura neural para aliviar el dolor por medio de la estimulación del sistema neural central o por medio de la estructura neural periférica. En general, la estructura neuronal periférica puede ser estimulada por tasas de repetición superiores a 100 Hz y/o por envolventes de frecuencias de repetición más bajas. La tasa de repetición y la densidad de flujo magnético estimulan selectivamente diferentes estructuras neuronales. El dolor se alivia con tasas de repetición específicas, formas de pulso y/o densidades de corriente. El efecto de alivio del dolor puede ser causado por un campo magnético variable en el tiempo de alta potencia en diferentes niveles del sistema neural.

En otra aplicación más de la invención, el campo magnético variable en el tiempo puede usarse para estimular la estructura neural para causar efectos de miorelajación. Los efectos de miorelajación pueden ocurrir generalmente durante la estimulación por un campo magnético variable en el tiempo de tasa de repetición de al menos 100 Hz. Sin embargo, la estructura neural puede ser estimulada por envolventes a frecuencias de repetición más bajas por debajo de 100 Hz.

En otro aspecto de la invención, se estimula una placa neuromuscular provocando una contracción al menos parcial del músculo. El músculo se contrae a tasas de repetición más altas y la contracción es más fuerte y más eficiente para mejorar la fuerza muscular. El procedimiento es especialmente útil para músculos profundos, músculos principales y para el tratamiento de pacientes con un valor alto de BMI. El músculo profundo es el músculo que se encuentra debajo del músculo superficial. Los tejidos musculares pueden estimularse selectivamente y la densidad de flujo magnético de la estimulación puede ajustarse en base a las características o información del paciente. El tiempo de tratamiento se puede acortar al mínimo debido a la estimulación selectiva de los músculos objetivo. Además, el tratamiento puede ser no invasivo o incluso sin contacto debido al alto valor de la densidad de flujo magnético. El paciente puede ser tratado sin quitarse la ropa, lo que reduce la incomodidad del paciente.

En otra aplicación más de la invención, el campo magnético variable en el tiempo puede usarse para estimular la estructura neural para provocar la estimulación muscular. La estimulación muscular puede ocurrir durante la estimulación por envolventes de frecuencias de repetición por debajo de 100 Hz. La aplicación se puede utilizar para la estimulación del tratamiento de músculos desnervados.

La estructura biológica objetivo puede ser una articulación. Debido al campo magnético pulsado, se mejoran las propiedades fluidas dinámicas del líquido sinovial y se logra la contracción muscular, contribuyendo al posicionamiento de la articulación mediante movimientos cortos de los compartimentos articulares.

En otra aplicación más de la invención, el campo magnético variable en el tiempo puede usarse para estimular la estructura neural para provocar un efecto de curación del tejido, mejorar los patrones de sueño o reducir el edema.

En un aspecto adicional de la descripción, el procedimiento estimula la estructura biológica a través de una señal de estimulación magnética de al menos 100 Hz, donde la estimulación está destinada a una contracción muscular al menos parcial. El campo magnético pulsado induce la corriente eléctrica que puede proporcionar miorelajación. La tasa de repetición de la señal de estimulación puede ser de al menos 120 Hz o al menos 140 Hz.

Las ventajas de la presente magnetoterapia pueden incluir: estimulación de las estructuras neurales profundas que son estimuladas de forma problemática por la estimulación superficial; aplicación no invasiva y/o sin contacto de densidad de flujo magnético; tratamiento sin quitarse la ropa; no invasividad absoluta de la estimulación y eliminación de la irritación de la piel en el lugar de la aplicación del campo magnético variable en el tiempo; alta tasa de aceptabilidad de la estimulación por parte de los pacientes; eliminación de los efectos secundarios de la estimulación; eliminación de la necesidad de aplicador hecho de materiales biocompatibles; proporcionar un aplicador limpio y estéril; y capacidad para proporcionar tratamiento local o de área.

La presente descripción proporciona nuevos procedimientos de tratamiento estético de un paciente, que no son parte de la presente invención.

En un primer aspecto, un procedimiento para la estimulación de la estructura biológica utiliza un campo magnético variable en el tiempo con una densidad de flujo magnético de al menos 0,15 T y/o una tasa de repetición de 30 Hz con el propósito de al menos una contracción muscular parcial y realzando la apariencia visual del área del cuerpo tratada.

En otro aspecto, la estimulación utiliza la transferencia no invasiva y/o sin contacto de la señal de estimulación desde un aplicador a la estructura biológica para evocar el potencial de acción de la estructura biológica para inducir al menos una contracción muscular parcial. El aplicador puede incluir una fuente de campo magnético, por ejemplo, una bobina.

Los presentes procedimientos permiten nuevos tratamientos definidos por una densidad de flujo magnético de pico a pico en la superficie de la bobina de al menos 0,15, 0,2, 0,8, 1,5, 2, 2,4 o hasta 7 Tesla a una tasa de repetición de al menos 1, 10, 30, 50, 55, 60 o hasta 700 Hertz con tratamiento/tratamientos sucesivos que duran varios segundos o más, por ejemplo, durante al menos 5, 10, 30, 60, 120 o 240 segundos, o más. El ancho del pulso está en el intervalo de decenas a cientos de  $\mu$ s.

En un aspecto adicional, se estimula una placa neuromuscular y/o el nervio que inerva la placa neuromuscular y se proporciona al menos una contracción muscular parcial. El músculo puede contraerse a tasas de repetición más altas y la contracción es más fuerte. Por lo tanto, la estimulación es más eficaz para reducir el número y/o el volumen de adipocitos y mejorar la apariencia visual del área corporal tratada mediante la contracción muscular objetivo. Además, las contracciones musculares fuertes a tasas de repetición más altas provocan un movimiento mecánico de todas las capas cercanas al músculo contraído. Por tanto, este procedimiento provoca la remodelación y/o la neogénesis de las fibras de colágeno y elastina.

De acuerdo con otra realización, el procedimiento puede aplicarse para mejorar el aspecto visual del área corporal que incluye o próxima a las estructuras musculares principales. Además, el procedimiento para mejorar la apariencia visual es conveniente para el tratamiento de pacientes con un BMI alto.

El tejido muscular se estimula de forma selectiva y la densidad de flujo magnético de la estimulación se puede ajustar en base a la sensación y/o las necesidades del paciente. El tiempo de tratamiento se acorta debido a la estimulación selectiva de los músculos. Además, el tratamiento puede ser no invasivo o incluso sin contacto debido al alto valor de la densidad de flujo magnético. También se pueden utilizar procedimientos invasivos. El paciente puede ser tratado sin necesidad de quitarse la ropa. El procedimiento reduce la incomodidad del paciente.

Los presentes procedimientos pueden usarse para mejorar la apariencia visual de áreas corporales incluyendo reducción de tejido adiposo, tonificación muscular, modelación muscular, modelación corporal, modelación corporal, estiramiento de la piel, tratamiento de celulitis, reducción circunferencial, aumento de senos y/o aumento de labios.

Un procedimiento para tratar una estructura biológica usa una combinación de procedimientos no invasivos para mejorar la apariencia humana. La invención utiliza radiación electromagnética. Los procedimientos se pueden utilizar para remodelar el tejido adiposo objetivo, el tratamiento focalizado de la celulitis, el contorno corporal, el estiramiento de la piel o el rejuvenecimiento de la piel. La invención se refiere al calentamiento focalizado del tejido objetivo mediante ondas electromagnéticas, mientras que el efecto del calentamiento focalizado del tejido objetivo se amplifica mediante el efecto de un tratamiento de campo magnético pulsado.

#### Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista en sección transversal de un devanado de bobina.

La figura 2 es una realización ilustrativa de la sección transversal del aplicador magnético.

La figura 3 es una realización ilustrativa de una cubierta del aplicador magnético.

Las figuras 4A y 4B ilustran un circuito para proporcionar impulsos de alta potencia a una bobina estimulante.

La figura 5 es un gráfico que muestra la caída de voltaje en el dispositivo de almacenamiento de energía.

La figura 6 ilustra un modo de funcionamiento cuando los impulsos son generados por la pluralidad de dispositivos generadores de campo magnético al mismo tiempo dentro de un pulso.

La figura 7 ilustra un modo de funcionamiento cuando los impulsos son generados por la pluralidad de dispositivos generadores de campo magnético en una pluralidad de momentos diferentes dentro de un pulso.

La figura 8 ilustra una realización ejemplar de un dispositivo de estimulación magnética que incluye una pluralidad de dispositivos generadores de campos magnéticos que generan impulsos dependientes del tiempo.

La figura 9 ilustra una realización ejemplar de un dispositivo de estimulación magnética que incluye una pluralidad de dispositivos generadores de campos magnéticos que generan impulsos independientes del tiempo.

La figura 10 ilustra una realización ejemplar de un dispositivo de estimulación magnética que incluye una pluralidad de dispositivos generadores de campos magnéticos que generan impulsos independientes del tiempo.

La figura 11 ilustra una curva de calibración de voltaje de un impulso medido en el dominio del tiempo.

5 Las figuras 12A-12G ilustran una diferencia de una curva de calibración de voltaje en el caso de un objeto metálico en la proximidad del dispositivo de estimulación magnética.

La figura 13 ilustra una diferencia de la curva de calibración de voltaje en el caso de un error de hardware del dispositivo de estimulación magnética.

La figura 14 ilustra un diagrama de un algoritmo de cálculo que funciona con una pluralidad de entradas.

La figura 15 ilustra una aplicación ejemplar del algoritmo de cálculo.

10 La figura 16 ilustra una curva de potencial de acción de una estructura biológica.

La figura 17 ilustra una intensidad percibida del estímulo.

Las figuras 18A y 18B ilustran una generación envolvente mediante modulación de densidad de flujo magnético.

Las figuras 19A y 19B ilustran una generación envolvente mediante modulación de tasa de repetición.

Las figuras 20A y 20B ilustran una generación envolvente mediante modulación de duración de impulso.

15 La figura 21 ilustra una aplicación ejemplar de la secuencia de pretratamiento.

La figura 22 ilustra una estimulación mediante ráfagas ejemplares.

Las figuras 23A y 23B ilustran una generación de envolvente constante.

Las figuras 24A, 24B y 24C ilustran una generación de FSE y SSE de OS.

La figura 25 ilustra un valor umbral correspondiente a diferentes envolventes de la señal de estimulación.

## 20 **Lista de números de referencia**

|    |    |                                          |
|----|----|------------------------------------------|
|    | 1  | dispositivo generador de campo magnético |
|    | 2  | alambre de circuitos                     |
|    | 3  | puntos de sujeción                       |
|    | 4  | ventilador                               |
| 25 | 5  | aplicador                                |
|    | 6  | flechas                                  |
|    | 7  | cubierta de aplicador magnético          |
|    | 8  | salida                                   |
|    | 9  | tubo de conexión                         |
| 30 | 10 | conducto de fluido                       |
|    | 11 | conmutador                               |
|    | 12 | bobinas                                  |
|    | 13 | dispositivo de almacenamiento de energía |
|    | 14 | fuerza de energía                        |
| 35 | 15 | circuitaría de protección                |
|    | 16 | impulso                                  |
|    | 17 | pulso                                    |
|    | 18 | fuerza de energía                        |
|    | 19 | dispositivo de almacenamiento de energía |
| 40 | 20 | dispositivo generador de campo magnético |
|    | 21 | dispositivo generador de campo magnético |
|    | 22 | dispositivo generador de campo magnético |
|    | 23 | dispositivo de conmutación               |
|    | 24 | dispositivo de conmutación               |
| 45 | 25 | dispositivo de conmutación               |
|    | 26 | dispositivo de conmutación               |
|    | 27 | fuerza de energía                        |
|    | 28 | dispositivo de almacenamiento de energía |
|    | 29 | dispositivo de almacenamiento de energía |
| 50 | 30 | dispositivo de almacenamiento de energía |
|    | 31 | dispositivo generador de campo magnético |
|    | 32 | dispositivo generador de campo magnético |

|    |     |                                                                |
|----|-----|----------------------------------------------------------------|
|    | 33  | dispositivo generador de campo magnético                       |
|    | 34  | dispositivo de conmutación                                     |
|    | 35  | dispositivo de conmutación                                     |
|    | 36  | dispositivo de conmutación                                     |
| 5  | 37  | dispositivo de conmutación                                     |
|    | 38  | dispositivo de conmutación                                     |
|    | 39  | dispositivo de conmutación                                     |
|    | 40  | fuelle de energía                                              |
|    | 41  | dispositivo de almacenamiento de energía                       |
| 10 | 42  | dispositivo generador de campo magnético                       |
|    | 43  | dispositivo de conmutación                                     |
|    | 44  | curva de calibración de voltaje (línea completa)               |
|    | 45  | forma de onda de voltaje medido (línea discontinua)            |
|    | 46  | segundo máximo de voltaje medido (incorrecto)                  |
| 15 | 47  | segundo máximo de curva de calibración (correcto)              |
|    | 48  | cambio de tiempo                                               |
|    | 49  | caída de voltaje (incorrecta)                                  |
|    | 50  | primer máximo                                                  |
|    | 51  | caída de voltaje (correcta)                                    |
| 20 | 52  | efecto de resonancia                                           |
|    | 53  | valor de voltaje de calibración al mismo tiempo                |
|    | 53' | valor de voltaje medido actualmente al mismo tiempo            |
|    | 54  | valor de voltaje de calibración en diferente tiempo            |
|    | 54' | valor de voltaje medido actualmente en diferente tiempo        |
| 25 | 55' | valor de voltaje medido actualmente en el tiempo t1            |
|    | 56' | valor de voltaje medido actualmente en el tiempo t1 + x        |
|    | 57  | algoritmo de cálculo                                           |
|    | 58  | característica térmica de transición                           |
|    | 59  | pérdidas de energía reales                                     |
| 30 | 60  | parámetros de tratamiento                                      |
|    | 61  | temperatura real del dispositivo de estimulación magnética     |
|    | 62  | parámetros de enfriamiento                                     |
|    | 63  | resultado                                                      |
|    | 64  | inicio del dispositivo de estimulación magnética               |
| 35 | 65  | parámetros de entrada                                          |
|    | 66  | determinar $T_{proc}$                                          |
|    | 67  | comparando $T_{Dmáx}$ con $T_{máx}$                            |
|    | 68  | deshabilitar el tratamiento                                    |
|    | 69  | calcular y sugerir al menos un parámetro de tratamiento máximo |
| 40 | 70  | inicio del tratamiento                                         |
|    | 71  | medida $T_M(t)$                                                |
|    | 72  | $T_M(t)$ diferentes con $T_D(t)$                               |
|    | 73  | continuar el tratamiento                                       |
|    | 74  | fin                                                            |
| 45 | 75  | comparando $T_M(t)$ con $T_D(t)$                               |
|    | 76  | comparando $T_M(t)$ con $T_{máx}$                              |
|    | 77  | deshabilitar el tratamiento                                    |
|    | 78  | curva de potencial de acción                                   |
|    | 79  | potencial de umbral                                            |
| 50 | 79' | potencial umbral después de la despolarización                 |
|    | 80  | potencial de reposo                                            |
|    | 80' | potencial de reposo después del potencial de acción            |
|    | 81  | período refractario absoluto                                   |
|    | 82  | período refractario relativo                                   |
| 55 | 83  | estímulo de umbral sensorial                                   |
|    | 84  | estímulo por debajo del umbral sensorial                       |
|    | 85  | estímulo por encima del umbral sensorial                       |
|    | 86  | estímulo de umbral motor                                       |
|    | 87  | estímulo por debajo del umbral motor                           |
| 60 | 88  | estímulo por encima del umbral motor                           |
|    | 89  | estímulo de umbral nocivo                                      |
|    | 90  | estímulo por debajo del umbral nocivo                          |
|    | 91  | estímulo sobre umbral nocivo                                   |
|    | 92  | impulso                                                        |
| 65 | 93  | envolvente                                                     |
|    | 94  | tren de 5 Hz                                                   |

- 95 tren de 50 Hz
- 96 veces sin estimulación
- 97 tren
- 98 pulso
- 5 99 veces sin estimulación
- 100 ráfaga
- 101 envolvente constante
- 102 envolvente bifásica
- 103 primer envolvente
- 10 104 segundo envolvente
- 105 envolvente rectangular
- 106 densidad de flujo magnético que causa la contracción muscular por envolvente rectangular
- 107 envolvente creciente
- 108 densidad de flujo magnético que causa la contracción muscular al aumentar la envolvente

## 15 GLOSARIO

Paciente se refiere a cualquier organismo vivo, tal como un ser humano o un animal.

La estimulación se refiere a una densidad de flujo magnético que induce una corriente eléctrica en la estructura biológica.

- 20 La estructura biológica/estructura biológica objetivo incluye una célula, una neurona, una placa neuromuscular, un nervio, una fibra muscular, un tejido, un filamento, un órgano, un adipocito, un colágeno, una elastina, un pigmento o una piel.

El dispositivo de estimulación magnética se refiere a un dispositivo de estimulación magnética completo o cualquier parte del mismo, tal como un aplicador, una bobina de estimulación, resistencias, alambres, etc.

El impulso se refiere a un único estímulo magnético.

- 25 El pulso se refiere a un período de estimulación por un campo magnético variable en el tiempo de al menos un estímulo magnético y la duración del tiempo sin estimulación, es decir, la duración del tiempo entre dos impulsos desde el borde de subida/bajada hasta el siguiente borde de subida/bajada.

La tasa de repetición se refiere a la frecuencia de disparo de los pulsos; se deriva del tiempo de duración de un pulso.

- 30 La curva de calibración se refiere a la forma de onda representativa de un parámetro de operación determinado por procedimiento matemático y/o de procesamiento de señales, es decir, se refiere a una pluralidad de valores de un parámetro de operación determinado en diferentes valores de cantidad característica.

El valor de calibración se refiere a un valor correcto de un parámetro de operación que se establece por medio de la configuración de fábrica, el modelo matemático, los procedimientos matemáticos y/o de procesamiento de señales.

- 35 El impulso de parámetro de operación se refiere a una forma de onda de parámetro de operación que induce un impulso.

El parámetro de operación se refiere a voltaje, corriente o densidad de flujo magnético.

El valor actualmente determinado del parámetro de operación se refiere al valor del parámetro de operación determinado en un tiempo especificado durante el pulso magnético actualmente examinado.

La cantidad característica se refiere al tiempo, frecuencia, amplitud o fase.

- 40 Los parámetros de tratamiento se refieren a la densidad de flujo magnético, tasa de repetición, duración del impulso o duración del tratamiento.

Los parámetros de entrada se refieren a parámetros de tratamiento, pérdidas de energía reales y/o teóricas, característica térmica de transición, temperatura real del dispositivo de estimulación magnética, temperatura ambiente o temperatura y/o flujo del medio de enfriamiento.

- 45 El modelo matemático se refiere a un modelo abstracto que usa lenguaje matemático para describir el comportamiento térmico de un dispositivo de estimulación magnética.

El procedimiento matemático se refiere a un procedimiento de cálculo y/o estadístico.

El procedimiento estadístico se refiere a cualquier cantidad estadística, por ejemplo, media, modo, mediana, promedio móvil, correlación y/o coeficiente de correlación.

El procedimiento de procesamiento de señales se refiere a cualquier procedimiento de procesamiento de señales, por ejemplo, transformación de Fourier, transformación de ondículas, filtrado, etc.

La referencia se refiere a la curva de calibración y/o al valor de referencia medido en el mismo valor de la cantidad característica.

- 5 Las condiciones normalizadas se refieren a propiedades predeterminadas del parámetro de operación, por ejemplo, período, tiempo de medición, etc.

El dispositivo de almacenamiento de energía se refiere a un condensador u otro dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica que se carga por medio de una fuente de potencia y se descarga para proporcionar un flujo de corriente que crea el campo magnético.

- 10 Relacionar se refiere a cualquier relación de al menos dos valores de parámetro de operación, es decir, la relación puede ser correlación, coeficiente de correlación, relación o cualquier otro procedimiento que exprese la similitud de al menos dos valores mediante un procedimiento matemático y/o de procesamiento de señales.

La respuesta activa se refiere a cualquier reacción biológica en base a la estimulación por un campo magnético variable en el tiempo que incluye un cambio en la permeabilidad de la membrana celular para iones o cualquier otra partícula, generación de un potencial de acción, contracción muscular al menos parcial, un cambio de las propiedades reológicas del líquido sinovial.

- 15

El estímulo de umbral sensorial es una estimulación por densidad de flujo magnético que induce un flujo de corriente suficiente en la estructura biológica objetivo cuando el paciente siente la primera percepción del flujo de corriente inducido en la estructura biológica estimulada.

- 20 El estímulo de umbral motor es una estimulación por densidad de flujo magnético que induce un flujo de corriente suficiente en la estructura biológica objetivo a un nivel para comenzar a causar al menos una contracción muscular parcial.

El estímulo de umbral nocivo es una estimulación por densidad de flujo magnético que induce un flujo de corriente suficiente en la estructura biológica objetivo a un nivel que hace que el paciente reconozca el primer estímulo doloroso.

- 25 El estímulo por debajo del umbral sensorial es una estimulación por la densidad de flujo magnético que alcanza el estímulo del umbral sensorial y, en consecuencia, se reduce ligeramente después de alcanzar el estímulo del umbral sensorial.

El estímulo por encima del umbral sensorial es una estimulación por la densidad de flujo magnético que alcanza el estímulo por el umbral sensorial y, en consecuencia, aumenta, sin embargo, no se alcanza el estímulo por el umbral motor.

- 30

El estímulo por debajo del umbral motor es una estimulación por la densidad de flujo magnético que alcanza el estímulo del umbral motor y, en consecuencia, se reduce ligeramente después de alcanzar el estímulo del umbral motor.

El estímulo por encima del umbral motor es una estimulación por la densidad de flujo magnético que alcanza el estímulo del umbral sensorial y, en consecuencia, aumenta, sin embargo, no se alcanza el estímulo del umbral nocivo.

- 35 El estímulo por debajo del umbral nocivo es una estimulación por la densidad de flujo magnético que alcanza el estímulo del umbral sensorial y, en consecuencia, se reduce ligeramente después de alcanzar el estímulo del umbral sensorial.

El estímulo por encima del umbral nocivo es una estimulación por densidad de flujo magnético que alcanza el estímulo de umbral sensorial y, en consecuencia, aumenta.

- 40 La estructura neural incluye al menos una célula neural, una neurona, una neuroglia, una célula de Schwann, un nervio, un tejido neural, columna o cerebro.

El sistema neural incluye el sistema neural central y/o el sistema neural periférico. El sistema neural central (CNS) incluye el cerebro y/o la médula espinal.

- 45 La estructura neural profunda se refiere a hipocampo, hipotálamo, hipófisis o tálamo, núcleo subtalámico, globo pálido externo o sustancia negra reticulata o cualquier otro.

La interferencia del potencial de acción se refiere a la creación de un potencial de acción dentro de la célula o la modificación de la distribución temporal del potencial de acción.

La energía inducida se refiere a la energía que estimula la estructura neural objetivo, la cantidad de energía inducida corresponde a la tasa de repetición, la densidad de flujo magnético y la duración del impulso.

La envolvente se refiere a la forma de la curva creada por la conexión de amplitudes de energía inducidas que estimulan la estructura neural objetivo.

La frecuencia de repetición se refiere a la frecuencia de repetición de la forma de la envolvente; se deriva de un período de una envolvente de energía inducida.

- 5 El bienestar se refiere al estado físico, mental y/o psicosomático de un paciente cuando el paciente está libre de dolor o dolencia y se siente sano y/o feliz.

- 10 Los tratamientos convencionales no invasivos y/o invasivos se refieren a tratamientos basados en la aplicación de ondas mecánicas, por ejemplo, terapia de ultrasonido u ondas de choque; u ondas electromagnéticas, por ejemplo, tratamiento por radiofrecuencia o diatermia o tratamiento con luz, tal como luz pulsada intensa o tratamiento con láser; o estimulación mecánica, por ejemplo, presión positiva o negativa, rodillo, masaje, etc.; o tratamiento térmico, por ejemplo, crioterapia; o procedimiento de electroterapia; o procedimiento de mesoterapia o cualquier combinación de los mismos.

- 15 La remodelación de la estructura biológica objetivo se refiere a la reducción del número y/o volumen de los adipocitos por apoptosis y/o necrosis, tratamiento de la celulitis, modelado y/o contorno corporal, tonificación muscular, estiramiento de la piel, tratamiento con colágeno, rejuvenecimiento de la piel, eliminación de arrugas, reducción de estrías, levantamiento de senos, aumento de labios, tratamiento de lesiones vasculares o pigmentadas de la piel o depilación.

El área corporal incluye piel, fibra muscular, músculo o grupo de músculos, colágeno, elastina, células o tejido adiposo, extremidad y/o cualquier otro tejido.

- 20 El tejido adiposo se refiere a al menos una célula rica en lípidos, por ejemplo, adipocito.

Bolo se refiere a una capa de material fluido, por ejemplo, agua o solución fluida de partículas cerámicas, preferentemente encerradas en un saco flexible de material biocompatible.

El músculo incluye al menos una fibra muscular, tejido o grupo muscular, placa neuromuscular o nervio que inerva al menos una fibra muscular.

- 25 El músculo profundo se refiere a un músculo que está al menos parcialmente por debajo de los músculos superficiales y/o al músculo que está cubierto por la capa gruesa de otro tejido, por ejemplo, mayoritariamente tejido adiposo y/o piel, con espesores de 0,5, 1, 2, 3, 4, 5 o más centímetros.

### Descripción

- 30 Los pacientes siempre han querido gozar de buena salud y verse bien. Sin embargo, los procedimientos tradicionales de tratamiento invasivo o de contacto eran muy riesgosos para los pacientes porque tales procedimientos incluyen un aplicador hecho de materiales biocompatibles, un riesgo potencial de infección o puede ser doloroso para el paciente. Durante las últimas décadas, los procedimientos de tratamiento sin contacto se desarrollaron ampliamente. Uno de estos procedimientos sin contacto es el tratamiento con imanes mediante un campo magnético de alta potencia. El tratamiento magnético se puede aplicar en urología, ginecología, neurología, psiquiatría, estomatología, dermatología, geriatría, ortopedia, rehabilitación y en muchas ramas diferentes de la medicina o aplicaciones estéticas.

Se desvela un aparato para generar un campo magnético de alta potencia. En la realización preferida, el campo magnético varía con el tiempo, por ejemplo, pulsado. También se describen procedimientos de uso del aparato descrito.

- 40 Las aplicaciones terapéuticas y los procedimientos de tratamiento proporcionados por el aparato descrito se describen junto con las aplicaciones estéticas y los procedimientos de tratamiento proporcionados por el aparato descrito.

### SECCIÓN I

Se describe un dispositivo para la estimulación de una estructura biológica por medio de un campo magnético variable en el tiempo de alta potencia.

- 45 La figura 1 ilustra una sección transversal del devanado del dispositivo generador de campo magnético (por ejemplo, una bobina) para un dispositivo de estimulación magnética. El dispositivo generador de campo magnético puede construirse a partir de alambre litz, en el que cada alambre está aislado por separado. Cada conductor individual está recubierto con material no conductor, por lo que el dispositivo generador de campo magnético constituye múltiples alambres aislados. A diferencia de los conductores del dispositivo generador de campo magnético existente, el presente dispositivo generador de campo magnético no está hecho de alambre descubierto, por ejemplo, alambre litz sin aislamiento, o cintas conductoras, tiras conductoras o tubería de cobre con inductores huecos. El aislamiento de los alambres por separado es una mejora sustancial, ya que esto conduce a una reducción significativa de las corrientes de eddy inducidas.

La pérdida de energía debida a las corrientes de eddy, por alambre individual, se describe mediante la ecuación 1 a continuación. Los alambres de pequeño diámetro del presente dispositivo generador de campo magnético reducen significativamente el autocalentamiento del dispositivo generador de campo magnético y, por lo tanto, aumentan la eficiencia del presente dispositivo de estimulación magnética:

$$E_{EDDY} = \frac{\pi^3 \cdot B_p^2 \cdot d^2 \cdot f^2}{6 \cdot k \cdot \rho \cdot D} \cdot m \cdot t_{imp}$$

Ec. 1

$E_{EDDY}$  es la pérdida de energía (J);  $B_p$  es el pico del campo magnético (T);  $f$  es frecuencia (Hz);  $d$  es el espesor de la lámina o el diámetro del alambre (m);  $k$  es constante igual a 1 para una lámina delgada y 2 para un alambre delgado;  $\rho$  es la resistividad del material ( $\Omega \cdot m$ );  $D$  es la densidad del material ( $kg \cdot m^{-3}$ );  $m$  es el peso del material de alambre;  $t_{imp}$  es el tiempo de un impulso.

El aislamiento individual de cada alambre reduce las corrientes de eddy. Los alambres aislados individualmente se pueden enrollar uno por uno o en un haz de alambres aislados individualmente para formar una bobina, que servirá como generador de campo magnético. El dispositivo generador de campo magnético proporciona una mejora en la eficiencia de la transferencia de energía en el circuito resonante LC y también reduce o elimina los efectos térmicos no deseados.

El dispositivo generador de campo magnético puede tener una forma plana en la que los alambres aislados individualmente pueden tener alambres de sección transversal con un diámetro de conductor menor que 3 mm, incluso más preferentemente menor que 0,5 mm y lo más preferentemente menor que 0,05 mm. Los alambres están hechos preferentemente de materiales con mayor densidad y mayor resistividad, por ejemplo, oro, platino o cobre. Los diámetros de los alambres individuales deben ser mínimos. Por otro lado, el diámetro total debería ser máximo debido a la proporción inversa entre la sección transversal de todos los alambres que forman el dispositivo generador de campo magnético y la resistencia eléctrica. Por lo tanto, la parte óhmica del calor es más baja. La ecuación 2 describe la pérdida de energía del dispositivo generador de campo magnético:

$$E_R = \rho \cdot \frac{l}{S} \cdot I^2 \cdot t_{imp}$$

Ec. 2

$E_R$  es la pérdida de energía (J);  $\rho$  es la resistencia ( $\Omega \cdot m$ );  $l$  es la longitud del alambre (m);  $S$  es el área de la superficie ( $m^2$ );  $I$  es la corriente (A);  $t_{imp}$  es el tiempo de un impulso (s).

La pérdida total de energía viene dada por la ecuación 3:

$$E_{TOT} = \sum E_i = E_{EDDY} + E_R$$

Ec. 3

$E_{TOT}$  es la pérdida total de energía (J);  $E_{EDDY}$  es la pérdida de energía de las corrientes de eddy (J);  $E_R$  es la pérdida de energía de la resistencia óhmica (J).

Las fuerzas dinámicas producidas por los pulsos de corriente que pasan a través de los alambres del dispositivo generador de campo magnético provocan vibraciones y ruidos no deseados. Los alambres aislados individuales del dispositivo generador de campo magnético se pueden impregnar bajo presión para eliminar las burbujas de aire entre los alambres aislados individuales. El espacio entre alambres se puede rellenar con material adecuado que provoque unificación, conservación y aislamiento eléctrico del sistema. También se pueden usar materiales de impregnación rígidos adecuados como resina y materiales elásticos como PTE. Con el dispositivo generador de campo magnético provisto como una masa sólida, se suprimen las vibraciones y la resonancia causadas por los movimientos de los alambres aislados individuales. Por tanto, se reduce el ruido.

El dispositivo generador de campo magnético se puede unir a la caja del aplicador, tal como un aplicador manual del dispositivo de estimulación magnética; aplicador incorporado en por ejemplo, silla, cama; o aplicador independiente, por ejemplo, en accesorio mecánico. La unión puede ser proporcionada por un material elástico, por ejemplo, silicona, goma; u otra forma flexible. La conexión con el dispositivo generador de campo magnético de la caja del aplicador se puede asegurar mediante varios puntos. Los diversos puntos de sujeción aseguran la conexión del dispositivo generador de campo magnético a la cubierta mediante un material flexible de modo que la parte principal del dispositivo generador de campo magnético y la parte principal de la cubierta del aplicador estén espaciadas. El espacio debe ser de al menos 0,1 mm para que el aire pueda fluir fácilmente. La brecha entre el dispositivo generador de campo magnético y la cubierta se puede utilizar para enfriamiento espontáneo o controlado. El dispositivo generador de campo magnético se puede conectar opcionalmente a la cubierta del aplicador mediante un solo punto de sujeción. Los puntos de sujeción eliminan las vibraciones de los alambres que podrían transferirse a la carcasa del aplicador y, por lo tanto, reducen el ruido del dispositivo de estimulación magnética.

La figura 2 es una sección transversal del aplicador magnético que permite un mejor flujo en los lados inferior y superior del dispositivo generador de campo magnético y, por tanto, una disipación de calor más eficiente. El dispositivo de estimulación magnética incluye un dispositivo 1 de generación de campo magnético, los alambres 2 de circuito y los

puntos **3** de sujeción para la conexión del dispositivo de generación de campo magnético a la cubierta del aplicador (no mostrado). Los puntos **3** de sujeción están hechos preferentemente de material flexible, sin embargo, también se puede usar el material rígido. Los puntos **3** de sujeción pueden estar ubicados en el lado circunferencial exterior del dispositivo generador de campo magnético. Sin embargo, alternativamente es posible colocar estos puntos de sujeción en un lado inferior o superior del dispositivo generador de campo magnético.

Los puntos **3** de sujeción conectan el dispositivo generador de campo magnético a la cubierta del aplicador en al menos un punto. Los puntos **3** de sujeción mantienen el dispositivo generador de campo magnético y la parte principal de la caja del aplicador separados para que el fluido (que puede ser aire o cualquier líquido) pueda fluir entre ellos. Se puede colocar al menos un ventilador **4** alrededor de la circunferencia del dispositivo generador de campo magnético, o perpendicular al dispositivo generador de campo magnético. El ventilador puede ser cualquier tipo de dispositivo conocido para dirigir el fluido, por ejemplo, aire exterior dirigido a la caja del aplicador. Esta disposición del ventilador permite que el aire pase por alto el dispositivo generador de campo magnético desde los lados superior e inferior (del paciente). En otra realización más, el aire exterior se puede enfriar antes de dirigirlo al interior de la caja. El ventilador puede tener una entrada colocada alrededor de la circunferencia del dispositivo generador de campo magnético para inyectar aire, para eliminar el calor del dispositivo generador de campo magnético. Un tubo de conexión (no mostrado) puede asegurar la conexión del aplicador **5** con la fuente de energía y/o la unidad de control del dispositivo de estimulación magnética. El tubo de conexión también puede contener un conducto del fluido.

Las flechas **6** indican el flujo de aire a través del aplicador **5**. Esta disposición del ventilador permite que el aire pase por alto el dispositivo generador de campo magnético desde el lado superior e inferior (del paciente). La salida se puede colocar preferentemente en el lado superior de la cubierta. Al colocar el ventilador alrededor de la circunferencia del dispositivo generador de campo magnético en lugar de en la parte superior/debajo del dispositivo generador de campo magnético, el ventilador **4** no interfiere con el pico de flujo magnético y, por lo tanto, aumenta su vida útil y fiabilidad.

La figura 3 es una realización ilustrativa de una cubierta del aplicador magnético. El dibujo general contiene la propia cubierta **7**, que puede contener una salida **8** preferentemente colocada en la parte superior de la cubierta **7**. Un tubo **9** de conexión no solo puede garantizar la conexión del aplicador con la fuente de energía y/o la unidad de control del dispositivo de estimulación magnética, pero también conexión a una fuente de fluido; sin embargo, el conducto del fluido **10** también se puede conectar por separado.

La figura 4A y la figura 4B ilustran circuitos para proporcionar pulsos de alta potencia al dispositivo generador de campo magnético estimulante. La figura 4A muestra un circuito para proporcionar impulsos magnéticos de alta potencia. La figura 4B muestra un circuito para proporcionar impulsos de alta potencia.

Los dispositivos de estimulación magnética existentes logran una densidad de flujo magnético de unas pocas décimas a varios Teslas. Para lograr este nivel de densidad de flujo magnético, la fuente de energía utilizada genera suficiente voltaje. Este voltaje puede alcanzar miles de voltios. En la figura 4A, los circuitos para proporcionar pulsos de alta potencia al dispositivo generador de campo magnético estimulante contienen una conexión en serie al dispositivo **11** de conmutación y al dispositivo **12** generador de campo magnético. El dispositivo **11** de conmutación y el dispositivo **12** generador de campo magnético juntos están conectados en paralelo con un dispositivo **13** de almacenamiento de energía. El dispositivo **13** de almacenamiento de energía es cargado por la fuente **14** de energía y el dispositivo **13** de almacenamiento de energía luego se descarga a través del dispositivo **11** de conmutación al dispositivo **12** de generación de campo magnético.

Durante la segunda mitad del período de resonancia LC, la polaridad en el dispositivo **13** de almacenamiento de energía se invierte en comparación con la fuente **14** de energía. En esta segunda mitad de período, hay un conflicto entre la fuente **14** de energía, donde el voltaje es positivo y los terminales negativos son típicamente miles de voltios. El dispositivo **13** de almacenamiento de energía también se carga al voltaje positivo y negativo generalmente a miles de voltios. Como resultado, hay en el circuito, en consecuencia, el doble de voltaje de la fuente **14** de energía. Por lo tanto, la fuente **14** de energía y todas las partes conectadas en el circuito están diseñadas para una carga de alto voltaje. Por lo tanto, las resistencias de protección y/o la circuitería **15** de protección deben colocarse entre la fuente **14** de energía y el dispositivo **13** de almacenamiento de energía. Como resultado, una gran cantidad de energía se transforma en calor no deseado en las resistencias de protección y/o la circuitería **15** de protección.

La figura 4B muestra un circuito para proporcionar impulsos de alta potencia para una función mejorada del dispositivo de estimulación magnética. El dispositivo **12** de generación de campo magnético y un dispositivo **13** de almacenamiento de energía están conectados en serie y dispuestos en paralelo al dispositivo **11** de conmutación. El dispositivo **13** de almacenamiento de energía se carga a través del dispositivo **12** de generación de campo magnético. Para proporcionar un pulso de energía, se realiza un cortocircuito controlado de la fuente **14** de energía a través del dispositivo **11** de conmutación. De esta manera se evita la carga de alto voltaje en los terminales de la fuente **14** de energía durante el segundo semiperíodo de resonancia LC asociada con dispositivos conocidos. El voltaje en los terminales de la fuente **14** de energía durante la segunda mitad del período de resonancia LC es un voltaje igual a la caída de voltaje en el dispositivo **11** de conmutación.

El dispositivo **11** de conmutación puede ser cualquier tipo de conmutador tal como diodo, MOSFET, JFET, IGBT, BJT, tiristor o su combinación. Dependiendo del tipo de componente, la carga de la fuente **14** de energía se reduce a unos pocos voltios, por ejemplo, 1-10 voltios. En consecuencia, no es necesario proteger la fuente **14** de energía de una carga de alto voltaje, por ejemplo, miles de voltios. Se reduce o elimina el uso de resistencias de protección y/o circuitos de protección. Los diseños actuales simplifican los circuitos utilizados, aumentan la eficiencia del uso de energía y brindan mayor seguridad.

La figura 5 muestra una caída de voltaje exponencial en el dispositivo de almacenamiento de energía. El ahorro de energía durante la terapia magnética variable en el tiempo puede caracterizarse por una caída de voltaje reducida en el dispositivo de almacenamiento de energía entre el primer, segundo y siguientes máximos de la oscilación resonante. La magnitud de las oscilaciones de voltaje individuales se disminuye exponencialmente para establecer el equilibrio de energía. Esto permite aumentar la tasa de repetición máxima posible de pulsos magnéticos, ya que la tasa de repetición depende de la tasa con la que es posible recargar el dispositivo de almacenamiento de energía. Dado que el dispositivo de almacenamiento de energía se recarga por la cantidad de energía perdida durante el impulso anterior, es posible aumentar la tasa de repetición del dispositivo hasta cientos de pulsos magnéticos por segundo sin la necesidad de aumentar la potencia de entrada. La caída de voltaje entre cualquiera de las amplitudes sucesivas no es superior al 21 %, incluso más preferentemente no superior al 14 % y lo más preferentemente no superior al 7 %.

El dispositivo puede usarse para tratamiento/tratamientos sucesivos en régimen de ciclo de trabajo continuo, interrumpido o variado. El ciclo de trabajo puede ser superior al 10 %, lo que significa régimen interrumpido con una relación de hasta 1 activo por 9 unidades de tiempo pasivo. Es posible que la proporción cambie durante la terapia. El dispositivo permite la operación definida por la densidad de flujo magnético pico a pico en la superficie del dispositivo generador de campo magnético al menos 3 T, más preferentemente al menos 2,25 T, lo más preferentemente al menos 1,5 T a tasas de repetición por encima de 50 Hz, más preferentemente a tasas de repetición por encima de 60 Hz, incluso más preferentemente a tasas de repetición por encima de 70, más preferentemente a tasas de repetición por encima de 80 Hz con tratamiento/tratamientos sucesivos que duren varios segundos o más, por ejemplo, durante al menos 5, 10, 30, 60, 120 o 240 segundos, o más largo. El consumo de potencia total del dispositivo de estimulación magnética es inferior a 1,3 kW y el ancho de los impulsos está en el intervalo de cientos de  $\mu$ s.

El dispositivo permite lograr tasas de repetición por encima de 100 Hz, más preferentemente tasas de repetición por encima de 150 Hz, lo más preferentemente tasas de repetición por encima de 200 Hz con la densidad de flujo magnético que proporciona un efecto terapéutico en neuronas y/o fibras musculares y/o células endocrinas (por ejemplo, contracción muscular al menos parcial, potencial de acción en la célula). En base al logro de tasas de repetición en el orden de unos pocos cientos, el dispositivo también permite ensamblar los impulsos magnéticos en las diversas formas (por ejemplo, triangular, rectangular, exponencial), con anchos de forma de 6 ms a varios segundos o más.

#### **Tratamientos combinados magnéticos y de radiofrecuencia**

Puede proporcionarse una combinación de tratamiento con imanes y tratamiento con radiofrecuencia. La solicitud de patente internacional PCT/US2012/64942 describe un dispositivo para el tratamiento por radiofrecuencia que puede usarse. En una realización alternativa, el dispositivo de tratamiento por radiofrecuencia puede excluir el transformador balun, o el transformador balun puede incluirse en el transmatch. Los posibles procedimientos de tratamiento mediante procedimientos combinados se describen a continuación.

#### **Dispositivos separados**

El tratamiento con imanes en combinación con el tratamiento por radiofrecuencia puede estar representado por dos dispositivos de tratamiento independientes, por ejemplo, uno trata la estructura objetivo mediante ondas de radiofrecuencia y el segundo trata la estructura objetivo mediante un campo magnético. Ambos dispositivos pueden tener un aplicador separado para tratar la estructura objetivo, o un aplicador puede ser utilizado por al menos dos dispositivos, es decir, el aplicador puede ser modular para una pluralidad de dispositivos.

#### **Un dispositivo**

El dispositivo de tratamiento puede incluir al menos un generador de frecuencia HF para proporcionar energía para el tratamiento por radiofrecuencia y para proporcionar energía para el tratamiento con imanes. En una realización alternativa, el dispositivo puede incluir al menos un generador de frecuencia HF para proporcionar energía para el tratamiento de radiofrecuencia y al menos otro generador de frecuencia independiente para proporcionar energía para el tratamiento con imanes. El dispositivo puede incluir una pluralidad de aplicadores para proporcionar tratamientos de imán o radiofrecuencia separados al paciente.

En una realización alternativa, el aplicador puede proporcionar una combinación de tratamiento con imán y radiofrecuencia. En una realización, el aplicador puede incluir al menos un electrodo de radiofrecuencia para proporcionar tratamiento de radiofrecuencia y al menos un dispositivo generador de campo magnético para proporcionar tratamiento con imán. En otra realización, el aplicador puede incluir al menos un electrodo para proporcionar tratamiento de radiofrecuencia y al menos un dispositivo generador de campo magnético que proporciona

tratamiento magnético, en el que la al menos una fuente de RF proporciona energía tanto para al menos un dispositivo generador de campo magnético.

En otra realización más, la al menos una fuente de RF puede proporcionar la energía para el al menos un dispositivo generador de campo magnético que proporciona tratamiento magnético en el que el al menos un dispositivo generador de campo magnético puede usarse como al menos un electrodo. La esencia son las frecuencias de estimulación muy diferentes que se utilizan para el tratamiento de RF y el tratamiento con imanes. El dispositivo generador de campo magnético en el campo de alta frecuencia es similar al electrodo. Esto permite que el dispositivo generador de campo magnético sea el electrodo para el tratamiento por radiofrecuencia. En la realización preferida, se puede utilizar como electrodo un dispositivo generador de campo magnético plano.

Las frecuencias para el tratamiento de radiofrecuencia pueden estar en el intervalo uno de MHz a cientos de GHz, más preferentemente en el intervalo de 13 MHz a 3GHz, lo más preferentemente alrededor de 13,56 o 40,68 o 27,12 MHz o 2,45 GHz. La expresión "alrededor" debe interpretarse como en el intervalo del 5 % del valor mencionado. Las frecuencias de impulso para el tratamiento con imán pueden estar en el intervalo de cientos de Hz a cientos de kHz, más preferentemente en el intervalo de unos de kHz a decenas de kHz, lo más preferentemente hasta 10 kHz. Sin embargo, la tasa de repetición de los impulsos magnéticos puede alcanzar hasta 700 Hz, más preferentemente hasta 500 Hz, lo más preferentemente en el intervalo de 1 a 300 Hz. La densidad de flujo magnético del tratamiento con imán es al menos 0,1 T, más preferentemente al menos 0,5 T, incluso más preferentemente al menos 1 T, incluso más preferentemente al menos 1,5 T, lo más preferentemente al menos 2 T, o hasta 7 Tesla en la superficie del dispositivo generador de campo magnético.

## Pluralidad de dispositivos generadores de campos magnéticos

Un dispositivo alternativo puede incluir una pluralidad de dispositivos generadores de campo magnético.

La mayoría de los dispositivos de tratamiento con imanes usados actualmente incluyen el único dispositivo generador de campo magnético para el tratamiento de un paciente. Un aplicador que incluye un dispositivo generador de campo magnético se enfoca para el tratamiento del área objetivo particular del paciente.

Sin embargo, a menudo hay aplicaciones en las que el área objetivo es mayor que el área que un dispositivo generador de campo magnético es capaz de estimular, por ejemplo, al menos un grupo de músculos, tales como cuádriceps, glúteos o músculos del suelo pélvico, abdominales, bíceps y/o tríceps o cualquier región propensa a la celulitis, tal como la región del vientre, michelines, las nalgas, la región de los muslos, etc. En los dispositivos de tratamiento utilizados actualmente estas grandes áreas objetivo se tratan moviendo y reposicionando el dispositivo generador de campo magnético que conduce a un tratamiento lento.

En un aspecto de la invención, un dispositivo de estimulación magnética incluye al menos un aplicador y una pluralidad de dispositivos generadores de campo magnético. El dispositivo generador de campo magnético puede ser enfriado por aire o enfriado por cualquier otro medio fluido.

El dispositivo de estimulación magnética puede incluir al menos una fuente de energía, al menos un dispositivo de almacenamiento de energía (por ejemplo, un condensador), al menos un dispositivo generador de campo magnético (por ejemplo, una bobina) y al menos un dispositivo de conmutación. El dispositivo generador de campo magnético puede incluir un núcleo, sin embargo, en una realización preferida, el dispositivo generador de campo magnético no incluye núcleo. El dispositivo de conmutación puede ser cualquier tipo de dispositivo de conmutación tal como diodo, MOSFET, JFET, IGBT, BJT, tiristor o una combinación de ellos.

El al menos un dispositivo de generación magnética puede tener diversas formas para mejorar la variabilidad del perfil del campo magnético. La forma del dispositivo generador de campo magnético puede ser circular, semicircular, rectangular, "figura de 8", en forma de V, en forma de Y o en forma de mariposa. El dispositivo generador de campo magnético puede ser plano (forma bidimensional). En una realización alternativa, el dispositivo generador de campo magnético puede corresponder a diversos cuerpos tridimensionales, por ejemplo, un hemisferio. En otra realización alternativa, el dispositivo generador de campo magnético puede ser flexible para adaptarse mejor al paciente. El dispositivo generador de campo magnético puede incluir o no un núcleo para la conformación del campo.

El posicionamiento de la pluralidad de dispositivos de generación magnética puede ser muy útil.

Se pueden estimular grandes áreas mediante la pluralidad de dispositivos generadores de campo magnético. La pluralidad de dispositivos generadores de campos magnéticos puede generar una pluralidad de campos magnéticos independientes, por ejemplo, dos dispositivos generadores de campos magnéticos pueden generar dos campos magnéticos con dos picos de magnitud de densidad de flujo magnético.

La pluralidad de dispositivos generadores de campo magnético se puede operar en diversos parámetros de tratamiento y/o modos de operación para proporcionar diversos efectos de tratamiento al paciente durante el tratamiento, por ejemplo, mioestimulación, miorrelajación, efecto analgésico o efectos estéticos tales como reducción del tejido adiposo, tonificación muscular, modelado muscular, modelado corporal, estiramiento de la piel, tratamiento de la celulitis, reducción circunferencial, aumento de senos y/o aumento de labios.

Los dispositivos generadores de campo magnético se pueden colocar en ubicaciones aisladas del aplicador. Alternativamente, los dispositivos generadores de campo magnético se pueden colocar uno junto al otro, en un arreglo o matriz, en un patrón o en ubicaciones aleatorias del aplicador.

Los dispositivos generadores de campo magnético pueden colocarse y/o moverse en al menos un aplicador en un plano; en al menos dos planos mutuamente inclinados definidos por un ángulo convexo o cóncavo, o perpendiculares entre sí; o en al menos dos planos paralelos con el al menos un dispositivo generador de campo magnético en cada plano paralelo. El movimiento del al menos un dispositivo generador de campo magnético puede ser traslacional y/o rotacional, constante o acelerado. El movimiento puede seguir una trayectoria predeterminada, aleatoria o predefinida, tal como un patrón, un arreglo o una matriz. Los ángulos de los planos y/o el movimiento del al menos un dispositivo generador de campo magnético pueden ser ajustados por un operador siguiendo las necesidades del paciente. En una realización alternativa, el paciente puede colocarse en la intersección de los campos magnéticos generados por la pluralidad de dispositivos generadores de campos magnéticos.

Las posiciones de los al menos dos dispositivos generadores de campo magnético pueden enfocar los campos magnéticos al área objetivo; o el campo magnético generado por un dispositivo generador de campo magnético puede interferir con el campo magnético generado por otro dispositivo generador de campo magnético y se puede dar forma al campo magnético resultante. La densidad de flujo magnético se puede sumar a partir de la pluralidad de dispositivos generadores de campos magnéticos.

La pluralidad de dispositivos generadores de campo magnético puede extender la duración de tiempo activo de la estimulación en el caso de que los dispositivos de conmutación se conmuten en secuencia. Por tanto, el tratamiento es más eficaz y el tiempo de tratamiento puede acortarse.

El dispositivo de estimulación magnética puede incluir al menos un aplicador, al menos una fuente de energía y al menos dos dispositivos generadores de campo magnético. Sin embargo, en una realización alternativa, el dispositivo de estimulación magnética puede incluir una pluralidad de aplicadores y/o una pluralidad de fuentes de energía. La pluralidad de aplicadores puede usarse para el tratamiento de al menos dos grupos de músculos cooperantes con diferentes efectos de tratamiento. En una aplicación ejemplar, por ejemplo, el músculo tríceps braquial puede tratarse para lograr efectos de mioestimulación y el músculo bíceps braquial puede tratarse para lograr efectos de miorelajación.

El al menos un aplicador puede moverse en un patrón predefinido, por ejemplo, un movimiento de exploración, o el movimiento puede seguir una trayectoria aleatoria. El movimiento puede ser constante o acelerado para proporcionar el tratamiento más cómodo para el paciente. El movimiento del aplicador puede ser ajustado por el operador.

El tratamiento por medio del dispositivo de estimulación magnética puede realizarse en diferentes modos de operación. Un modo de operación puede generar una pluralidad de impulsos **16** a la vez dentro del pulso **17** como se ilustra en la figura 6. Otro modo de operación puede generar una pluralidad de impulsos **16** en diferentes momentos dentro del pulso **17** como se ilustra en la figura 7. Ambos modos de operación pueden combinarse.

#### **Impulsos generados al mismo tiempo**

El dispositivo de estimulación magnética puede generar una pluralidad de impulsos **16** por los dispositivos  $L_1, L_2, \dots, L_N$  de generación de campo magnético a la vez dentro del pulso **17**. Este modo de operación se ilustra en la figura 6. Como se muestra en la figura 8, un dispositivo de estimulación magnética puede incluir al menos una fuente **18** de energía, un dispositivo **19** de almacenamiento de energía, N dispositivos **20-22** generadores de campo magnético y N+1 dispositivos **23-26** de conmutación, en los que N es un número entero positivo mayor que 1. Esta realización ejemplar incluye un mínimo de componentes de hardware. El valor de inductancia de cada dispositivo generador de campo magnético puede ser constante, sin embargo, en una realización alternativa pueden usarse diferentes valores de inductancia.

Los dispositivos **24-26** de conmutación pueden conmutarse por separado, con el campo magnético generado por dispositivos generadores de campo magnético separados.

En una realización alternativa, cualquier dispositivo de conmutación puede conmutarse en combinación con al menos otro dispositivo de conmutación.

La densidad de flujo magnético de la estimulación es proporcional al número y/o la inductancia de los dispositivos **24-26** de generación de campo magnético activo. Los dispositivos generadores de campo magnético activo son el dispositivo generador de campo magnético en el bucle cerrado del circuito eléctrico. Por ejemplo, si el número de dispositivos generadores de campo magnético activo es 2 y las inductancias de los dispositivos generadores de campo magnético son las mismas, entonces el valor de la densidad de flujo magnético para cada dispositivo generador de campo magnético puede ser la mitad de la densidad de flujo magnético que sería alcanzado por un dispositivo generador de campo magnético activo con los mismos parámetros y condiciones, por ejemplo, inductancia, resistencia, frecuencia, voltaje. La inductancia equivalente total del dispositivo de estimulación magnética puede cambiarse conmutando una pluralidad de dispositivos de conmutación a un circuito eléctrico cerrado. Por lo tanto, la duración del

impulso se puede ajustar ajustando la inductancia. El valor de la inductancia equivalente total ( $L_{total}$ ) puede determinarse por medio de la ecuación 1.

$$\frac{1}{L_{total}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_N}$$

Ecuación 1

### Impulsos generados en diferentes tiempos

- 5 El dispositivo de estimulación magnética puede generar una pluralidad de impulsos **16** generados por los dispositivos  $L_1, L_2, \dots, L_N$  de generación de campo magnético en diferentes tiempos dentro del pulso **17**. Este modo de operación se ilustra en la figura 7. Este modo de operación puede multiplicar la tasa de repetición percibida por el paciente, por ejemplo, cuando el número de dispositivos de generación de campo magnético es 3 y la tasa de repetición de cada dispositivo generador de campo magnético es de 100 Hz, entonces el paciente puede percibir la tasa de repetición de 300 Hz. En un ejemplo alternativo, este modo de operación puede usarse para tratamientos de alta tasa de repetición cuando los dispositivos de estimulación magnética se cambian para alcanzar tales tasas de repetición que pueden enfriarse suficientemente.

- 10 En el ejemplo de la figura 9, un dispositivo de estimulación magnética incluye al menos una fuente **27** de energía, N dispositivos **28-30** de almacenamiento de energía, N dispositivos **31-33** generadores de campo magnético y  $2 \times N$  dispositivos **34-39** de conmutación, en los que N es un número entero positivo mayor que 1. El al menos un dispositivo **28-30** de almacenamiento de energía puede ser cargado selectivamente por la fuente **27** de energía conmutando selectivamente los dispositivos **34, 36, 38** de conmutación y los impulsos pueden generarse selectivamente conmutando selectivamente los dispositivos **35, 37, 39** de conmutación.

- 15 El beneficio de esta realización ejemplar es la independencia del tiempo de los impulsos generados por los dispositivos generadores de campo magnético separados. Sin embargo, los dispositivos de conmutación se pueden sincronizar para generar los impulsos en un tiempo fijo dentro del pulso o se pueden combinar ambos modos de operación usando esta realización. Otro beneficio de esta realización es la posibilidad de proporcionar diversos tratamientos mediante una pluralidad de dispositivos generadores de campo magnético. Diversos tratamientos pueden proporcionar diversos efectos para el paciente, por ejemplo, estimulación, tal como mioestimulación, alivio del dolor o miorelajación.

- 20 La figura 10 ilustra un ejemplo en el que el dispositivo de estimulación magnética incluye N fuentes **40** de energía, N dispositivo **41** de almacenamiento de energía, N dispositivos **42** generadores de campo magnético y N dispositivos **43** de conmutación, en el que N es un número entero positivo mayor que 1. El al menos un dispositivo **41** de almacenamiento de energía puede cargarse selectivamente por la fuente **40** de energía y los impulsos pueden generarse selectivamente conmutando selectivamente los dispositivos **43** de conmutación.

- 25 Los impulsos generados por los dispositivos generadores de campo magnético separados son independientes del tiempo. Sin embargo, los dispositivos de conmutación se pueden sincronizar para generar los impulsos al mismo tiempo dentro del pulso o se pueden combinar ambos modos de operación.

### Aplicadores múltiples

- 30 El dispositivo de estimulación magnética puede incluir una pluralidad de aplicadores. El aplicador incluye al menos un dispositivo generador de campo magnético que puede ser móvil. El beneficio de esta realización es que el movimiento y/o el posicionamiento de la pluralidad de aplicadores pueden ser independientes. Por tanto, se pueden tratar simultáneamente diferentes partes del cuerpo del paciente. Por lo tanto, se reduce el tiempo total de tratamiento y también se reducen los tiempos de inactividad del paciente. El movimiento del al menos un aplicador puede ser automático, por lo que puede que no sea necesaria la manipulación manual. El movimiento del al menos un aplicador puede seguir una trayectoria predeterminada o puede ser aleatorio. En una realización alternativa, el movimiento de la pluralidad de aplicadores puede sincronizarse.

- 35 La pluralidad de aplicadores puede colocarse entre sí en un plano; en al menos dos planos mutuamente inclinados definidos por ángulos convexos o cóncavos, o perpendiculares entre sí; o en al menos dos planos paralelos. Un operador puede ajustar los ángulos de los planos según las necesidades del paciente. En una realización alternativa, el paciente puede colocarse en la intersección de los campos magnéticos generados por la pluralidad de dispositivos generadores de campos magnéticos.

- 40 El beneficio de la presente solicitud puede ser el tratamiento de una pluralidad de músculos cooperantes, tales como agonistas y antagonistas, por ejemplo, se puede estimular un músculo para lograr un efecto de fortalecimiento y en el otro lado se puede estimular el otro músculo para lograr un efecto de miorelajación.

- 45 Todas las realizaciones ejemplares descritas anteriormente pueden usarse en uno o en una pluralidad de aplicadores.

La inductancia de los dispositivos generadores de campo magnético en cada realización puede variar. La capacitancia de los dispositivos de almacenamiento de energía en cada realización también puede variar. La duración del impulso puede ser variable y/o la densidad de flujo magnético generada por diferentes dispositivos generadores de campos

magnéticos también puede variar. **Concepto de seguridad** Procedimiento de funcionamiento del dispositivo de estimulación magnética.

Un parámetro importante para el concepto de seguridad es la temperatura del dispositivo de estimulación magnética. El calor se genera por las pérdidas totales de energía que son causadas por componentes estáticos y dinámicos (ecuaciones 1-3). El calor se distribuye dentro del dispositivo de estimulación magnética y el calor es disipado por el flujo del medio de enfriamiento.

Es necesario monitorizar el calor generado, dado que el sobrecalentamiento puede dañar el dispositivo de estimulación magnética y el daño por calor del dispositivo médico también puede ser un riesgo potencial para el paciente. Por lo tanto, se debe monitorizar la generación de calor para evitar daños térmicos al dispositivo de estimulación magnética y/o al paciente.

Las pérdidas de potencia y/o la generación de calor pueden ser monitorizadas y/o determinadas por el dispositivo de estimulación magnética en base a la determinación de la forma de onda de cualquier parámetro de operación, por ejemplo, voltaje, corriente eléctrica o densidad de flujo magnético. La forma de onda determinada está relacionada con una referencia y/o con el parámetro de operación medido en un valor diferente de una cantidad característica, por ejemplo, tiempo, frecuencia, amplitud o fase.

De acuerdo con la invención, un valor actual de un parámetro de operación, por ejemplo, voltaje, corriente eléctrica o densidad de flujo magnético, puede determinarse midiendo a través de un sensor adecuado o derivando de un valor de fuente de voltaje, por ejemplo, un dispositivo de almacenamiento de energía o una fuente de potencia. El parámetro de operación actualmente determinado se procesa mediante un procedimiento matemático y/o de procesamiento de señales.

**Monitorización de parámetros de operación** De acuerdo con una aplicación de la invención, el al menos un parámetro de operación determinado actualmente puede usarse para determinar la corrección de la estimulación. La corrección de la estimulación puede ser determinada por la relación entre un valor actual de un parámetro de operación y una referencia o el parámetro de operación medido en un valor diferente de cantidad característica. La relación es resultado de un procedimiento matemático y/o de procesamiento de señales.

#### Curva de calibración

De acuerdo con un aspecto de la aplicación, se puede establecer una curva de calibración. La curva de calibración es la forma de onda de calibración del parámetro de operación. La curva de calibración puede ser implementada por el fabricante como ajuste de fábrica. Alternativamente, la curva de calibración puede establecerse mediante un procedimiento matemático y/o de procesamiento de señales. La curva de calibración puede determinarse a partir de al menos una forma de onda, más preferentemente al menos 2 formas de onda, incluso más preferentemente al menos 5 formas de onda, incluso más preferentemente 10 formas de onda, lo más preferentemente al menos 50 formas de onda. La referencia puede establecerse mediante la curva de calibración completa, un segmento representativo de la curva de calibración o mediante puntos de referencia predefinidos de la curva de calibración, por ejemplo, una tabla de consulta.

La figura 11 ilustra una curva de calibración de voltaje **44** de un impulso medido en el dominio del tiempo. La forma de onda de voltaje se puede determinar, por ejemplo, en un dispositivo de almacenamiento de energía. Sin embargo, se puede utilizar cualquier parámetro de operación para establecer la curva de calibración.

La forma de onda de voltaje actualmente medida y la curva de calibración se relacionan mediante el uso de un procedimiento matemático y/o de procesamiento de señales. En base a la relación, se puede establecer al menos un umbral. El al menos un umbral puede corresponder a la corrección de la estimulación y/o notificar al operador del dispositivo de estimulación magnética acerca de un evento no deseado. El evento no intencionado puede referirse a la detección de un objeto metálico, por ejemplo, joyas metálicas tales como anillos o pulseras, o un dispositivo protésico tal como una endoprótesis o un clavo quirúrgico en las proximidades del dispositivo de estimulación magnética; o para la detección de un error de hardware del dispositivo de estimulación magnética, por ejemplo, error del dispositivo de conmutación, tal como un tiristor. En base a la evaluación de cualquier evento no deseado, el tratamiento puede desactivarse y/o la notificación para el operador puede ser generada por el dispositivo de estimulación magnética en una forma perceptible por el ser humano, por ejemplo, por medios mecánicos y/o electromagnéticos, tal como una notificación audible perceptible (por ejemplo, pitido) o una notificación visualmente perceptible (luz intermitente, cambio de color, etc.).

En una aplicación ejemplar del aspecto de la aplicación, la relación entre la forma de onda de voltaje medida actualmente y la curva de calibración de voltaje puede determinarse por medio de un procedimiento estadístico que da como resultado un coeficiente de correlación. La duración de tiempo de la curva de calibración correlacionada y la forma de onda de voltaje puede ser mayor que la duración de tiempo suficiente para alcanzar el valor de un segundo máximo. La estimulación correcta puede determinarse si el valor del coeficiente de correlación está en valor absoluto al menos 0,9, más preferentemente al menos 0,95, lo más preferentemente al menos 0,99. El evento no deseado puede detectarse si el valor del coeficiente de correlación está en valor absoluto al menos 0,4, más preferentemente al menos 0,6, incluso más preferentemente al menos 0,7, lo más preferentemente al menos 0,9. El valor del coeficiente

de correlación puede usarse para la detección de un objeto metálico dentro de la proximidad del dispositivo de estimulación magnética, por ejemplo, joyas metálicas tales como un anillo o pulsera, o un dispositivo protésico tal como una endoprótesis o una uña quirúrgica; o para la detección de errores de hardware del dispositivo de estimulación magnética, por ejemplo, error de un dispositivo de conmutación tal como un tiristor.

5 La figura 12A ilustra el caso en el que el objeto metálico está cerca del dispositivo de estimulación magnética. Hay dos curvas que se refieren a una curva **44** de calibración de voltaje y la forma de onda **45** de voltaje actualmente medida. La forma de onda **45** de voltaje actualmente medida difiere en el valor del segundo máximo **46** en comparación con el valor del segundo máximo **47** de la curva **44** de calibración de voltaje. Además Se produce una diferencia adicional en el cambio **48** de tiempo que se refiere al tiempo en que el voltaje medido actualmente alcanza el valor del segundo máximo **46** en comparación con el momento en que la curva de calibración alcanza el valor del segundo máximo **47**. Por lo tanto, el coeficiente de correlación puede alcanzar valores más bajos en valores absolutos que en el caso de una estimulación correcta cuando el valor del coeficiente de correlación en valor absoluto es al menos 0,9, más preferentemente al menos 0,95, lo más preferentemente al menos 0,99. La detección de un objeto metálico es muy importante para la seguridad del paciente debido al riesgo de lesión causado al paciente por la inducción de calor en el objeto metálico y/o por el movimiento involuntario del objeto metálico.

La figura 13 ilustra el caso en el que se produce un error de hardware, por ejemplo, un fallo del dispositivo de conmutación. Hay dos curvas que se refieren a una curva **44** de calibración de voltaje y la forma de onda **45** de voltaje actualmente medida. El valor de la curva **44** de calibración de voltaje permanece constante después de alcanzar el valor del segundo máximo **47**. Sin embargo, la forma de onda **45** de voltaje actualmente medida continúa en resonancia **52** aunque el valor del segundo máximo **46** es igual al valor del segundo máximo **47** de la curva **44** de calibración.

En la aplicación preferente, la relación entre la curva **44** de calibración de voltaje y la forma de onda **45** de voltaje actualmente medida puede determinarse por medio de un período de tiempo mayor que la duración de tiempo suficiente para alcanzar el valor del segundo máximo del parámetro de operación.

25 La curva de calibración puede ser establecida por el fabricante o por un procedimiento matemático y/o de procesamiento de señales. El dispositivo de estimulación magnética puede verificar y/o ajustar los valores de calibración periódicamente después de un período de tiempo predeterminado y/o después de cambiar cualquier parte del dispositivo de estimulación magnética.

El beneficio de usar el coeficiente de correlación es que el procedimiento es independiente de la tasa de repetición y/o la amplitud de la estimulación. El procedimiento también proporciona resultados muy precisos y/o relevantes.

#### Detectar valores correctos

En un aspecto alternativo de la aplicación, la corrección del tratamiento puede determinarse simplemente por una relación del al menos un valor específico de la forma de onda **45** de voltaje actualmente medida influenciada por el objeto metálico. El objeto metálico puede absorber una parte de la energía de estimulación. Por lo tanto, el voltaje medido actualmente es menor que el valor de calibración y la caída **49** de voltaje determinada actualmente se incrementa como se ilustra en la figura 12A. El valor del primer máximo **50** corresponde con el voltaje de estimulación máximo generado por una fuente de voltaje, puede determinarse simplemente a partir de la fuente de voltaje. Durante el tratamiento correcto en base a pérdidas de energía, una recarga del dispositivo de almacenamiento de energía no es hasta el valor del primer máximo **50** sino solo hasta el valor del segundo máximo **47** que es menor que el valor del primer máximo **50**. Por lo tanto se produce una caída de tensión correcta **51** que viene determinada por la diferencia del valor del primer máximo **50** y el valor del segundo máximo **47**. La caída de voltaje correcta **51** se corresponde con el valor del primer máximo **50**. La caída de voltaje se produce en cada impulso. Por lo tanto, se puede establecer un umbral de caída de voltaje correcta. En el caso de que no se produzca un evento no intencionado y se realice el tratamiento correcto, el valor del voltaje medido actualmente se corresponde con el valor de calibración y la caída **51** de voltaje correcta permanece constante durante los parámetros de operación constantes y/o las condiciones ambientales. Con respecto a la caída **51** de voltaje correcta, se puede establecer un umbral de caída de voltaje predeterminado que corresponda con la estimulación magnética correcta y que se pueda considerar como correcto. Los valores correctos pueden ser calibrados por el fabricante o pueden ser determinados por procedimientos matemáticos y/o de procesamiento de señales. El dispositivo de estimulación magnética puede verificar y/o ajustar los valores de calibración periódicamente después de un período de tiempo predeterminado y/o después de cambiar cualquier parte del dispositivo de estimulación magnética.

El umbral de caída de voltaje correcto puede establecerse en 30 %, más preferentemente 21 %, incluso más preferentemente 14 %, lo más preferentemente 7 % del valor del primer voltaje máximo. Si la caída de voltaje alcanza el umbral, entonces se puede determinar la proximidad del objeto metálico. Si la caída de voltaje varía en el tiempo después de alcanzar el valor del segundo máximo, es posible que se detecte un error de hardware. La notificación relacionada con un evento no intencionado puede generarse en forma perceptible para el ser humano.

En un enfoque alternativo, la corrección del tratamiento también puede determinarse solo por los valores de relación de los segundos máximos **46**, **47** de voltaje y/o por la relación de cualquier otro punto de referencia en la curva **44** de

calibración de voltaje y la forma de onda **45** de voltaje actualmente medida. El fabricante puede establecer los puntos de referencia y/o el umbral como ajustes de fábrica, por ejemplo, una tabla de consulta, o el operador puede establecer los puntos de referencia y/o el umbral.

Durante el tratamiento pueden ocurrir varios casos. En la aplicación ejemplar, el parámetro de operación puede ser voltaje. Estos casos son:

- 1) El caso de estimulación correcto donde el voltaje medido actualmente (un valor específico o una forma de onda) es idéntico o está dentro de un intervalo aceptable de una referencia o el valor de voltaje medido en diferentes tiempos del mismo pulso (el coeficiente de correlación es casi 1).
- 2) El caso de estimulación incorrecta, que puede estar determinado por la relación de:

- a) La forma de onda de voltaje actualmente medida y la curva de calibración; o
- b) El valor medido actualmente del voltaje medido en un tiempo predeterminado  $t$  y el valor correcto predeterminado de voltaje en el tiempo  $t$ . (por ejemplo, el tiempo  $t$  puede ser el momento de alcanzar el segundo máximo). Si la relación excede un umbral predefinido, entonces se presenta un caso de estimulación incorrecta y el dispositivo de estimulación magnética genera una notificación al personal.
- c) El voltaje generado actualmente se mide en dos tiempos diferentes: tiempo  $t$  y tiempo  $t+x$  y los valores de voltaje medidos actualmente se relacionan entre sí. Si la relación excede un umbral predefinido, entonces está presente un evento no deseado y el dispositivo de estimulación magnética genera una notificación al personal.

Como se muestra en la figura 12B, la corrección de la estimulación puede determinarse por medio de al menos un punto de referencia en la forma de onda de voltaje actualmente medida. En la aplicación preferida, se usa el valor del segundo máximo porque está bien definido y puede determinarse fácilmente. Por otro lado, la corrección de la estimulación puede estar determinada por la relación de al menos dos puntos de referencia. Una aplicación ejemplar puede determinar una diferencia de voltaje  $\Delta U = U_2 - U_1$  en el tiempo  $t_c$ . En base al valor de la diferencia de voltaje, se puede determinar la proximidad del objeto metálico. En esta aplicación ejemplar,  $U_2$  es constante porque se deriva de un valor de calibración. Otra aplicación ejemplar puede determinar una diferencia de tiempo  $\Delta t = t_2 - t_1$  desde que un valor de calibración y el voltaje medido alcanzan un voltaje seleccionado  $U_c$ . Luego, en base al valor de la diferencia de tiempo, se puede determinar la proximidad del objeto metálico. En esta aplicación ejemplar,  $t_1$  es constante porque se deriva de un valor de calibración.

La figura 12C muestra la determinación de una estimulación incorrecta por medio de valores de voltaje medidos actualmente ( $U_{11}$ ,  $U_{12}$ ) medidos en valores predeterminados de tiempo ( $t_1$ ,  $t_2$ ). La exactitud de la estimulación puede estar determinada por la relación de  $U_{11}(t_1)$  y  $U_{12}(t_2)$ . Si la relación excede un umbral predefinido, entonces está presente un evento no deseado y el dispositivo de estimulación magnética genera una notificación al personal. En la aplicación preferida, se pueden usar los valores del primer y segundo máximo.

En un aspecto, un procedimiento para controlar un dispositivo de estimulación magnética para tratar una estructura biológica por medio de un campo magnético variable en el tiempo incluye determinar al menos un valor, por ejemplo (voltios), de un parámetro de operación (voltaje) en al menos un valor (microsegundos) de la cantidad característica (tiempo), en el que el valor del parámetro de operación está relacionado con al menos uno de: una curva de calibración; un valor de calibración; o al menos un valor (dos mediciones de voltaje en momentos específicos) del mismo parámetro de operación en un valor diferente (microsegundos) de la misma cantidad característica (tiempo), en el que la curva de calibración y/o el valor de calibración se pueden determinar en el mismo valor (microsegundos) o en un valor diferente (microsegundos) de la misma cantidad característica (tiempo). La curva de calibración es una pluralidad de valores de calibración (voltios en este ejemplo) de un parámetro de operación (voltaje) en una pluralidad de valores (microsegundos) de una cantidad característica (tiempo). Un valor de calibración, en este ejemplo, es un voltaje específico en un tiempo específico.

En las figuras 12D-12G, todos los valores medidos actualmente se muestran como un círculo con números de referencia marcados con un apóstrofo; todos los valores de calibración están marcados como cruces y los números de referencia no tienen apóstrofo; todas las relaciones determinadas al mismo tiempo son números **53** de referencia; y todas las relaciones determinadas en diferentes momentos son números **54** de referencia.

Se mide una forma de onda completa de un impulso. El impulso (cuando el valor de voltaje cambia en el tiempo) dura, por ejemplo, 280  $\mu s$  durante la estimulación correcta. La forma de onda de voltaje completa está relacionada (usando la definición en el glosario anterior) con la curva de calibración (almacenada en la memoria del dispositivo de estimulación magnética). La relación se expresa mediante el valor de un coeficiente de correlación que indica la similitud de la forma de onda y la curva de calibración medidas actualmente.

Con referencia a la figura 12D, la forma de onda **53** de voltaje de calibración puede estar relacionada con la forma de onda **53'** de voltaje actualmente medida con la misma duración de tiempo, por ejemplo, 350  $\mu s$ , es decir, la duración de tiempo de la forma de onda **53** de voltaje de calibración es igual a la duración de tiempo de la forma de onda **53'** de voltaje actualmente medida. No es necesario determinar la forma de onda de voltaje completa. Es suficiente establecer al menos un valor de calibración. El valor **53'** de voltaje medido actualmente está relacionado con el valor **53** de voltaje de calibración predeterminado. La relación de los valores **53**, **53'** de voltaje (o valor de caída de voltaje,

o correlación) determina una estimulación incorrecta. El valor **53'** del voltaje medido actualmente y el valor **53** del voltaje de calibración pueden determinarse al mismo tiempo.

Con referencia a la figura 12E, la forma de onda **54** de voltaje de calibración puede estar relacionada con la forma de onda **54'** de voltaje medida actualmente con una duración de tiempo diferente. El valor **54'** de voltaje medido actualmente se mide en el momento en que se alcanza el segundo máximo. El segundo máximo de voltaje medido ocurre en un momento diferente al tiempo del segundo máximo de la curva de calibración.

Volviendo a la figura 12F, el valor **54'** de voltaje medido actualmente está relacionado con el valor **54** de voltaje de calibración predeterminado. La relación de los valores **54, 54'** de voltaje (o valor de caída de voltaje, o correlación) determina una estimulación incorrecta. El valor **54'** de voltaje medido actualmente y el valor **54** del voltaje de calibración pueden determinarse en tiempo diferentes. El resultado de la relación es el mismo, aunque el voltaje **54'** medido actualmente se mide en un tiempo diferente (por ejemplo, en el tiempo 600  $\mu$ s) que el valor **54** de voltaje de calibración (por ejemplo, en el tiempo 400  $\mu$ s).

Pasando a la figura 12G, no es necesario determinar la forma de onda de voltaje completa y no es necesario establecer ningún valor de voltaje de calibración. Se determina una relación entre los valores **55' y 56'** de voltaje actualmente medidos. Los al menos dos valores **55', 56'** de voltaje actualmente medidos en el pulso de corriente se miden en diferentes momentos del mismo pulso. El sistema puede determinar una estimulación incorrecta, por ejemplo, en base al conocimiento de la caída de voltaje correcta. El fabricante/operador del sistema puede determinar la caída de voltaje correcta como un valor de voltaje absoluto en voltios (dependiendo de un primer valor máximo); o por una relación de los valores de voltaje medidos actualmente con respecto a un primer valor máximo; o un porcentaje de un primer valor máximo; o puede derivarse de un modelo matemático.

En una aplicación alternativa, el dispositivo de estimulación magnética puede enviar una notificación sobre el error de hardware al departamento de servicio y/o al fabricante para reparar el dispositivo. El dispositivo de estimulación magnética también puede incluir una caja negra para almacenar datos relacionados con eventos no deseados para proporcionar estadísticas para el operador y/o el fabricante.

El beneficio de la aplicación es determinar un evento no deseado dentro de cada impulso. Por lo tanto, la seguridad del paciente mejora significativamente y se evita que el paciente y/o el dispositivo de estimulación magnética sufran daños por calor. Además, el dispositivo de estimulación magnética puede proporcionar una notificación sobre el evento no intencionado al personal operativo en forma perceptible por el ser humano. Otro beneficio es reconocer el tipo de evento no deseado.

### **Dispositivo generador de campo magnético.**

En una realización, un procedimiento para controlar un dispositivo de estimulación magnética para tratar una estructura biológica mediante un campo magnético variable en el tiempo incluye medir un voltaje del dispositivo durante un intervalo de tiempo; relacionar el voltaje medido con una curva de calibración; y apagar el dispositivo y/o proporcionar una notificación al personal operativo, en base a la relación del voltaje medido con la curva de calibración. El procedimiento puede incluir además determinar un coeficiente de correlación entre el voltaje medido y la curva de calibración; y apagar el dispositivo y/o proporcionar una notificación al personal operativo, si el coeficiente de correlación está por debajo de un valor predeterminado.

En otro procedimiento para controlar un dispositivo de estimulación magnética para tratar una estructura biológica por medio de un campo magnético variable en el tiempo, las etapas incluyen: medir un voltaje del dispositivo en un tiempo T1; relacionar (es decir, comparar o determinar de otro modo) una función del voltaje medido en el tiempo T1 con un voltaje de calibración predeterminado en el tiempo T1; o relacionar el voltaje medido en el tiempo T1 con un voltaje de calibración predeterminado en el tiempo T1 + X; y luego apagar el dispositivo y/o proporcionar una notificación al personal operativo, en base a la relación del voltaje de salida medido con el voltaje de calibración predeterminado.

Alternativamente, un procedimiento para detectar la operación incorrecta de un dispositivo de estimulación magnética para tratar una estructura biológica por medio de un campo magnético variable en el tiempo incluye:

AA.] Determinar que una relación entre un voltaje medido del dispositivo y una curva de calibración excede un umbral predeterminado; o

BB.] Determinar que un voltaje medido en un predeterminado tiempo T1 y un valor de voltaje correcto de una curva de calibración en el tiempo T1 excede un umbral predeterminado; o

CC.] Una relación de un primer voltaje medido en el tiempo T1 y un segundo voltaje medido en el tiempo T1 + X excede un umbral predefinido.

El dispositivo se apaga y/o se proporciona una notificación al personal operativo, en base a la relación del voltaje de salida medido con el voltaje de calibración predeterminado.

### **Monitorización de calor**

De acuerdo con otra aplicación de la invención, se puede utilizar al menos un parámetro de operación determinado actualmente para determinar un valor del calor generado. El calor generado puede usarse para predecir la temperatura del dispositivo de estimulación magnética. Normalmente, el procedimiento se puede utilizar para la planificación del tratamiento y/o para predecir la temperatura del aplicador y/o la parte del dispositivo de estimulación magnética que es más susceptible al sobrecalentamiento, tales como alambres y/o resistencias, etc.

El dispositivo de estimulación magnética puede describirse por medio de una característica térmica de transición (TTC). El TTC puede determinarse mediante medición experimental en condiciones ambientales estándar, tales como temperatura y/o presión, o puede ser un modelo matemático en base a especificaciones técnicas y/o eléctricas de todos los componentes del dispositivo de estimulación magnética. El TTC caracteriza la dependencia de la temperatura del dispositivo de estimulación magnética del calor. El fabricante establece el TTC como ajuste de fábrica.

El valor del calor generado determinado por la aplicación citada de la invención se corresponde con los parámetros de tratamiento. La evolución de la temperatura del dispositivo de estimulación magnética depende durante el tratamiento de al menos uno de los parámetros del tratamiento, la temperatura real del dispositivo de estimulación magnética, la temperatura ambiente, la temperatura del medio de enfriamiento, el flujo del medio de enfriamiento o la disipación de calor.

Se configura un algoritmo de cálculo para operar al menos TTC y parámetros de tratamiento para determinar la temperatura del dispositivo de estimulación magnética durante el tratamiento. La temperatura máxima del dispositivo de estimulación magnética es limitada y predeterminada. Sin embargo, en aplicaciones alternativas, el operador puede ajustar la temperatura máxima del dispositivo de estimulación magnética. La temperatura máxima puede considerarse segura para el paciente.

La figura 14 ilustra un diagrama del algoritmo 57 de cálculo que funciona con una pluralidad de entradas. Las entradas pueden incluir TTC **58**; pérdida **59** de energía real y/o teórica (por ejemplo, de TTC); al menos un parámetro **60** de tratamiento tal como tasa de repetición, densidad de flujo magnético, duración del impulso, modulación de amplitud y/o duración del tratamiento; temperatura **61** real del dispositivo de estimulación magnética; parámetros **62** de enfriamiento tales como temperatura ambiente, temperatura del medio de enfriamiento, gradiente de flujo y/o presión, humedad relativa, capacidad calorífica y/o disipación de calor. En base a los parámetros de entrada, los otros parámetros relacionados con el tratamiento pueden determinarse como resultado **63**. En la aplicación preferida, puede usarse la pérdida de energía real para el al menos un pulso.

De acuerdo con un aspecto de la aplicación, el dispositivo de estimulación magnética puede detener el tratamiento en el caso de que la temperatura determinada por el algoritmo de cálculo supere la temperatura máxima. Si la temperatura calculada es igual a la temperatura máxima predeterminada, entonces se inicia el tratamiento ya que se considera que la temperatura máxima predeterminada es segura para el paciente. El tratamiento se detiene solo si la temperatura calculada excede la temperatura máxima predeterminada.

De acuerdo con otro aspecto de la aplicación, el dispositivo de estimulación magnética puede inhabilitar el tratamiento en el caso de que la temperatura determinada por el algoritmo de cálculo supere la temperatura máxima. En este caso, el dispositivo de estimulación magnética puede sugerir al menos un valor máximo de parámetro de tratamiento. En base a la temperatura prevista del dispositivo de estimulación magnética, el algoritmo de cálculo puede determinar al menos un valor del parámetro de tratamiento para que no exceda la temperatura máxima del dispositivo de estimulación magnética durante el tratamiento. En base a las preferencias del operador, el valor del parámetro de tratamiento se puede ajustar automáticamente mediante el dispositivo de estimulación magnética o se puede sugerir al operador en forma perceptible por el ser humano, tal como una notificación audible (por ejemplo, pitido) y/o una notificación visualmente perceptible (por ejemplo, luz intermitente, cambio de color, etc.). En una aplicación ejemplar, el parámetro de tratamiento sugerido puede ser un valor máximo alcanzable de densidad de flujo magnético que puede ser enfriado suficientemente por el sistema de enfriamiento. Sin embargo, se le puede sugerir al operador cualquier otro parámetro de tratamiento.

La figura 15 ilustra un algoritmo de cálculo para determinar una densidad de flujo magnético máxima que puede ser suficientemente enfriada por el sistema de enfriamiento. Tan pronto como se enciende el dispositivo de estimulación magnética **64**, el operador puede establecer los parámetros **65** de entrada que son considerados por el operador como adecuados para el paciente. Puede seguir el siguiente paso **66**. En la etapa **66**, en base a los parámetros de entrada, el algoritmo de cálculo puede determinar la distribución de temperatura  $T_{proc}$  que incluye al menos una de una temperatura del dispositivo de estimulación magnética determinada en el tiempo  $t$  del tratamiento ( $T_D(t)$ ) y la temperatura máxima del dispositivo de estimulación magnética ( $T_{Dmax}$ ) que puede alcanzarse durante el tratamiento. En la siguiente etapa **67**, el dispositivo de estimulación magnética puede determinar si la temperatura máxima determinada del dispositivo de estimulación magnética excede la temperatura predeterminada máxima ( $T_{max}$ ).

En el caso de que  $T_{Dmax}$  exceda  $T_{max}$ , en la etapa **68** el tratamiento puede desactivarse y/o puede generarse una notificación relativa al motivo por medio del dispositivo de estimulación magnética en una forma perceptible para el ser humano. En la siguiente etapa **69**, el algoritmo de cálculo puede determinar al menos un parámetro de tratamiento máximo que puede alcanzarse para enfriar suficientemente el dispositivo de estimulación magnética y el dispositivo

de estimulación magnética puede sugerir al menos un parámetro de tratamiento máximo al operador. En consecuencia, el operador puede ingresar **65** parámetros de tratamiento corregidos dentro del intervalo de enfriamiento aceptable.

Si el dispositivo de estimulación magnética determina en la etapa **67** que  $T_{Dmax}$  no supera  $T_{max}$ , entonces puede iniciarse el tratamiento **70**. Después, la temperatura real del dispositivo de estimulación magnética ( $T_M(t)$ ) puede medirse en la etapa **71**. La medición de temperatura se puede lograr en tiempo real de forma continua o en secuencias de tiempo discretas, más preferentemente en valores de tiempo discretos predeterminados.

En la etapa **72**, el dispositivo de estimulación magnética puede determinar si  $T_M(t)$  difiere de la temperatura determinada del dispositivo de estimulación magnética ( $T_D(t)$ ). Si  $T_D(t)$  es igual a  $T_M(t)$ , entonces el tratamiento continua **73** generando más impulso magnético y midiendo  $T_M(t)$  adicional hasta el final **74** del tratamiento y/o hasta que el bloque **72** examina la diferencia en  $T_D(t)$  y  $T_M(t)$ .

En el caso de que  $T_D(t)$  y  $T_M(t)$  difieran en la etapa **72**, en consecuencia, puede seguir la etapa **75**. En el paso **75**, el dispositivo de estimulación magnética puede examinar si  $T_M(t)$  es menor que  $T_D(t)$ . Si  $T_M(t)$  es menor que  $T_D(t)$ , entonces el algoritmo de cálculo puede determinar al menos un parámetro de tratamiento máximo que se puede alcanzar para enfriar suficientemente el dispositivo de estimulación magnética y sugerir en la etapa **69** el al menos un nuevo parámetro de tratamiento máximo para el operador que puede ajustar el al menos un parámetro de tratamiento en la etapa **65**. El al menos un nuevo parámetro de tratamiento puede ser mayor que el al menos un parámetro de tratamiento sugerido originalmente.

En el caso de que  $T_M(t)$  no sea menor que  $T_D(t)$ , entonces el dispositivo de estimulación magnética puede examinar en la etapa **76** si  $T_M(t)$  es menor o igual que  $T_{max}$ . Si  $T_M(t)$  es menor que  $T_{max}$ , entonces el algoritmo de cálculo puede determinar al menos un parámetro de tratamiento máximo que se puede alcanzar para enfriar suficientemente el dispositivo de estimulación magnética y el dispositivo de estimulación magnética puede sugerir en la etapa **69** el al menos un parámetro de tratamiento máximo al operador que puede ajustar el al menos un parámetro de tratamiento en la etapa **65**. El al menos un nuevo parámetro de tratamiento puede ser menor que el al menos un parámetro de tratamiento sugerido originalmente. Si  $T_M(t)$  es igual a  $T_{max}$ , entonces el dispositivo de estimulación magnética puede generar la notificación de que se alcanzó la temperatura máxima predeterminada.

Si el dispositivo de estimulación magnética examina en la etapa **76** que  $T_M(t)$  no es menor o igual que  $T_{max}$ , entonces el tratamiento se deshabilita **77** dado que la temperatura ha superado la  $T_{max}$  y/o el dispositivo de estimulación magnética puede generar una notificación en una forma humana perceptible. El algoritmo de cálculo puede determinar al menos un parámetro de tratamiento máximo que puede alcanzarse para enfriar suficientemente el dispositivo de estimulación magnética y sugerir en la etapa **69** el al menos un parámetro de tratamiento máximo al operador que puede ajustar el al menos un parámetro de tratamiento en la etapa **65**.

De acuerdo con otro aspecto más de la aplicación, el algoritmo de cálculo puede monitorizar la temperatura real de cualquier parte del dispositivo de estimulación magnética, por ejemplo, temperatura del aplicador. La temperatura del aplicador se puede determinar por pérdidas de calor reales durante el tratamiento sin necesidad de un sensor de temperatura en el aplicador.

De acuerdo con otro aspecto más de la aplicación, el algoritmo de cálculo puede determinar los parámetros de enfriamiento, por ejemplo, flujo de medio de enfriamiento, suficiente para enfriar el calor generado durante el tratamiento. Se puede optimizar el consumo de enfriamiento.

El algoritmo de cálculo puede ejecutarse en tiempo real. En consecuencia, la aplicación puede monitorizar la temperatura real del dispositivo de estimulación magnética y examinar si el tratamiento se corresponde con el resultado en base a la determinación del algoritmo de cálculo. La notificación en forma humana perceptible puede generarse y/o el tratamiento puede ser limitado y el al menos un parámetro de tratamiento puede sugerirse en forma humana perceptible, y/o el tratamiento puede desactivarse si la diferencia alcanza un umbral predeterminado y/o ajustable.

Los procedimientos descritos anteriormente se pueden utilizar en cualquier dominio de cantidad característica.

El procedimiento de aplicación no está limitado por las cantidades características indicadas. Debe interpretarse en el sentido más amplio.

La aplicación no se limita a los parámetros de operación indicados y/o la cantidad característica. También se puede utilizar cualquier combinación de parámetros de operación adecuados y/o cantidades características. El procedimiento debe interpretarse en el sentido más amplio.

El procedimiento no se limita a la aplicación de un campo magnético, por lo que también se puede utilizar para otro tratamiento equivalente, por ejemplo, tratamiento con radiofrecuencia, tratamiento con luz y/o tratamiento mecánico tal como el tratamiento con ultrasonidos o el tratamiento con ondas de choque.

## SECCIÓN II

El aparato y los procedimientos de funcionamiento de dicho aparato pueden usarse para estimular una estructura biológica objetivo. La estimulación puede lograr diversos efectos.

5 Siguiendo la definición de la Organización Mundial de la Salud, la salud se define como un estado de completo bienestar físico, mental y social y no simplemente la ausencia de enfermedad o dolencia. Sin embargo, parece ser que un estado de completo bienestar físico, mental y social corresponde más a la felicidad que a la salud. La definición más apropiada de salud es la de Webster, que es el estado de bienestar, sano o completo, en cuerpo, mente o alma; especialmente, el estado de estar libre de enfermedad física o dolor.

10 Se induce corriente eléctrica en la estructura biológica estimulada durante el tratamiento con imán pulsado. Debido al alto valor de la densidad de flujo magnético, la estructura biológica puede ser dirigida y estimulada más específicamente. La distribución del campo magnético es uniforme en la estructura biológica porque el agua y las moléculas biológicas son sustancias diamagnéticas. El campo magnético no se ve afectado por sustancias diamagnéticas. Por lo tanto, no se produce pérdida de intensidad o densidad de flujo magnético al atravesar la estructura biológica o el tejido. Incluso el cuero cabelludo y el cráneo son transparentes a los campos magnéticos. Por tanto, los impulsos magnéticos pueden atravesar estas estructuras sin obstáculos. Las partículas (por ejemplo, 15 átomos, iones, moléculas, etc.) en las estructuras biológicas están influenciadas por el campo magnético y la permeabilidad de la membrana celular también aumenta.

20 Un principio esencial de la magnetoterapia utilizada para la estimulación de estructuras biológicas es la influencia del campo magnético en la célula. La membrana celular está polarizada debido a la corriente eléctrica inducida. Uno de los fenómenos fundamentales de la corriente eléctrica en el tejido biológico puede ser la aparición de un potencial de acción, una transferencia de excitación neural y/o puede inducirse una contracción muscular parcial o total. Además, el efecto del potencial de acción generado puede modular la transmisión de un estímulo doloroso, proporcionando un efecto de manejo del dolor. Además, la generación del potencial de acción puede usarse para diagnóstico o tratamiento de enfermedades neurales. Las tasas de repetición convenientes pueden causar alivio del dolor y/o miorelajación. Diversas tasas de repetición pueden causar estimulación muscular, estimulación del músculo denervado o pueden 25 mejorar la movilidad de una articulación. Las diferentes tasas de repetición pueden mejorar el estado mental del paciente.

30 Las ventajas de la presente magnetoterapia incluyen: afectar a las estructuras profundas que son estimuladas de forma problemática por la estimulación superficial; aplicación no invasiva o sin contacto de flujo magnético, se puede aplicar incluso con ropa; no invasividad absoluta de la estimulación y eliminación de la irritación de la piel en el lugar de la aplicación del campo magnético; alta tasa de aceptabilidad de la estimulación por parte de los pacientes; eliminación de los efectos secundarios de la estimulación; eliminación de la necesidad de un aplicador hecho de materiales biocompatibles; proporcionando un aplicador limpio y estéril del más alto nivel; posibilidad de tratamiento local o de zona.

35 Debe entenderse que el procedimiento no se limita a las aplicaciones particulares y que el procedimiento puede practicarse o llevarse a cabo de diversas formas.

La presente divulgación se refiere a procedimientos que no son parte de la presente invención que utilizan estimulación magnética de densidad de flujo magnético al menos suficiente para provocar una respuesta activa de una estructura biológica a las tasas de repetición de al menos 50 Hz.

40 Los presentes procedimientos pueden usarse para la estimulación muscular y el ejercicio de cualquier músculo o grupo de músculos o cualquier otra estructura biológica, especialmente para los músculos profundos, por ejemplo, músculo psoas mayor y el diafragma. El procedimiento puede estimular otras estructuras biológicas, por ejemplo, estimulación selectiva de los grupos de músculos particulares para mejorar su funcionalidad o para generar un patrón de contracción del grupo de músculos para mejorar la eficiencia del movimiento o generar la memoria muscular. Los músculos del suelo pélvico también pueden ejercitarse para tratar por ejemplo, incontinencia. La incontinencia es una incapacidad 45 de los pacientes principalmente de edad avanzada para contener las evacuaciones de orina o heces. La incontinencia se trata actualmente ejercitando los músculos del suelo pélvico o utilizando sondas vaginales o rectales mediante terapia de corriente directa, o utilizando sillas urológicas mediante estimulación por campo magnético pulsado. Sin embargo, los sillones urológicos logran una baja densidad de flujo magnético con una alta tasa de repetición. La eficacia de los sillones urológicos es baja porque los valores de los parámetros de estimulación, tasa de repetición y densidad de flujo magnético son insuficientes. Por lo tanto, la terapia es relativamente lenta e incómoda para el 50 paciente.

Otro campo de aplicación puede ser el tratamiento de la disfunción eréctil. Un efecto sinérgico también puede ser miorelajación.

55 Los presentes procedimientos pueden usarse para el tratamiento del trastorno depresivo mayor, epilepsia, esquizofrenia, enfermedad de Parkinson, enfermedad de Alzheimer, síndrome de Tourette, esclerosis lateral amiotrófica, esclerosis múltiple, trastorno por déficit de atención o hiperactividad, obesidad, trastorno bipolar o manía, trastornos de ansiedad, trastornos de ansiedad, trastornos postraumáticos, trastorno de estrés, trastorno obsesivo compulsivo, dolor, migraña, dolor crónico, dolor neuropático, rehabilitación después de un accidente cerebrovascular

(inducción de neuro plasticidad), tinnitus, estimulación de neuronas implantadas para facilitar la integración, trastornos relacionados con sustancias (dependencia y diagnóstico de abuso y abstinencia de alcohol cocaína, amfetamina, cafeína, nicotina, cannabis), lesión de la columna y regeneración/rehabilitación, lesión en la cabeza, reversión de la privación del sueño, trastornos primarios del sueño (insomnio primario, hipersomnia primaria, trastorno del ritmo circadiano del sueño), mejoras cognitivas, demencias, trastorno disfórico premenstrual (PMS), sistemas de administración de fármacos (cambio de la permeabilidad de la membrana celular a un fármaco), inducción de la síntesis de proteínas (inducción de la transcripción y traducción), tartamudeo, afasia, disfagia, temblor esencial o trastornos alimentarios (bulimia, anorexia, atracones). La presente invención se refiere a procedimientos que utilizan la estimulación de la estructura neural mediante un campo magnético variable en el tiempo de densidad de flujo magnético suficiente para inducir al menos el potencial de acción y/o la respuesta activa de la estructura neural. El amplio espectro de aplicaciones de la estimulación de estructuras biológicas mediante un campo magnético variable en el tiempo se logra debido a las altas tasas de repetición y/o al alto valor de la densidad de flujo magnético. En base a la resolución de la tasa de repetición, la estructura biológica puede estimularse mediante una envolvente de frecuencia de repetición adecuada. Pueden usarse procedimientos para inducir al menos la generación de potencial de acción, la modulación del potencial de acción y/o provocar una respuesta activa.

El aplicador para magnetoterapia incluye al menos un dispositivo generador de campo magnético para generar un campo magnético variable en el tiempo. El aplicador puede incluir o no un núcleo magnético. El aplicador se coloca cerca del cuerpo del paciente y, a medida que fluye la corriente eléctrica en el dispositivo generador de campo magnético, se genera un campo magnético variable en el tiempo. La densidad de flujo magnético se aplica a la estructura biológica con o sin el aplicador en contacto con la piel. La corriente eléctrica se induce y estimula la estructura neural objetivo. Debido a la estimulación, puede ocurrir al menos un potencial de acción y/o una contracción muscular parcial.

El aplicador para magnetoterapia se coloca próximo al cuerpo del paciente. El flujo magnético se aplica a la estructura biológica. La corriente eléctrica se induce y estimula la placa neuromuscular. Debido a la estimulación se produce al menos una contracción muscular parcial.

El presente procedimiento estimula la estructura neural mediante un campo magnético variable en el tiempo definido por una densidad de flujo magnético de pico a pico de al menos 0,1 T, más preferentemente al menos 0,5 T, incluso más preferentemente al menos 1 T, incluso más preferentemente al menos 1,5 T, más preferentemente al menos 2 T, o hasta 7 Tesla en la superficie del dispositivo generador de campo magnético y/o tasa de repetición al menos 50, 80, 90, 100, 120, 140, 180, 200, 250 o hasta 700 Hertz con tratamiento/tratamientos sucesivos que duren varios segundos o más, por ejemplo, al menos 5, 10, 30, 60, 120 o 240 segundos, o más. La duración del impulso está en el intervalo de decenas a cientos de  $\mu$ s.

Como se muestra en la figura 16, la estimulación de la estructura biológica, una célula, se explica por una curva 78 de un potencial de acción. El potencial de acción de la célula aumenta rápidamente después del estímulo (inducido por un campo magnético variable en el tiempo) y alcanza el umbral 79, lo que se denomina despolarización. Después de alcanzar el valor de amplitud máxima, la permeabilidad de la membrana cambia y se produce la repolarización. El valor negativo se alcanza en relación con el potencial de reposo 80. Después el potencial se recarga de nuevo al valor del potencial de reposo 80'. El período de tiempo desde el umbral 79 hasta el retorno del potencial al umbral 79' (que es igual al valor de umbral 79) se denomina período 81 refractario absoluto. La célula ya no puede ser estimulada durante el período 81 refractario absoluto, incluso por estímulo muy fuerte. El período de tiempo desde el final del período 81 refractario absoluto hasta el potencial 80' de reposo se denomina período 82 refractario relativo. La célula sólo puede ser estimulada por el estímulo intensivo por encima del umbral durante el período 82 refractario relativo. El estímulo por encima del umbral es un estímulo de mayor densidad de flujo magnético que el valor del estímulo umbral. El período 81 refractario absoluto es la misma duración de tiempo para todas las células, sin embargo, el período 82 refractario relativo varía según el tipo de célula.

Con referencia a la figura 17, siguiendo la intensidad percibida del estímulo, la densidad de flujo magnético puede alcanzar varios valores de estimulación. La densidad de flujo magnético puede inducir un estímulo 83 de umbral sensorial, un estímulo 84 por debajo del umbral sensorial, un estímulo 85 por encima del umbral sensorial, un estímulo 86 por umbral motor, un estímulo 87 por debajo del umbral motor, un estímulo 88 por encima del umbral motor, estímulo 89 de umbral nocivo, estímulo 90 por debajo del umbral nocivo; no se recomienda inducir el estímulo 91 sobre el umbral nocivo. En general, el estímulo por debajo del umbral se alcanza induciendo el estímulo umbral y, en consecuencia, disminuyendo ligeramente la densidad de flujo magnético. El estímulo por encima del umbral se alcanza alcanzando el estímulo umbral y, en consecuencia, aumentando ligeramente la densidad de flujo magnético. Por lo tanto, puede ocurrir la situación de que el valor de la densidad de flujo magnético que induce el umbral sensorial superior sea igual al valor de la densidad de flujo magnético que induce el estímulo por debajo del umbral motor. Asimismo, puede darse la situación de que el valor de la densidad de flujo magnético que induce el estímulo por encima del umbral motor sea igual al valor de la densidad del flujo magnético que induce el estímulo por debajo del umbral nocivo. Después del procedimiento de estimulación, la diferencia es que la densidad de flujo magnético que induce el estímulo sobre el umbral sensorial/el estímulo sobre el umbral motor nunca alcanza el estímulo sobre el umbral motor/el estímulo sobre el umbral nocivo.

## Modulación

De acuerdo con una aplicación de la invención, se puede generar la envolvente. La envolvente puede incluir todas las tasas de repetición. En la aplicación preferida, la envolvente puede incluir tasas de repetición más altas, por ejemplo, superior a 100 Hz, más preferentemente al menos 150 Hz, incluso más preferentemente al menos 200 Hz, lo más preferentemente al menos 250 Hz, o hasta 700 Hz. La estructura neural objetivo percibe la envolvente como una estimulación continua debido al hecho de que la estructura neural no puede distinguir pulsos individuales durante la estimulación. El valor más bajo de la tasa de repetición está limitado por la duración del período refractario absoluto. Generalmente, son necesarios al menos dos pulsos para crear una forma simple de la envolvente, por ejemplo, rectangular o trapezoidal. Sin embargo, cuanto más compleja es la forma de la envolvente, más pulsos se necesitan. La energía inducida (IE) que estimula la estructura neural objetivo es una función de la tasa de repetición, la densidad de flujo magnético y/o la duración del impulso. La envolvente puede constar de varios impulsos denominados tren. El número de pulsos en un tren varía en un intervalo de al menos 2 pulsos a miles de pulsos. La frecuencia de repetición de la envolvente viene dada por el período de la envolvente, es decir, la envolvente también puede incluir tiempo sin estimulación. La envolvente puede consistir en señales de estimulación con diversas frecuencias de ráfaga, por ejemplo, 5, 10, 20, 50 o más Hz. La envolvente puede generarse mediante varios enfoques de modulación.

#### 15 **Modulación MFD**

De acuerdo con un aspecto de la aplicación, la envolvente puede generarse por medio de un campo magnético variable en el tiempo de densidad de flujo magnético de pico variable, por lo que el procedimiento se denomina modulación de densidad de flujo magnético (MFDM). El principio de MFDM se describe en las figuras 18A y 18B. La tasa de repetición del campo magnético variable en el tiempo es constante, por lo tanto, el período del pulso es constante. La duración del impulso también permanece constante. Sin embargo, la densidad de flujo magnético de cada impulso **92** varía con respecto al impulso **92** anterior, como en la figura 18A. Por lo tanto, la densidad de flujo magnético de cada impulso es diferente de la densidad de flujo magnético del impulso anterior. El principio se explica por la envolvente **93** de forma triangular como se muestra en la figura 18B.

#### **Modulación RR**

De acuerdo con otro aspecto de la aplicación, la envolvente puede generarse en el dominio de la tasa de repetición, por lo que el procedimiento se denomina modulación de la tasa de repetición (RRM). El principio de RRM se describe en las figuras 19A y 19B. La densidad de flujo magnético de cada impulso **92** permanece constante. La duración del impulso también permanece constante. Por lo tanto, la energía inducida para un pulso es constante. Sin embargo, la velocidad de repetición varía, por lo que la duración de cada pulso varía con respecto al pulso precedente, véase la Fig. 19A. El valor real de la energía inducida corresponde a la tasa de repetición real del campo magnético variable en el tiempo. Cuando la tasa de repetición aumenta, el valor de la energía inducida aumenta o viceversa. El principio se explica por la envolvente **93** de forma triangular, véase la figura 19B.

#### **IWM**

De acuerdo con otro aspecto más de la aplicación, la envolvente puede generarse en el dominio de duración de impulso. El principio de modulación de duración de impulso se muestra en las figuras 20A y 20B, donde la densidad de flujo magnético y la tasa de repetición del campo magnético variable en el tiempo permanecen constantes. Sin embargo, la duración del impulso **92** de cada pulso varía como se muestra en la figura 20A. El principio se explica por la envolvente **93** de forma triangular en la figura 20B.

Los enfoques de modulación no están limitados por una forma de onda ejemplar. Por tanto, la envolvente puede ser rectangular, cuadrada, en forma de diente de sierra, trapezoidal, sinusoidal, exponencial, etc. El experto en la técnica de neurología y/o fisioterapia puede modular diversas envolventes y/o combinaciones envolventes.

La aplicación no se limita a utilizar el único enfoque de modulación única. En la aplicación preferida, puede usarse cualquier combinación de los enfoques mencionados anteriormente.

#### **Secuencia de diagnóstico**

De acuerdo con otra aplicación, la estructura biológica objetivo puede estimularse por medio de una secuencia de pretratamiento que incluye una pluralidad de pulsos de diferente tasa de repetición. En base a la secuencia de pretratamiento, se puede determinar la densidad de flujo magnético óptima/más cómoda para el tratamiento del paciente. La secuencia de pretratamiento incluye al menos una tasa de repetición, más preferentemente al menos dos tasas de repetición diferentes. La secuencia de pretratamiento completa puede durar hasta 120 segundos, más preferentemente en el intervalo de 1 a 60 segundos, lo más preferentemente alrededor de 30 segundos.

De acuerdo con un aspecto de la aplicación, la secuencia de pretratamiento puede incluir una tasa de repetición que incluya al menos un pulso, más preferentemente una pluralidad de pulsos, por ejemplo, al menos dos pulsos, más preferentemente 5 pulsos, incluso más preferentemente al menos 10 o más pulsos disparados por el dispositivo de estimulación magnética. Un operador puede ajustar la densidad de flujo magnético durante la secuencia de pretratamiento para proporcionar al paciente el tratamiento óptimo/más cómodo. Este aspecto puede usarse para tratamientos que incluyen al menos una tasa de repetición. Este aspecto también puede usarse para tratamientos que

incluyen una pluralidad de tasas de repetición en las que la tasa de repetición más alta puede estar involucrada preferentemente en la sección de pretratamiento.

De acuerdo con otro aspecto de la aplicación, la secuencia de pretratamiento puede incluir una pluralidad de diferentes tasas de repetición. La primera tasa de repetición puede ser la tasa de repetición más baja del tratamiento. La segunda tasa de repetición puede ser la tasa de repetición más alta del tratamiento. El al menos un pulso, más preferentemente una pluralidad de pulsos, por ejemplo, el dispositivo de estimulación magnética puede disparar al menos cinco pulsos, más preferentemente 10 pulsos o más pulsos de cada tasa de repetición.

En un aspecto ejemplar de la aplicación, por ejemplo, un tratamiento donde la tasa de repetición más baja es de 5 Hz y la tasa de repetición máxima es de 50 Hz, las secuencias de pretratamiento pueden incluir dos trenes de tasa de repetición de 5 Hz **94** y 50 Hz **95**. Cada tren puede durar 1 segundo y los trenes pueden estar separados por tiempo sin estimulación **96**. Los trenes pueden alternar todo el tiempo de la secuencia de pretratamiento. La secuencia de pretratamiento ejemplar completa puede durar 30 segundos. Un operador puede ajustar la densidad de flujo magnético durante la secuencia de pretratamiento para proporcionar al paciente el tratamiento más cómodo. La densidad de flujo magnético de los trenes puede ser la misma para al menos dos trenes.

En un aspecto alternativo de la aplicación, la secuencia de pretratamiento puede estar en el dominio de la tasa de repetición.

#### **Aplicación psiquiátrica, psicológica y hormonal**

Alrededor del 20 % de los niños y adolescentes del mundo padecen enfermedades o problemas mentales. Aproximadamente la mitad de las enfermedades mentales comienzan antes de los 14 años. Se están reportando tipos similares de enfermedades en todas las culturas de todo el mundo.

Más de 800 000 personas mueren por suicidio cada año y el suicidio es la segunda causa principal de muerte en los pacientes de 15 a 29 años. El 75 % de los suicidios ocurren en países de ingresos bajos y medianos. Las enfermedades neuronales y el consumo de alcohol contribuyen a muchos suicidios en todo el mundo. La identificación temprana y el tratamiento eficaz son cruciales para garantizar que las personas reciban la atención satisfactoria que necesitan.

De acuerdo con otra aplicación de la invención, la estimulación de la estructura neural por medio de un campo magnético variable en el tiempo puede usarse para el tratamiento de enfermedades psiquiátricas. La tasa de repetición sucesiva del presente procedimiento alcanza al menos 100 Hz, más preferentemente al menos 110 Hz, lo más preferentemente al menos 120 Hz. La densidad de flujo magnético del presente procedimiento de tratamiento supera al menos 0,1 T, más preferentemente al menos 0,5 T, incluso más preferentemente al menos 1 T, lo más preferentemente al menos 2 T o hasta 7 T.

El procedimiento puede usarse para el tratamiento de enfermedades psiquiátricas, tales como por ejemplo, depresión, esquizofrenia, migraña, depresión, discinesias, enfermedad de Alzheimer, síndrome de Asperger, síndrome de Tourette, trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH), deterioro cognitivo, demencia, distonía, piernas inquietas, temblor, afasia, ataxia o trastornos del esfínter de Oddi.

El aplicador se coloca en la proximidad de la estructura neural estimulada, por ejemplo, cerebro, para enfocar la densidad de flujo magnético a la estructura neural objetivo. La estructura neural objetivo es más comúnmente, por ejemplo, corteza prefrontal para aliviar los síntomas de depresión o esquizofrenia. Sin embargo, una persona experta en la técnica de la neurología y/o fisioterapia puede aplicar los estímulos a otros lugares cuya estimulación provoque un efecto similar. Además, la densidad de flujo magnético y/o la tasa de repetición pueden ser suficientes para inducir al menos un potencial de acción o incluso una convulsión parcial en el CNS.

La estructura neural más comúnmente estimulada para el tratamiento de la migraña o el dolor de cabeza es el nervio trigémino u occipital. La estimulación del nervio trigémino u occipital puede evitar y tratar las migrañas.

La estimulación por medio de un campo magnético variable en el tiempo también puede estimular y/o moderar la producción de hormonas, por ejemplo, hormonas hipofisarias. Sin embargo, una persona experta en la técnica de la neurología y/o fisiología puede aplicar los estímulos a otros lugares para influir también en la producción de hormonas de otras glándulas u órganos viscerales.

Además, el tratamiento de la adicción a sustancias puede promoverse por medio del presente procedimiento.

De acuerdo con el enfoque alternativo de la aplicación para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas, la estructura neural puede ser estimulada por una envolvente de frecuencia de repetición baja creada por un campo magnético variable en el tiempo de tasa de repetición superior a 100 Hz, más preferentemente al menos 150 Hz, incluso más preferentemente al menos 200 Hz, lo más preferentemente al menos 250 Hz, o hasta 700 Hz. La frecuencia de repetición puede ser de hasta 350 Hz, más preferentemente, hasta 200 Hz, incluso más preferentemente hasta 100 Hz.

#### **Aplicación de enfermedades neurodegenerativas**

De acuerdo con otra aplicación de la invención, la estimulación de la estructura neural por campo magnético variable en el tiempo puede usarse para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas y estructura neural profunda usando tasas de repetición superiores a 100 Hz y una tasa de repetición de, por ejemplo, 130-160, Hz. Sin embargo, la tasa de repetición también puede exceder los 200 Hz o 260 Hz, la tasa de repetición puede alcanzar hasta 700 Hz.

5 La duración del impulso está en el intervalo de 10 a 700  $\mu$ s, más preferentemente en el intervalo de 30 a 500  $\mu$ s, incluso más preferentemente de 50 a 250  $\mu$ s, lo más preferentemente en el intervalo de 60 a 90  $\mu$ s. La densidad de flujo magnético necesaria para el efecto de la aplicación es al menos 0,1 T, más preferentemente al menos 0,5 T, incluso más preferentemente 1 T, incluso más preferentemente al menos 2,5 T, o hasta 7 T.

10 La aplicación de la invención puede usarse para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas, tal como por ejemplo, enfermedad de Alzheimer, enfermedad de Parkinson, enfermedad de Huntington, síndrome de Asperger, síndrome de Tourette, esclerosis lateral amiotrófica, depresión, cuadriplejía, paraplejía, discinesias, esclerosis múltiple, trastorno por déficit de atención con hiperactividad (ADHD), deterioro cognitivo, demencia, distonía, piernas inquietas, temblor, afasia, ataxia, flujo sanguíneo insuficiente en el cerebro y muchas otras enfermedades, trastornos o síndromes. La estimulación mediante un campo magnético variable con el tiempo se dirige al nervio o al CNS dañado para tratar los síntomas esenciales de la enfermedad. El procedimiento puede estimular estructuras neuronales profundas, por ejemplo, estructuras cerebrales. El efecto de la estimulación puede ser similar al efecto de la estimulación cerebral profunda invasiva convencional utilizando electrodos implantados en la proximidad del núcleo basal de Meynert.

20 De acuerdo con el enfoque alternativo de la aplicación para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas, la estructura neural puede ser estimulada por una envolvente de frecuencia de repetición baja creada por un campo magnético variable en el tiempo de tasa de repetición superior a 100 Hz, más preferentemente al menos 150 Hz, incluso más preferentemente al menos 200 Hz, lo más preferentemente al menos 250 Hz, o hasta 700 Hz. La frecuencia de repetición puede ser de hasta 350 Hz, más preferentemente, hasta 200 Hz, incluso más preferentemente hasta 100 Hz.

25 De acuerdo con otro aspecto de la aplicación para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas, la estimulación de la estructura neural mediante un campo magnético variable en el tiempo puede usarse para aliviar los síntomas de por ejemplo, enfermedad de Parkinson. La estructura neural puede ser estimulada por una envolvente de frecuencia de repetición en el intervalo de 40 a 60 Hz, más preferentemente en el intervalo de 45 a 55 Hz, lo más preferentemente alrededor de 50 Hz. La densidad de flujo magnético es suficiente para inducir al menos un estímulo de umbral motor, más preferentemente al menos un estímulo por encima del umbral motor. El tiempo de tratamiento puede durar al menos 20 minutos, más preferentemente al menos 30 minutos, lo más preferentemente hasta 60 minutos.

Como los presentes procedimientos para la estimulación por medio de un campo magnético variable en el tiempo en estructuras neurales profundas no son invasivos, se evitan las desventajas de la cirugía junto con los riesgos operativos y postoperatorios para el paciente.

### 35 Diagnósticos

De acuerdo con otra aplicación de la invención, la estimulación de la estructura neural por medio de un campo magnético variable en el tiempo puede usarse para el diagnóstico del sistema neural. La estructura neural puede ser estimulada por un campo magnético variable en el tiempo que genera diversas envolventes. La densidad de flujo magnético del presente procedimiento de tratamiento supera al menos 0,1 T, más preferentemente al menos 0,5 T, incluso más preferentemente al menos 1 T, lo más preferentemente al menos 2 T o hasta 7 T.

40 De acuerdo con un aspecto de la aplicación en el diagnóstico del sistema neural, la estructura neural puede estimularse mediante pulsos únicos. El operador estimula a un paciente mediante diferentes tasas de repetición predefinidas para determinar la densidad de flujo magnético mínima que induce al menos una contracción muscular parcial para cada valor de la tasa de repetición. La retroalimentación que registra la contracción muscular al menos parcial puede ser, por ejemplo, visual o mediante el uso de un dispositivo técnico. En base a la medición, se puede compilar el gráfico de dependencia de la densidad de flujo magnético y la tasa de repetición. El gráfico es muy útil en la planificación de la terapia.

En una aplicación alternativa, la estructura neural también puede estimularse por medio de una envolvente rectangular o de forma creciente.

50 De acuerdo con otro aspecto de la aplicación en el diagnóstico del sistema neural, la estructura neural puede ser estimulada por pulsos únicos o envolvente de forma rectangular y aumentando la envolvente de forma. Ambas envolventes se utilizan para determinar el valor mínimo de densidad de flujo magnético suficiente para inducir al menos una contracción muscular parcial. La duración de la envolvente puede durar 1 segundo. Después de la determinación de ambos valores de densidad de flujo magnético, se puede calcular el nivel de denervación muscular.

55 De acuerdo con otro aspecto más de la aplicación en el diagnóstico del sistema neural, la estructura neural puede estimularse en al menos una ubicación predefinida y en otra ubicación predefinida puede medirse la respuesta del estímulo. Por tanto, se puede determinar el tiempo de reacción. En la aplicación preferida, el campo magnético variable en el tiempo estimula en al menos una ubicación predefinida en el brazo y el dispositivo de grabación se coloca en la

mano. El dispositivo de grabación puede ser un electrodo de contacto o un dispositivo de medición magnético sin contacto, por ejemplo, dispositivo superconductor de interferencia cuántica. La retroalimentación también se puede determinar visualmente. El valor de tasa de repetición preferido para la estimulación está en el intervalo de 1 a 50 Hz y el ancho del impulso está en el intervalo de decenas a cientos de  $\mu$ s. En una aplicación alternativa, la estimulación puede estar en una ubicación predefinida, por ejemplo, cerebro, y la retroalimentación puede registrarse visualmente. Se puede utilizar para planificar una cirugía neural o durante la cirugía.

De acuerdo con otro aspecto más de la aplicación en el diagnóstico del sistema neural, la estructura neural puede estimularse durante la contracción voluntaria máxima. Se superpone la contracción adicional originada por la estimulación por campo magnético variable en el tiempo. Pueden determinarse varios trastornos neurales, por ejemplo, deficiencia de conducción, en base a la determinación de la fuerza de contracción muscular adicional. La contracción puede ser isométrica, concéntrica o excéntrica.

De acuerdo con un aspecto alternativo de la aplicación en el diagnóstico de estructuras neurales, la estructura neural puede ser estimulada por una envolvente de frecuencia de repetición baja creada por un campo magnético variable en el tiempo de una tasa de repetición superior a 100 Hz, más preferentemente al menos 150 Hz, incluso más preferentemente al menos 200 Hz, lo más preferentemente al menos 250 Hz, o hasta 700 Hz. La frecuencia de repetición puede ser de hasta 350 Hz, más preferentemente, hasta 200 Hz, incluso más preferentemente hasta 100 Hz.

### Analgésicos

Siguiendo la definición de la Organización Mundial de la Salud, el dolor se define como una experiencia sensorial o emocional desagradable asociada con daño tisular real o potencial, o se describe en términos de dicho daño.

El dolor puede ser causado por músculo espástico y/o sobretonado, por lo que el efecto de miorrelajación también puede causar un efecto analgésico.

De acuerdo con otra aplicación más de la invención, la estimulación de la estructura neural mediante un campo magnético variable en el tiempo puede usarse para el tratamiento del dolor. En general, el procedimiento se centra en la estimulación de la estructura neural mediante un campo magnético variable en el tiempo de tasa de repetición de al menos 100 Hz y/o una densidad de flujo magnético suficiente para inducir y/o modular un potencial de acción en una estructura neural estimulada. La estructura neural puede ser estimulada por al menos una tasa de repetición de 100 Hz, más preferentemente al menos 120 Hz, lo más preferentemente al menos 140 Hz. La estimulación provoca el efecto de aliviar el dolor. El principio es la estimulación de las estructuras neurales que pueden transmitir la excitación del dolor. El propósito de la presente estimulación mediante un campo magnético variable en el tiempo es aliviar el dolor. El efecto alternativo puede ser una supresión de la transmisión de la excitación del dolor a diferentes niveles de receptores o CNS. Además, la tasa de repetición más alta puede incluir un efecto miorrelajante inducido por impulsos de densidad de flujo magnético cortos.

La aplicación de la invención puede usarse para aliviar por ejemplo, dolor de espalda, síndrome de Guillain Barre, polineuropatía diabética, dolor de procedimientos dentales, osteoartritis de rodilla, anestesia (alivio del dolor durante la cirugía), angina (dolor de pecho por enfermedad cardíaca), espondilitis anquilosante, dolor de espalda, dolor de quemaduras, dolor por cáncer, dolor crónico, dismenorrea (menstruación dolorosa), dolor de cabeza, hemiplejía, hemiparesia (parálisis en un lado del cuerpo), dolor de parto, anestesia local durante la litotricia de cálculos biliares, dolor facial, neuralgia del trigémino, bruxismo (rechinar los dientes), dolor miofascial, dolor de cuello y hombros, dolor por fracturas de huesos, fractura de costilla o traumatismo agudo, neuropatía periférica diabética, dolor del miembro fantasma, neuralgia postherpética (dolor después de la culebrilla), síndrome del intestino irritable, dolor posoperatorio, rehabilitación posterior al ictus, artritis reumatoide, úlceras cutáneas, dolor de la articulación temporomandibular, atrofia muscular espinal (en niños), dolor durante la histeroscopia, síndrome del túnel carpiano, lesión de tejidos blandos, claudicación intermitente, dolor de reemplazo de rodilla, acalasia, bursitis s, espasmo esofágico, fibromialgia, dolor por fractura, herpes, dolor de cadera, cistitis intersticial, dolor articular, anestesia local, calambres menstruales, calambres musculares, espasticidad muscular, distensión o dolor muscular, trauma musculoesquelético, síndrome de disfunción de dolor miofascial, daño nervioso, osteoartritis, medicación complementaria para el dolor, pancreatitis, dolor sacro, herpes zóster, subluxación del hombro, lesiones deportivas, tromboflebitis, latigazo cervical y neuralgias, dolor neuropático central y periférico, estenosis espinal, trastornos del esfínter de Oddi o lesiones por esfuerzo repetitivo.

El dolor se transmite por varios tipos de fibras conductoras del dolor que se diferencian por el espesor de la vaina de mielina y por las propiedades de la fibra. El umbral de densidad de flujo magnético de las principales fibras del dolor se indica en la tabla 1.

Tabla 1

| Fibra      | Diámetro | Espesor de la vaina de mielina | Umbral de densidad de flujo magnético |
|------------|----------|--------------------------------|---------------------------------------|
| A $\alpha$ | Grande   | Grande                         | Bajo                                  |

|    |         |             |       |
|----|---------|-------------|-------|
| Aδ | Medio   | Pequeño     | Medio |
| C  | Pequeño | Sin mielina | Alto  |

Existen varias teorías sobre el tratamiento del dolor. La teoría de patrones presupone que la excitación del dolor se transmite desde el receptor periférico al CNS en una señal codificada por patrón y el dolor se interpreta decodificando la señal en el CNS. Otro enfoque de manejo del dolor revela la teoría del control de la puerta basada en la premisa de que el dolor se transmite a través de una "puerta" en la sustancia gelatinosa en el asta dorsal espinal en la que las fibras de gran diámetro bloquean la "puerta", mientras que las fibras de diámetro pequeño abren la puerta. La última teoría del manejo del dolor se llama liberación de opioides endógenos basada en el efecto de endorfinas, encefalinas y dinorfinas. La secreción de estos tres opioides endógenos se activa mediante la estimulación de las fibras Aδ y C mediante un campo magnético variable en el tiempo de baja tasa de repetición o por la envolvente de baja tasa de repetición.

De acuerdo con un aspecto de la aplicación en el manejo del dolor, la estructura neural puede ser estimulada por un campo magnético variable en el tiempo a una tasa de repetición baja para provocar el manejo del dolor mediante la estimulación del sistema neural central o cualquier parte del mismo, por ejemplo, corteza cingulada anterior o circunvolución. La tasa de repetición puede ser de al menos varios Hz, más preferentemente de al menos 10 Hz, incluso más preferentemente de al menos 20 Hz, incluso más preferentemente de al menos 50 Hz.

De acuerdo con un enfoque del aspecto de la aplicación en el manejo del dolor, la estructura neural puede ser estimulada por una envolvente creada por valores de tasa de repetición más altos, por ejemplo, superior a 100 Hz, más preferentemente al menos 150 Hz, incluso más preferentemente al menos 200 Hz, lo más preferentemente al menos 250 Hz, o hasta 700 Hz. La envolvente puede generarse con una frecuencia y/o forma de repetición predefinida. Además, la estructura neural, por ejemplo, sistema neural central, puede ser estimulado por envolvente a baja frecuencia de repetición al menos 1 Hz, más preferentemente al menos 2 Hz, incluso más preferentemente al menos 5 Hz, incluso más preferentemente al menos 10 Hz, incluso más preferentemente al menos 200 Hz, o hasta 350 Hz. La estructura neural puede ser estimulada por diversas formas envolventes. La densidad de flujo magnético pico a pico del campo magnético variable en el tiempo puede alcanzar al menos 0,1 T, más preferentemente al menos 0,5 T, incluso más preferentemente al menos 1 T, incluso más preferentemente al menos 1,5 T, lo más preferentemente al menos 2 T o hasta 7 Tesla en la superficie del dispositivo generador de campo magnético.

De acuerdo con otro aspecto de la aplicación en el manejo del dolor, la estructura neural puede ser estimulada por un campo magnético variable en el tiempo a una tasa de repetición en el intervalo de 80 a 120 Hz, más preferentemente de 90 a 110 Hz, incluso más preferentemente de 95 a 105 Hz, lo más preferentemente alrededor de 100 Hz, con densidad de flujo magnético que induce al menos un estímulo por debajo del umbral sensorial o más preferentemente al menos un estímulo del umbral sensorial después de la aplicación e indicación. El procedimiento puede estimular las fibras neurales de gran diámetro. En general, el campo magnético variable con el tiempo de tasa de repetición alrededor de 100 Hz con densidad de flujo magnético que induce al menos un estímulo de umbral sensorial se usa preferentemente para el efecto de alivio del dolor. En una aplicación preferida, la densidad de flujo magnético puede inducir al menos el estímulo de umbral sensorial y el campo magnético variable en el tiempo se modula en el intervalo de tasa de repetición de 80 y 120 Hz. El procedimiento se puede utilizar para, por ejemplo, manejo del dolor en reumatología o para el tratamiento de estados postraumáticos. En otra aplicación preferida, la tasa de repetición del campo magnético variable en el tiempo es de al menos 90 Hz, más preferentemente de al menos 100 Hz, incluso más preferentemente de al menos 110 Hz. La densidad de flujo magnético puede inducir al menos un estímulo de umbral sensorial, más preferentemente al menos un estímulo por encima del umbral sensorial para provocar un efecto analgésico. El procedimiento puede usarse, por ejemplo, para el alivio del dolor crónico o el tratamiento del síndrome de Sudeck, entre otros.

En otra aplicación preferente más, el procedimiento se usa para el tratamiento del dolor fantasma. La densidad de flujo magnético puede inducir un estímulo por debajo del umbral sensorial. El tratamiento dura al menos 20 minutos, más preferentemente en el intervalo de 25 a 30 minutos o más.

De acuerdo con otro aspecto más de la aplicación en el manejo del dolor, la estructura neural puede ser estimulada por un campo magnético variable en el tiempo a una densidad de flujo magnético suficiente y a una tasa de repetición de hasta 700 Hz, más preferentemente hasta 500 Hz, lo más preferentemente hasta 250 Hz para aliviar localmente el dolor y mejorar la comodidad del paciente sin tomar analgésicos o analgésicos debido al efecto seleccionado en las terminaciones nerviosas. La duración del impulso es menor que 1 ms, más preferentemente menor que 800 μs, más preferentemente en el intervalo de decenas a cientos de μs. Cuanto más largo es el impulso, más fuerte se percibe la intensidad de la contracción subjetiva.

De acuerdo con un enfoque del aspecto de la aplicación en el manejo del dolor, la estructura neural puede estimularse en forma de densidad de flujo magnético constante mediante una tasa de repetición en el intervalo de 50 a 250 Hz, más preferentemente al menos 100 Hz, lo más preferentemente al menos 110 Hz y la duración del pulso preferentemente al menos 70 μs, más preferentemente al menos 100 μs, lo más preferentemente al menos 250 μs o hasta 1000 μs. La densidad de flujo magnético es suficiente para inducir al menos un estímulo de umbral sensorial,

más preferentemente al menos un estímulo por encima del umbral sensorial. La adaptación rápida al estímulo ocurre durante la estimulación en el tiempo, por lo que la densidad del flujo magnético puede ajustarse durante el procedimiento siguiendo las necesidades y la percepción del paciente. El procedimiento puede estar indicado para por ejemplo, alivio del dolor o para el tratamiento de quemaduras.

5 De acuerdo con otro enfoque del aspecto de la aplicación en el tratamiento del dolor, la estructura neural puede ser estimulada por un campo magnético variable en el tiempo para inducir una corriente eléctrica de fluctuación aleatoria de la tasa de repetición alrededor de una tasa de repetición predefinida. En la aplicación preferida, la tasa de repetición fluctúa al menos el 5 %, más preferentemente al menos el 15 %, lo más preferentemente al menos el 30 % o hasta el 50 %, la densidad de flujo magnético es suficiente para inducir al menos un estímulo de umbral sensorial, más  
10 preferentemente en estímulo mínimo sobre el umbral sensorial de la estructura neural. La estructura neural no es capaz de adaptarse a la estimulación por campo magnético variable en el tiempo ya que la tasa de repetición varía. Además, la densidad de flujo magnético se puede ajustar durante el tiempo. El procedimiento puede proporcionar un efecto analgésico.

De acuerdo con otro enfoque más del aspecto de la aplicación en el manejo del dolor, la estructura neural puede ser  
15 estimulada por trenes 97 de varios pulsos 98 y tiempo sin estimulación después del tren 97. El grupo de varios pulsos 98 y el tiempo 99 sin estimulación se denomina ráfaga 100. Por lo tanto una ráfaga 100 consiste en un único tren 97 y tiempo sin estimulación 99. El tren 97 preferentemente consta de al menos 2 pulsos, más preferentemente 5 pulsos, incluso más preferentemente decenas de pulsos o más a cientos de pulsos; la tasa de repetición de los pulsos 98 es de al menos 100 Hz. La tasa de repetición de ráfagas puede variar según las necesidades del paciente. En la  
20 aplicación preferida, la tasa de repetición de ráfagas varía de 1 a 10 Hz. El número de pulsos 98 en el tren 97 y/o el tiempo 99 sin estimulación puede variar según las necesidades del paciente. La densidad de flujo magnético es suficiente para inducir al menos un estímulo de umbral motor, más preferentemente un estímulo por encima del umbral motor, incluso más preferentemente un estímulo por debajo del umbral nocivo.

La figura 22 muestra un ejemplo de aplicación de la estimulación por campo magnético variable en el tiempo con una  
25 tasa de repetición de 125 Hz en el tren 97 que consiste en 5 pulsos 98, con una tasa de repetición de ráfagas de 10 Hz. La duración total de una ráfaga 100 es 100 ms. El tiempo total de estimulación de un tren 97 es de 40 ms, por lo que el tiempo 99 sin estimulación es de 60 ms. La ventaja más importante de este enfoque es el efecto analgésico y casi ninguna adaptación de la estructura neural a la estimulación. El enfoque se puede utilizar, por ejemplo, para aliviar el dolor agudo.

30 El programa de tratamiento, la forma de la envolvente y la densidad de flujo magnético se indican individualmente siguiendo las necesidades del paciente y su percepción subjetiva. El presente procedimiento puede ser aplicable para el tratamiento de por ejemplo, dolor posoperatorio, dolores de parto, dolor agudo y crónico, neuralgia y neuropatía, dolores musculoesqueléticos, ciática, artritis, dolor de rodilla o tobillo, tendinitis, dolor lumbar, dolor de cabeza crónico, dolor del trigémino, dolor talámico, causalgia, dolor por cáncer, angina de pecho (reduce los ataques de angina y el  
35 consumo de nitroglicerina), dolor óseo metastásico, dolor causado por quemaduras, náuseas posoperatorias, dolor suprapúbico o perineal, dismenorrea, dolor posparto, dolor fantasma, dolor de muñón, ansiedad o para mejorar los parámetros respiratorios mejorando el volumen de inspiración tidal y capacidad vital, etc.

De acuerdo con otro aspecto más de la aplicación en el manejo del dolor, la estructura neural puede ser estimulada por un campo magnético variable en el tiempo a una tasa de repetición en el intervalo de 80 a 240 Hz, más  
40 preferentemente en el intervalo de 100 a 200 Hz y por densidad de flujo magnético que induce al menos un estímulo por encima del umbral sensorial, más preferentemente por lo menos por un estímulo por encima del umbral motor o por un estímulo por encima del umbral motor que induce la contracción muscular al menos parcial, no debe inducirse el estímulo por un umbral nocivo. La estimulación puede causar un efecto analgésico y el procedimiento puede usarse para el tratamiento de por ejemplo, causalgia, dolores en la columna vertebral, dolor de cabeza, migraña o dolores  
45 talámicos, fantasmas o postraumáticos.

De acuerdo con otro aspecto más de la solicitud en el tratamiento del dolor, la estructura neural puede estimularse mediante un campo magnético variable en el tiempo para aliviar el dolor mediante la estimulación de la médula espinal y/o del nervio espinal. El aspecto de la solicitud puede basarse en la teoría de patrones de percepción del dolor. El  
50 campo magnético variable en el tiempo se puede entregar al área objetivo de la columna vertebral y/o la columna vertebral. Específicamente, el procedimiento aprovecha los beneficios y el efecto de alivio del dolor de la estimulación con una tasa de repetición de al menos 125 Hz, más preferentemente al menos 135 Hz, lo más preferentemente alrededor de 145 Hz o hasta 170 Hz. La densidad de flujo magnético es suficiente para inducir al menos un estímulo de umbral motor, más preferentemente un estímulo por debajo del umbral nocivo. Además, durante la aplicación puede producirse al menos una contracción parcial del músculo, por lo que puede aumentar la perfusión local. Otro beneficio  
55 más del aspecto presentado puede ser un efecto miorrelajante, un efecto analgésico de larga duración que se puede usar, por ejemplo, para aliviar el dolor tras lesiones, en ortopedia, reumatología, migraña, dolor de cabeza, dolor de cuello, lumbago, dolor de extremidades superiores o inferiores y mejorar la perfusión de sí mismo. Además, se pueden tratar diversos síndromes de dolor mediante el presente procedimiento.

De acuerdo con otro aspecto más de la aplicación en el manejo del dolor, la estructura neural puede ser estimulada por un campo magnético variable en el tiempo a una tasa de repetición de al menos 160 Hz, más preferentemente al  
60

menos 170 Hz, lo más preferentemente alrededor de 180 Hz, o hasta 250 Hz. El presente procedimiento puede basarse en la teoría del dolor por control de la puerta. En la aplicación preferida, la duración del impulso es de 500  $\mu$ s con una tasa de repetición de alrededor de 180 Hz. La densidad de flujo magnético óptima es suficiente para inducir al menos un estímulo de umbral motor, más preferentemente un estímulo por debajo del umbral nocivo. La densidad de flujo magnético se puede ajustar en base a las necesidades del paciente en función de la sensibilidad de un paciente y la profundidad de la estructura neural estimulada. Sin embargo, la densidad de flujo magnético mínima excede 0,1 T, más preferentemente 0,5 T, incluso más preferentemente 1 T, lo más preferentemente hasta 7 T para inducir el al menos un potencial de acción. El beneficio del presente procedimiento es el efecto miorrelajante. La ubicación estimulada puede estar situada sobre la columna vertebral, por ejemplo, sobre las regiones cervical, torácica, lumbar y sacra. Se establecen varias posiciones de estimulación para aliviar un dolor en distintas localizaciones o extremidades. El uso más significativo puede ser para aliviar el dolor crónico, el dolor originado por coxartrosis o gonartrosis, estados postraumáticos o dolor reumático.

De acuerdo con otro aspecto más de la aplicación en el manejo del dolor, la estructura neural puede ser estimulada por un campo magnético variable en el tiempo a una tasa de repetición de al menos 180 Hz, más preferentemente al menos 200 Hz, incluso más preferentemente hasta 240 Hz para aliviar el dolor causado por ejemplo, causalgia, dolores en la columna vertebral, dolor de cabeza, migraña o dolores talámicos, fantasmas o postraumáticos. La densidad de flujo magnético es suficiente para inducir al menos un estímulo de umbral motor y luego la estimulación puede continuar hasta un estímulo por debajo del umbral nocivo.

#### **Efecto analgésico provocado por estimulación modulada**

De acuerdo con otro aspecto más de la aplicación en el manejo del dolor, la estructura neural puede ser estimulada por una envolvente a frecuencias de repetición más bajas, por ejemplo, por debajo de 100 Hz. Por lo tanto, la tasa de repetición del campo magnético variable en el tiempo alcanza los valores más altos, por ejemplo, superior a 100 Hz, más preferentemente al menos 150 Hz, incluso más preferentemente al menos 200 Hz, lo más preferentemente al menos 250 Hz, o hasta 700 Hz para generar la envolvente con frecuencia de repetición hasta 350 Hz, más preferentemente, hasta 200 Hz, lo más preferentemente por debajo de 100 Hz.

De acuerdo con un enfoque del aspecto de la aplicación en el tratamiento del dolor, la estructura neural puede ser estimulada por el campo magnético variable en el tiempo de alta tasa de repetición. La envolvente 101 permanece constante, véase la figura 23B, y puede provocar un efecto analgésico. La envolvente 101 constante puede generarse, por ejemplo, tasa de repetición constante y densidad de flujo magnético y duración del impulso, o cualquier combinación de enfoques de modulación, por ejemplo, variando la densidad de flujo magnético y la tasa de repetición de los impulsos 102 (véase figura 23A). La densidad de flujo magnético es suficiente para inducir al menos un estímulo de umbral sensorial, más preferentemente al menos un estímulo por encima del umbral sensorial, lo más preferentemente al menos un estímulo de umbral motor. El procedimiento se puede utilizar para aliviar un dolor causado por neuropatía, neuralgia o para el tratamiento de la deficiencia de inervación, el tratamiento de la paresia o la plegia. Los efectos adicionales pueden mejorar el metabolismo o la perfusión. Las enfermedades de la perfusión también se pueden tratar, por ejemplo, el síndrome de Raynaud.

De acuerdo con otro enfoque del aspecto de la aplicación en el manejo del dolor, la estructura neural puede ser estimulada por un campo magnético variable en el tiempo de alta tasa de repetición que genera una envolvente de frecuencia de repetición baja de hasta 20 Hz, más preferentemente en el intervalo de 1 a 15 Hz, lo más preferentemente en el intervalo de 2 a 10 Hz. La densidad de flujo magnético es suficiente para inducir al menos un estímulo por debajo del umbral sensorial, más preferentemente al menos un estímulo por el umbral sensorial, incluso más preferentemente un estímulo por un umbral motor o incluso un estímulo por un umbral nocivo. Las estructuras neurales objetivo son fibras neurales de gran diámetro en el caso de densidades de flujo magnético más bajas. En el caso de densidades de flujo magnético más altas, las fibras neurales objetivo son fibras de diámetro pequeño. La duración del impulso es de al menos 100  $\mu$ s, más preferentemente de al menos 300  $\mu$ s, incluso más preferentemente de al menos 500  $\mu$ s o hasta 1000  $\mu$ s. La estimulación de las fibras de pequeño diámetro induce el aumento de la secreción de endorfinas endógenas.

De acuerdo con otro enfoque más del aspecto de la aplicación en el manejo del dolor, la estructura neural puede ser estimulada por un campo magnético variable en el tiempo de alta tasa de repetición que genera una envolvente de frecuencia de repetición baja en el intervalo de 20 a 40 Hz, más preferentemente alrededor de 30 Hz. La densidad de flujo magnético es suficiente para inducir al menos un estímulo por debajo del umbral sensorial, más preferentemente al menos un estímulo del umbral sensorial, la frecuencia de repetición permanece preferentemente constante. El enfoque se puede aplicar para aliviar el dolor en reumatología o estados postraumáticos.

De acuerdo con otro enfoque más del aspecto de la aplicación en el tratamiento del dolor, la estructura neural puede estimularse por medio de una envolvente monofásica o por medio de una rectificación de onda diferente de la envolvente 102 bifásica (BE) como se muestra en la figura 24A.

La primera envolvente 103 (FE) es BE 102 rectificada de media onda. Por lo tanto, la frecuencia de repetición de FE 103 es la misma que la frecuencia de repetición del BE 102 original. Además, FE 103 incluye estimulación magnética durante el mismo tiempo de duración como el BE 102 original, la segunda duración del período es sin estimulación,

por ejemplo, el FE **103** incluye la mitad del período sinusoidal y la segunda mitad del período sin estimulación en el caso de BE **102** simétrico (véase figura 24B). El efecto de FE **103** puede ser bastante estimulante, tonificante o excitador. Sin embargo, puede provocar un efecto analgésico mediante una densidad de flujo magnético suficiente para inducir al menos un estímulo por debajo del umbral sensorial, más preferentemente al menos un estímulo del umbral motor.

La segunda envolvente **104** (SE) es BE **102** rectificado de onda completa. El SE **104** incluye estimulación magnética durante todo el período. Por lo tanto, en el caso del BE **102** simétrico, la frecuencia de repetición del SE **104** es la frecuencia de repetición doble del BE **102** original (véase la figura 24C). El efecto de SE **104** puede ser bastante inhibidor, por ejemplo, analgésico o relajante. Después del efecto de alivio del dolor, la contracción muscular no es dolorosa durante el aumento de la densidad de flujo magnético del campo magnético variable en el tiempo. Las dos envolventes, FE y/o SE, pueden superponerse sobre la envolvente constante (CE) induciendo al menos un estímulo por debajo del umbral sensorial. La superposición de CE y FE y/o SE puede inducir al menos un estímulo de umbral sensorial, más preferentemente al menos un estímulo de umbral motor.

FE y/o SE pueden combinarse en un tratamiento. La proporción de FE y SE también puede variar. La amplitud y/o frecuencia de repetición de ambas envolventes también pueden variar.

El presente enfoque es sin contacto y puede usarse sobre las articulaciones dolorosas, paravertebralmente, sobre las áreas de la cabeza, sobre el punto doloroso, de acuerdo con el nervio, sobre el órgano o músculo.

El presente enfoque se puede aplicar, por ejemplo, para el tratamiento del dolor, neuralgia, artrosis, espondilosis, periartrosis, epicondilitis, mialgia, lumbago, tortícolis, estados postraumáticos, enfermedad de Raynaud, síndrome de Sudeck, varices o dolor en la región abdominal.

De acuerdo con todavía otro enfoque del aspecto de la solicitud en el tratamiento del dolor, la estructura neural puede ser estimulada por diversas envolventes. La frecuencia de repetición de la envolvente está en el intervalo de 40 a 120 Hz, más preferentemente en el intervalo de 50 a 100 Hz. La densidad de flujo magnético alcanza un valor suficiente para inducir al menos un estímulo por debajo del umbral sensorial, más preferentemente al menos un estímulo por debajo del umbral sensorial, incluso más preferentemente un estímulo por encima del umbral sensorial. La duración del impulso es de al menos 20  $\mu$ s, más preferentemente de al menos 50  $\mu$ s, incluso más preferentemente de al menos 100  $\mu$ s, lo más preferentemente de hasta varios cientos de  $\mu$ s. La duración del tratamiento puede ser de al menos 20 minutos o hasta 60 minutos.

De acuerdo con todavía otro enfoque del aspecto de la aplicación en el tratamiento del dolor, la estructura neural puede ser estimulada por la envolvente generada por la interferencia de dos tasas de repetición. La primera tasa de repetición puede diferir de la segunda tasa de repetición. En la realización ejemplar, la primera tasa de repetición puede ser de 500 Hz y la segunda tasa de repetición puede ser de 490 Hz. La interferencia de las dos tasas de repetición genera una envolvente de frecuencia de repetición dada por la diferencia de la tasa de repetición, por lo que la frecuencia de repetición de estimulación de interferencia puede ser de 10 Hz en la aplicación ejemplar.

El efecto de la frecuencia de repetición modulada en el intervalo de hasta 10 Hz puede producir un efecto de alivio del dolor por medio de la aplicación selectiva del campo magnético variable en el tiempo a las estructuras neuronales, por ejemplo, las fibras C. El efecto de la estimulación puede aumentar la generación de opioides para aliviar el dolor. En una aplicación alternativa, la frecuencia de repetición del campo magnético variable en el tiempo modulado puede ser de alrededor de 100 Hz, por ejemplo, en el intervalo de 80 a 120 Hz, más preferentemente en el intervalo de 90 a 110 Hz. El mayor valor de la frecuencia de repetición induce un efecto espasmolítico. La frecuencia de repetición en el intervalo de 85 a 105 Hz, más preferentemente en el intervalo de 90 a 100 Hz puede usarse para la estimulación espasmolítica de músculos espásticos, en la solicitud preferida la frecuencia de repetición puede variar. En otra solicitud preferida, la frecuencia de repetición es constante alrededor de 100 Hz, la solicitud puede usarse para el tratamiento de por ejemplo, estreñimiento espástico.

Las ventajas de los presentes procedimientos en comparación con los procedimientos de electroterapia convencionales son: aplicación no invasiva y sin contacto; alta tasa de aceptabilidad del tratamiento por parte de un paciente; eliminación de efectos secundarios electroterapéuticos tal como la producción de calor en las proximidades del electrodo de estimulación; y baja adaptabilidad a la estimulación de la estructura neural para estos aspectos de la aplicación.

## **Miorrelajación**

De acuerdo con otra aplicación más de la invención, la estimulación de la estructura neural mediante un campo magnético variable en el tiempo puede usarse para la miorrelajación. La estructura neural puede ser estimulada por al menos una tasa de repetición de al menos 100 Hz, más preferentemente al menos 110 Hz, incluso más preferentemente al menos 120 Hz, lo más preferentemente 130 Hz. La estructura neural puede ser estimulada por diversas formas de campos magnéticos que varían en el tiempo. La densidad de flujo magnético puede ser suficiente para provocar al menos un estímulo de umbral motor y al menos una contracción muscular parcial. En general, el efecto de miorrelajación puede alcanzarse mediante tasas de repetición más altas y/o una duración de impulso relativamente corta en el intervalo de decenas a varios cientos de  $\mu$ s.

- La aplicación de la invención puede usarse para el tratamiento de por ejemplo, íleo posoperatorio (obstrucción intestinal), vejiga hiperactiva, síndrome de Guillain Barre, cuadriplejía, paraplejía, discinesias, parestesias, osteoartritis de rodilla, anestesia (alivio del dolor durante la cirugía), bruxismo (rechinar los dientes), dolor, dolor miofascial, dolor de cuello y hombros, síndrome del intestino irritable, dolor de la articulación temporomandibular, atrofia muscular espinal (en niños), rehabilitación de enfermedad pulmonar obstructiva crónica, acalasia, bursitis, espasmo esofágico, fibromialgia, calambres menstruales, calambres musculares, espasticidad muscular, distensión o dolor muscular, traumatismo musculoesquelético, dolor miofascial síndrome de disfunción, dolor sacro, tromboflebitis, dolor neuropático central y periférico, estenosis espinal, lesiones por esfuerzo repetitivo o inestabilidad del detrusor.
- La aplicación adicional del procedimiento terapéutico con imanes que usa suficiente densidad de flujo magnético a altas tasas de repetición por encima de 100 Hz se centra especialmente en el músculo espástico y su punto de activación. El procedimiento propone la estimulación de la hipertonía muscular de las fibras musculares sobrecargadas para aliviar un espasmo local (se alivia la hipertonía en la fibra muscular estimulada). El procedimiento también afecta la inserción del músculo. El procedimiento puede incluso afectar a todo el grupo de músculos para un movimiento específico.
- La estimulación por campo magnético pulsado se divide en dos períodos separados. La placa neuromuscular es estimulada por un campo magnético pulsado durante el primer período. La densidad de flujo magnético es suficiente para inducir al menos un estímulo de umbral motor para provocar al menos una contracción muscular parcial en la estructura biológica estimulada. El músculo se activa por contracción isométrica y sigue la sedación. Las fibras más reactivas se inhiben selectivamente. Durante el segundo período, la tasa de repetición aumenta al menos a 100 Hz, 150 Hz o 200 Hz. El músculo está relajado debido a la alta tasa de repulación. El procedimiento se utiliza para la relajación de alta calidad de al menos una fibra muscular.
- El procedimiento se puede utilizar también en medicina deportiva para el estiramiento de atletas antes de una actuación y relajación muscular después de la actuación, a partir de entonces contribuye significativamente a la regeneración muscular. Otras aplicaciones son el tratamiento del desequilibrio muscular o la relajación muscular causada por la sobrecarga, el alivio o eliminación del dolor y la preparación del músculo para la actividad física.
- De acuerdo con un aspecto de la aplicación en miorrelajación, la estructura neural puede ser estimulada por tasas de repetición más altas por encima de 100 Hz. La estimulación de la estructura neural puede centrarse en, por ejemplo, músculo espástico y su punto gatillo. La estimulación propuesta puede permitir el alivio de la hipertonía muscular de las fibras musculares sobrecargadas para aliviar un espasmo local. De manera similar, también puede estimular la inserción muscular o el grupo de músculos.
- De acuerdo con el único enfoque del aspecto de la aplicación en miorrelajación, la estimulación por campo magnético variable en el tiempo puede dividirse en dos períodos separados, donde la placa neuromuscular es estimulada por campo magnético variable en el tiempo durante el primer período. La densidad de flujo magnético es suficiente para inducir al menos un estímulo de umbral motor para provocar al menos una contracción muscular parcial en la estructura biológica estimulada. El músculo se activa por contracción isométrica por una tasa de repetición por debajo de 100 Hz y le sigue la sedación. Las fibras más reactivas se inhiben selectivamente. Durante el segundo período, la tasa de repetición aumenta al menos a 100 Hz, 150 Hz o 200 Hz. El músculo está relajado debido a la alta tasa de repulación. El procedimiento se utiliza para la relajación de alta calidad de al menos una fibra muscular.
- De acuerdo con otro aspecto de la aplicación en miorrelajación, la estructura neural puede ser estimulada por tasas de repetición más altas en el intervalo de 150 a 210 Hz, más preferentemente en el intervalo de 165 a 195 Hz, incluso más preferentemente en el intervalo de 175 a 185 Hz, lo más preferentemente alrededor de 180 Hz. La densidad de flujo magnético es suficiente para inducir al menos un estímulo por encima del umbral sensorial, más preferentemente un estímulo por encima del umbral motor, incluso más preferentemente por un estímulo por encima del umbral motor. La duración del impulso es de al menos decenas de  $\mu$ s, más preferentemente de al menos 250  $\mu$ s, lo más preferentemente de al menos 500  $\mu$ s. La duración de tiempo de un pulso puede ser de al menos 1 ms, más preferentemente al menos 2,5 ms, lo más preferentemente alrededor de 5,5 ms. Puede conseguirse un ajuste de reflejo temporal de al menos una fibra muscular hipertónica o un músculo o grupo de músculos mediante la aplicación de un campo magnético variable en el tiempo, después de eso puede proporcionarse un efecto de miorrelajación.
- De acuerdo con otro aspecto más de la aplicación en miorrelajación, la estructura neural puede ser estimulada por un campo magnético variable en el tiempo a una tasa de repetición en el intervalo de 150 a 250 Hz. La densidad de flujo magnético es suficiente para inducir al menos un estímulo por encima del umbral sensorial, más preferentemente un estímulo por encima del umbral motor, incluso más preferentemente por un estímulo por encima del umbral motor.
- De acuerdo con un enfoque del aspecto de la aplicación en miorrelajación, la estructura neural puede ser estimulada por un campo magnético variable en el tiempo a una tasa de repetición en el intervalo de 160 Hz a 200 Hz, incluso más preferentemente en el intervalo de 170 Hz. a 190 Hz, incluso más preferentemente en el intervalo de 175 a 185 Hz, lo más preferentemente alrededor de 180 Hz.
- De acuerdo con otro enfoque del aspecto de la aplicación en miorrelajación, la estructura neural puede ser estimulada por un campo magnético variable en el tiempo a una tasa de repetición en el intervalo de 175 a 225 Hz, incluso más

preferentemente en el intervalo de 180 a 220 Hz, lo más preferentemente alrededor de 200 Hz. En una aplicación preferida, el campo magnético variable en el tiempo a una tasa de repetición de 200 Hz es constante y no contiene modulación.

- 5 De acuerdo con todavía otro enfoque del aspecto de la aplicación en la biorrelajación, la estructura neural puede estimularse por medio de un campo magnético variable en el tiempo a una tasa de repetición de hasta 250 Hz, más preferentemente hasta 235 Hz, incluso más preferentemente hasta 225 Hz, la mayoría preferentemente hasta 220 Hz.

#### **Efecto de biorrelajación causado por modulación**

- 10 De acuerdo con otro aspecto más de la aplicación en biorrelajación, la estructura neural puede ser estimulada por envolvente a frecuencias de repetición más bajas, por ejemplo, por debajo de 100 Hz. Por lo tanto, la tasa de repetición del campo magnético variable en el tiempo alcanza los valores más altos, por ejemplo, superior a 100 Hz, más preferentemente al menos 150 Hz, incluso más preferentemente al menos 200 Hz, lo más preferentemente al menos 250 Hz, o hasta 700 Hz para generar la envolvente con frecuencia de repetición hasta 350 Hz, más preferentemente, hasta 200 Hz, lo más preferentemente por debajo de 100 Hz.

- 15 De acuerdo con un enfoque del aspecto de la aplicación en biorrelajación, la estructura neural puede ser estimulada por la envolvente del intervalo de frecuencia de repetición hasta 100 Hz, más preferentemente hasta 50 Hz, lo más preferentemente hasta 30 Hz. La densidad de flujo magnético es suficiente para inducir al menos un estímulo por encima del umbral sensorial, más preferentemente un estímulo por encima del umbral motor, incluso más preferentemente por un estímulo por encima del umbral motor.

- 20 De acuerdo con un enfoque del aspecto de la aplicación en biorrelajación, la estructura neural puede ser estimulada por un campo magnético variable en el tiempo a una tasa de repetición en el intervalo de 30 a 150 Hz, más preferentemente en el intervalo de 50 a 100 Hz. El campo magnético variable en el tiempo se modula preferentemente para evitar que la estructura neural adapte la estimulación magnética. La densidad de flujo magnético es suficiente para inducir al menos un estímulo por encima del umbral sensorial, más preferentemente por el umbral motor, incluso más preferentemente por un estímulo por encima del umbral motor.

- 25 Todos los aspectos mencionados de la solicitud de la invención que provocan un efecto de biorrelajación también pueden incluir un efecto analgésico. Sin embargo, el paciente puede percibir una intensidad subjetiva diferente del efecto analgésico para los aspectos específicos de la aplicación de la invención.

- 30 La aplicación de la invención también puede usarse en medicina deportiva para el estiramiento de atletas antes de una actuación y relajación muscular después de la actuación, posteriormente contribuye significativamente a la regeneración muscular. Otras aplicaciones son el tratamiento del desequilibrio muscular o la relajación muscular causada por la sobrecarga, el alivio o eliminación del dolor y la preparación del músculo para la actividad física.

#### **Estimulación**

- 35 De acuerdo con otra aplicación más de la invención, la estimulación de la estructura neural por medio de un campo magnético variable en el tiempo puede usarse para provocar un efecto de estimulación. La estructura neuronal puede ser estimulada por la envolvente, por lo que la tasa de repetición excede los 100 Hz, más preferentemente al menos 150 Hz, incluso más preferentemente al menos 200 Hz, lo más preferentemente al menos 250 Hz o hasta 700 Hz. La envolvente se puede generar con una frecuencia de repetición predefinida. Además, la estructura neural puede ser estimulada por una envolvente de frecuencia de repetición baja para inducir al menos un estímulo de umbral motor y se produce al menos una contracción muscular parcial. La densidad de flujo magnético del presente procedimiento de tratamiento excede al menos 0,1 T, más preferentemente al menos 0,5 T, incluso más preferentemente al menos 1 T, lo más preferentemente al menos 2 T o hasta 7 T. En una aplicación alternativa de la invención el efecto de estimulación puede deberse a la estimulación del CNS.

- 45 La aplicación de la invención puede usarse para la estimulación muscular en general, sin embargo, la aplicación puede usarse para el tratamiento de por ejemplo, incontinencia urinaria, incontinencia fecal, síndrome de Guillain Barre, cuadriplejía, paraplejía, hemiplejía, hemiparesia (parálisis en un lado del cuerpo), rehabilitación posterior a un accidente cerebrovascular, lesión de la médula espinal, atrofia muscular espinal (en niños), gastroparesia, enfermedad pulmonar obstructiva crónica rehabilitación o estenosis espinal también. La aplicación de la invención también puede mejorar el parámetro de respiración, tal como el volumen de inspiración tidal.

- 50 De acuerdo con un aspecto de la aplicación en la estimulación muscular, la contracción muscular al menos parcial puede ser causada por la estimulación de la estructura neural a una tasa de repetición baja mediante la estimulación del sistema neural central o cualquier parte del mismo, por ejemplo, cerebro o corteza motora. La tasa de repetición puede ser de al menos varios Hz, más preferentemente de al menos 10 Hz, incluso más preferentemente de al menos 20 Hz, incluso más preferentemente de al menos 30 Hz, lo más preferentemente de al menos 50 Hz. La densidad de flujo magnético puede alcanzar al menos 0,002 T, más preferentemente al menos 0,1 T, incluso más preferentemente al menos 1 T, lo más preferentemente al menos 2 T, o hasta 7 T.

De acuerdo con otro enfoque del aspecto de la aplicación en el manejo del dolor mediante estimulación del CNS, la estructura neural puede ser estimulada por una envolvente a frecuencias de repetición más bajas, por ejemplo, al menos 1 Hz, más preferentemente al menos 2 Hz, incluso más preferentemente al menos 5 Hz, incluso más preferentemente al menos 10 Hz, o hasta 350 Hz. Por lo tanto, la tasa de repetición del campo magnético variable en el tiempo alcanza los valores más altos, por ejemplo, superior a 100 Hz, más preferentemente al menos 150 Hz, incluso más preferentemente al menos 200 Hz, lo más preferentemente al menos 250 Hz, o hasta 700 Hz para generar la envolvente.

El aspecto de la aplicación en la estimulación muscular puede tener un gran beneficio en el tratamiento de disfunciones motoras y/o de movilidad, por ejemplo, el tratamiento puede acelerar la recuperación después de un accidente cerebrovascular.

De acuerdo con otro aspecto de la aplicación en la estimulación muscular, la estructura neural puede estimularse por medio de una envolvente de frecuencia de repetición de hasta 10 Hz, más preferentemente en el intervalo de 0,5 a 5 Hz. La baja frecuencia de repetición puede provocar el efecto de estimulación en el músculo liso. La aplicación es beneficiosa para el tratamiento de enfermedades digestivas, por ejemplo, estreñimiento.

De acuerdo con otro aspecto más de la aplicación en la estimulación muscular, la estructura neural puede ser estimulada por una envolvente de frecuencia de repetición en el intervalo de 20 a 40 Hz, más preferentemente en el intervalo de 25 a 35 Hz, más preferentemente alrededor de 30 Hz. Los pulsos se forman en trenes de duración de hasta cientos de ms, más preferentemente hasta 500 ms, incluso más preferentemente en el intervalo de 40 a 400 ms. La aplicación puede ser útil para la estimulación de pacientes que padecen hemiplejía.

De acuerdo con otro aspecto más, la aplicación en la estimulación muscular, la estructura neural puede estimularse aumentando la envolvente. Las tasas de repetición superiores a 50 Hz, 100 Hz, 150 Hz o 200 Hz son favorables principalmente para el tratamiento del músculo denervado. El músculo denervado carece de la capacidad de contracción voluntaria debido a una lesión o degradación nerviosa causada por ejemplo, por poliomielitis o trauma, de forma que no se reciban las señales del sistema neural central. El músculo pierde la capacidad de contracción y/o flexibilidad y se atrofia. Los efectos de la atrofia muscular son significativos justo después de tres semanas de inactividad. Debido a la contracción muscular ineficaz, la función del músculo denervado es realizada por los músculos sinérgicos. Por tanto, los sinergistas están sobrecargados y pueden producirse muchos desequilibrios. Además, el músculo sobrecargado se vuelve fuerte y duro y también puede producirse dolor. El presente procedimiento proporciona un procedimiento sin contacto para la prevención y el tratamiento de los desequilibrios musculares provocados por un músculo denervado.

La estimulación del músculo denervado se basa en la adaptabilidad de la unidad motora de la salud para aumentar la densidad del flujo magnético. El músculo denervado carece de la capacidad de adaptación para generar estímulos eléctricos inducidos como músculo sano normal. Por tanto, el músculo denervado puede ser estimulado por una baja densidad de flujo magnético. La figura 25 ilustra las diferentes formas de la envolvente de la señal de estimulación y los diferentes valores de umbral correspondientes de un músculo sano. La duración de la envolvente puede ser de al menos 6 ms, 10 ms o 20 ms. Cuando el músculo sano es estimulado por una envolvente **105** rectangular, la contracción del músculo puede ocurrir a la densidad de flujo magnético  $A_1$  **106**. Cuando el músculo sano es estimulado aumentando la envolvente **107**, la contracción muscular puede ocurrir con el valor de densidad de flujo magnético  $A_2$  **108**. Sin embargo, cuando el músculo denervado se estimula al aumentar la envolvente **107**, la contracción del músculo denervado puede ocurrir a densidades de flujo magnético por debajo de  $A_2$  **108**. El valor de densidad de flujo magnético  $A_2$  **108** es una multiplicación del valor de densidad de flujo magnético  $A_1$  **106**, en el que el coeficiente de multiplicación es un número positivo mayor que 1.

La estimulación da como resultado una contracción al menos parcial del músculo denervado y la contracción del músculo sano se elimina o minimiza.

De acuerdo con un enfoque del aspecto de la aplicación en la estimulación muscular, la estructura neural puede ser estimulada por la envolvente creciente o triangular de la frecuencia de repetición en el intervalo de 25 a 65 Hz, más preferentemente en el intervalo de 35 a 55 Hz, incluso más preferentemente en el intervalo de 40 a 50 Hz, lo más preferentemente alrededor de 45 Hz. En una aplicación alternativa, el período puede incluir un tiempo sin estimulación, sin embargo, la frecuencia de repetición de la envolvente completa permanece como se mencionó anteriormente. El procedimiento se puede utilizar para la estimulación de la estructura muscular desnervada de antemano.

De acuerdo con otro aspecto más de la aplicación en la estimulación muscular, la estructura neural puede ser estimulada por una envolvente de frecuencia de repetición en el intervalo de 20 a 80 Hz, más preferentemente en el intervalo de 30 a 70 Hz, lo más preferentemente en el intervalo de 40 a 60 Hz. Una aplicación puede, por ejemplo, usar una tasa de repetición de al menos 35 Hz, más preferentemente al menos 40 Hz, lo más preferentemente al menos 45 Hz, la envolvente puede ser rectangular. La estimulación se puede utilizar para por ejemplo, Ejercicio y/o fortalecimiento muscular o reeducación muscular después de lesiones. Se puede utilizar otra aplicación para las pruebas de fatiga muscular. En otra aplicación, la frecuencia de repetición de la envolvente está en el intervalo de 40 a 60 Hz, más preferentemente en el intervalo de 45 a 55 Hz, lo más preferentemente alrededor de 50 Hz. En la aplicación más preferida, la envolvente tiene forma rectangular y dura 10 ms con un tiempo de 10 ms sin estimulación.

De acuerdo con otro aspecto más de la aplicación en la estimulación muscular, la estructura neural puede ser estimulada por una envolvente monofásica o por una rectificación de onda diferente de la envolvente **102** bifásica (BE) como se muestra en la figura 24A.

La primera envolvente **103** (FE) es BE **102** rectificada de media onda. Por lo tanto, la frecuencia de repetición de FE **103** es la misma que la frecuencia de repetición del BE **102** original. Además, FE **103** incluye estimulación magnética durante el mismo tiempo de duración como el BE **102** original, la segunda duración del período es sin estimulación, por ejemplo, el FE **103** incluye la mitad del período sinusoidal y la segunda mitad del período sin estimulación en el caso de BE **102** simétrico como se muestra en la figura 24B. El efecto de FE **103** puede ser bastante estimulante, tonificante o excitador. Sin embargo, puede provocar un efecto analgésico mediante una densidad de flujo magnético suficiente para inducir al menos un estímulo por debajo del umbral sensorial, más preferentemente al menos un estímulo del umbral motor.

La segunda envolvente **104** (SE) es BE **102** rectificado de onda completa. El SE **104** incluye estimulación magnética durante todo el período. Por lo tanto, en el caso del BE **102** simétrico, la frecuencia de repetición del SE **104** es la frecuencia de repetición doble del BE **22** original (véase la figura 24C). El efecto de SE **104** puede ser bastante inhibidor, por ejemplo, analgésico o relajante. Después del efecto de alivio del dolor, la contracción muscular no es dolorosa durante el aumento de la densidad de flujo magnético del campo magnético variable en el tiempo. Las dos envolventes, FE y/o SE, pueden superponerse sobre la envolvente constante (CE) induciendo al menos un estímulo por debajo del umbral sensorial. La superposición de CE y FE y/o SE puede inducir al menos un estímulo de umbral sensorial, más preferentemente al menos un estímulo de umbral motor.

FE y/o SE pueden combinarse en un tratamiento. La proporción de FE y SE también puede variar. La amplitud y/o frecuencia de repetición de ambas envolventes también pueden variar. El valor óptimo de la densidad de flujo magnético es suficiente para inducir al menos un estímulo de umbral sensorial, más preferentemente al menos un estímulo de umbral motor.

En un enfoque alternativo del aspecto de la aplicación en la estimulación muscular, la FE puede ser interrumpida por el período de tiempo sin que la estimulación dure al menos 0,1 segundos, más preferentemente al menos 0,5 segundos, lo más preferentemente al menos 1 segundo, la repetición continua de FE puede durar al menos 0,1 segundos, más preferentemente al menos 0,5 segundos, lo más preferentemente al menos 1 segundo también. En otro enfoque alternativo, también es aplicable la alternancia periódica de FE y SE.

De acuerdo con otro enfoque más del aspecto de la aplicación en la estimulación muscular, la estructura neural puede estimularse por medio de la alternancia de FE y SE en una relación 1:1. En un enfoque alternativo, FE y SE pueden alternar en al menos 0,1 segundos, más preferentemente al menos 0,5 segundos, lo más preferentemente al menos 1 segundo períodos de duración de cada envolvente. La estimulación resultante se denomina modulada con períodos cortos (MSP). Por lo tanto, el período de MSP es como la ráfaga de FE y/o SE. En la aplicación preferida, la repetición de MSP es hasta 20 Hz, más preferentemente hasta 15 Hz, lo más preferentemente hasta 10 Hz.

El presente procedimiento también puede usarse para el tratamiento de bloqueo articular funcional. Una articulación puede incluir una estructura muscular que proporcione el movimiento de la articulación, incluida la articulación misma, incluido el líquido sinovial. El bloqueo funcional de la articulación puede ser causado por músculos espásticos en la vecindad de la articulación cuyo efecto secundario es el dolor. Los bloqueos articulares funcionales más comunes se encuentran en la columna vertebral. Estos pueden causar problemas vertebrogénicos, dolor de cabeza y de columna vertebral, migraña, molestias por perfusión que provocan mareos, dolor agudo de la columna vertebral que se dirige a las extremidades, insuficiencia visual, tinnitus, dolor de muelas o de oído, etc. La escoliosis, dolor sacro (incluso después de fracturas), debilidad de los músculos del piso pélvico e incontinencia, retención de orina

A los efectos del tratamiento de bloqueo funcional y la mejora de la movilidad articular, las tasas de repetición preferidas pueden ser de al menos 50 Hz, 60 Hz, 70 Hz o 100 Hz, densidad de flujo magnético de al menos 0,2 T, 0,4 T, 0,5 T o en al menos 1 T o hasta 7 T.

Antiguamente los bloqueos articulares funcionales se trataban mediante posicionamiento manual, tracción, movilización de los tejidos blandos, terapia refleja o incluso farmacológicamente. El presente procedimiento consigue al menos una contracción muscular parcial en las proximidades de la articulación, por ejemplo, columna vertebral, mediante la estimulación de la placa neuromuscular mediante un campo magnético pulsado a una tasa de repetición baja y una densidad de flujo magnético alta que proporciona al menos una contracción muscular parcial. Las superficies de contacto de la articulación se mueven y la articulación se mueve debido al menos a contracciones musculares parciales de los músculos en las proximidades de la articulación, por ejemplo, los músculos cercanos a la columna vertebral están representados por rotadores que provocan microrrotaciones locales de la columna vertebral. El bloqueo funcional de la articulación se desbloquea mediante la movilización muscular mediante un abordaje mecánico.

Otro enfoque más del presente procedimiento afecta las propiedades reológicas del líquido sinovial mediante un campo magnético pulsado. El efecto total de este procedimiento puede ser sinérgico. Aunque el procedimiento se explica en un ejemplo de bloqueo articular funcional de la columna vertebral, la aplicación del procedimiento no se

limita a la columna vertebral. Una persona experta en anatomía o fisioterapia puede aplicar el procedimiento para cualquier otra articulación proporcionada por una cantidad suficiente de estructuras neuromusculares en las proximidades. El presente procedimiento puede usarse preferentemente en combinación con procedimientos analgésicos. Es muy conveniente utilizar el presente procedimiento en combinación con el procedimiento que proporciona miorreajación, ya que el bloqueo funcional de la articulación es causado por estructuras biológicas espásticas cercanas.

De acuerdo con otro aspecto más de la aplicación en la estimulación muscular, la estructura neural puede ser estimulada por la envolvente generada por la interferencia de dos tasas de repetición. La primera tasa de repetición puede diferir de la segunda tasa de repetición. En la realización ejemplar, la primera tasa de repetición puede ser de 500 Hz y la segunda tasa de repetición puede ser de 490 Hz. La interferencia de las dos tasas de repetición genera una envolvente de frecuencia de repetición dada por la diferencia de la tasa de repetición, por lo que la frecuencia de repetición de la señal de interferencia puede ser de 10 Hz en la aplicación ejemplar. El efecto de la frecuencia de repetición modulada en un intervalo de hasta 10 Hz puede provocar un efecto de estimulación por la densidad de flujo magnético que induce al menos un estímulo de umbral sensorial, más preferentemente un estímulo de umbral motor.

### Aplicaciones especiales

De acuerdo con otra aplicación más de la invención, la estimulación de la estructura neural mediante un campo magnético variable en el tiempo puede usarse para provocar el efecto curativo de una estructura biológica. La estructura neural puede ser estimulada por un campo magnético variable en el tiempo a una tasa de repetición ventajosamente hasta 175 Hz, más preferentemente hasta 150 Hz, más preferentemente en el intervalo de 50 a 130 Hz y una densidad de flujo magnético suficiente para inducir al menos un estímulo por debajo del umbral sensorial, más preferentemente al menos estímulo de umbral sensorial. La duración adecuada del tratamiento puede ser de hasta 120 minutos, más preferentemente hasta 90 minutos, lo más preferentemente en el intervalo de 30 a 60 minutos. Después de la polaridad del estímulo aplicada, el efecto puede tratar estructuras biológicas inflamatorias o tejido, o puede mejorar el tratamiento de tejido no inflamatorio.

De acuerdo con otra aplicación más de la invención, la estimulación de la estructura neural mediante un campo magnético variable en el tiempo puede usarse para mejorar los patrones o hábitos de sueño. La estructura neural puede ser estimulada por un campo magnético variable en el tiempo a una tasa de repetición en el intervalo de 150 a 300 Hz, más preferentemente en el intervalo de 175 a 250 Hz, lo más preferentemente alrededor de 200 Hz. En la aplicación preferida, la densidad de flujo magnético es suficiente para inducir al menos un estímulo por debajo del umbral sensorial, más preferentemente al menos un estímulo del umbral sensorial para producir un efecto de sedación que puede usarse para mejorar los patrones o hábitos del sueño.

De acuerdo con otra aplicación más de la invención, la estimulación de la estructura neural mediante un campo magnético variable en el tiempo puede usarse para el tratamiento de edema.

De acuerdo con un aspecto de la aplicación en el tratamiento del edema, la estructura neural puede ser estimulada por una tasa de repetición de al menos 80 Hz, más preferentemente al menos 100 Hz, lo más preferentemente al menos 120 Hz, mediante una duración de pulso en el intervalo de decenas a varios cientos de  $\mu$ s, y una densidad de flujo magnético suficiente para inducir al menos un estímulo por debajo del umbral sensorial, más preferentemente al menos un estímulo del umbral sensorial. La duración adecuada del tratamiento puede ser de hasta 60 minutos, más preferentemente de hasta 45 minutos, más preferentemente en el intervalo de 15 a 30 minutos. La aplicación también puede tratar la inflamación.

De acuerdo con otro aspecto de la aplicación en el tratamiento del edema, la estructura neural puede ser estimulada por envolvente de frecuencia de repetición hasta 75 Hz, más preferentemente en el intervalo de 3 a 60 Hz, incluso más preferentemente en el intervalo de 10 a 50 Hz, lo más preferentemente en el intervalo de 20 a 40 Hz para provocar la reducción del edema. La estimulación puede activar la bomba muscular, por lo que se puede mejorar la perfusión del área objetivo y también se puede mejorar la circulación linfática.

De acuerdo con otro aspecto más de la aplicación en el tratamiento de edemas, la estructura neural puede estimularse mediante una envolvente de frecuencia de repetición hasta 70 Hz, más preferentemente hasta 60 Hz, lo más preferentemente en el intervalo de 30 a 50 Hz. La densidad de flujo magnético es suficiente para inducir al menos un estímulo de umbral sensorial, más preferentemente al menos un estímulo de umbral motor para provocar la reducción del edema. La estimulación puede estar indicada en casos de por ejemplo, movimiento limitado de la estructura biológica. La duración adecuada del tratamiento puede durar hasta 60 minutos, más preferentemente hasta 45 minutos, lo más preferentemente en el intervalo de 15 a 30 minutos.

Las aplicaciones descritas de la invención pueden usarse para el tratamiento de por ejemplo, obesidad, hipertensión, dolor, náuseas o vómitos relacionados con el embarazo, náuseas o vómitos posoperatorios, eccema atópico, sequedad de boca, aumento de la perfusión sanguínea del útero y placenta, hemofilia, prurito, inducción del parto, fenómeno de Raynaud, dolor por anemia falciforme, colgajo de piel isquemia (durante la cirugía plástica) o tinnitus (zumbido en el oído).

Todas las aplicaciones descritas de la invención también pueden proporcionar un efecto trofotrópico, antiedematoso o placebo que contribuye a mejorar el bienestar y la comodidad del paciente. También puede aumentar el metabolismo local.

5 Todas las aplicaciones mencionadas se pueden aplicar en forma de tasa de repetición constante y/o frecuencia de repetición. También es aplicable la modulación envolvente o una combinación de las mismas.

10 Los valores de densidad de flujo magnético y tasa de repetición se citan en varias aplicaciones preferidas ya que la percepción de la estimulación es subjetiva. No obstante, la densidad del flujo magnético y las tasas de repetición y/o las frecuencias de repetición no están limitadas por los valores indicados. Una persona experta en fisioterapia puede repetir y aplicar los procedimientos de terapia ajustando la densidad del flujo magnético, la tasa de repetición y/o la frecuencia según las necesidades del paciente. Además, las aplicaciones pueden usarse en combinaciones, por ejemplo, aplicación de diagnóstico y/o aplicación de estimulación.

Una persona experta en fisioterapia es capaz de utilizar diversas envolventes y formas de onda, por ejemplo, pulsos, sinusoidales, rectangulares, cuadrados, triangulares, de dientes de sierra, trapezoidales, exponenciales, etc. La invención no se limita a las formas enumeradas de envolventes.

15 La estimulación de la estructura biológica por medio de un campo magnético variable en el tiempo siguiendo los procedimientos enumerados puede ser, entre otros, continua, pulsada, aleatoria o en ráfagas. El pulso puede ser, pero no limitado a, monofásico, simétrico, asimétrico, lo más preferentemente bifásico.

### SECCIÓN III

20 El aparato y los procedimientos de funcionamiento del aparato pueden usarse para estimular una estructura biológica objetivo para lograr al menos un efecto estético.

Una subsección de la tercera sección divulga los procedimientos utilizados para el tratamiento estético del paciente.

25 Durante las últimas décadas los pacientes no solo han querido gozar de buena salud, también han querido verse bien, es decir, estar bien formados, sin grasa poco atractiva y tener una apariencia joven, sin arrugas, estrías o pechos caídos. Esto ha dado lugar a una evolución progresiva de los procedimientos estéticos invasivos, tal como la cirugía estética que elimina y remodela el cuerpo humano mediante procedimientos invasivos y potencialmente peligrosos, por ejemplo, liposucción o implantes. El efecto secundario de los procedimientos invasivos pueden ser cicatrices. Los efectos secundarios dieron como resultado un rápido progreso en el procedimiento no invasivo, por ejemplo, lipólisis o eliminación de imperfecciones de la piel.

30 Debido al aumento de la permeabilidad de la membrana celular, el tratamiento con imán pulsado afecta especialmente estos procedimientos y puede inducir los siguientes efectos: al menos contracción muscular parcial; reducción del tejido adiposo - volumen y/o número de células adiposas; neogénesis y/o remodelación de fibras de colágeno y/o elastina; mejora la circulación sanguínea y/o linfática y mejora el metabolismo local y/o del tejido adiposo.

35 Con los presentes procedimientos, los factores para mejorar la apariencia visual del cuerpo son: estimulación del músculo principal, por ejemplo, glúteo mayor; estimulación de los músculos profundos que es posible gracias a un alto valor de densidad de flujo magnético; aplicación sin contacto de la densidad de flujo magnético, se puede aplicar incluso a través de la ropa; contracción muscular más fuerte debido a un valor más alto de densidad de flujo magnético; focalización muscular de mayor calidad; el tratamiento no se ve influenciado por pequeños movimientos durante el tratamiento; la duración del tiempo de tratamiento se acorta debido al alto valor de la densidad de flujo magnético y/o la mayor tasa de repetición; no se producen retrasos.

40 Debe entenderse que el procedimiento no se limita a las aplicaciones particulares y que el procedimiento puede practicarse o llevarse a cabo de diversas formas.

45 El presente procedimiento se aplica especialmente para mejorar la apariencia visual de partes del cuerpo, incluidas o próximas a estructuras musculares importantes. Además, el procedimiento es aplicable para mejorar la apariencia visual de pacientes con un alto valor de BMI. El presente procedimiento no se limita a la aplicación de la señal de estimulación al músculo principal. También se pueden estimular otros músculos además de los músculos principales.

50 El aplicador de la señal de estimulación magnética se coloca cerca del cuerpo del paciente. Como se usa aquí, próximo a incluye tanto sin contacto como en contacto real con la piel del paciente. Los músculos son estimulados selectivamente por la señal de estimulación y la densidad de flujo magnético de la estimulación puede ajustarse según la sensación o las necesidades del paciente. El tiempo de tratamiento se acorta debido a la estimulación selectiva de los músculos correctos. Además, debido al alto valor de la densidad de flujo magnético, el músculo se estimula de forma más eficaz. Además, el tratamiento puede ser no invasivo o incluso preferentemente sin contacto debido al alto valor de la densidad de flujo magnético. El paciente puede ser tratado sin quitarse la ropa, lo que reduce la incomodidad del paciente. Además, tras la alta eficacia de la contracción muscular, se remodelan las fibras de colágeno y/o elastina por encima de la estructura muscular, por lo que se mejora la apariencia visual.

La estimulación magnética de la estructura biológica tiene diversas aplicaciones para mejorar el aspecto visual del contorno corporal. El campo magnético de alta densidad alcanza valores tales que pueden usarse para: reducción del tejido adiposo, en el que la reducción del tejido adiposo se logra mediante la reducción del número y/o volumen de células adiposas; tonificación muscular, en la que la mejora de la apariencia muscular se logra mediante la reducción del tejido adiposo sin aumento de volumen muscular; modelado muscular, en el que la mejora del aspecto muscular se consigue mediante la reducción del tejido adiposo y/o el aumento de volumen de los músculos; contorno corporal, en el que la mejora de la apariencia de la silueta se logra mediante la reducción del tejido adiposo sin aumento de volumen muscular; modelado del cuerpo, en el que la mejora del aspecto de la silueta se consigue mediante la reducción del tejido adiposo y/o el aumento de volumen de los músculos; estiramiento de la piel, en el que la mejora de la apariencia de la piel se logra obteniendo una apariencia más suave y más joven, incluida la reducción de arrugas; tratamiento de la celulitis, en el que la mejora de la apariencia se consigue mediante la reducción del tejido adiposo, la contracción muscular y/o la neogénesis de las fibras elásticas; reducción circunferencial, en la que la reducción se consigue mediante la reducción del tejido adiposo y/o el aumento de volumen muscular; aumento de senos, en la que el efecto de mejora de la apariencia se consigue mediante elevación o modificación de la forma; aumento de labios, en el que el aumento de la apariencia de los labios se logra obteniendo una apariencia más completa y firme.

El aplicador para el tratamiento con imanes se coloca cerca del cuerpo del paciente. La densidad de flujo magnético se aplica a la estructura biológica objetivo. Se induce corriente eléctrica y se estimula la placa neuromuscular y/o el nervio que inerva al menos una fibra muscular. La estimulación provoca al menos una contracción muscular parcial.

El presente procedimiento estimula la estructura biológica por medio de un campo magnético pulsado. La densidad de flujo magnético pico a pico en la superficie del dispositivo generador de campo magnético es de al menos 0,15, 0,2, 0,8, 1,5, 2, 2,4 o hasta 7 Tesla a una tasa de repetición de al menos 1, 10, 30, 50, 55, 60, o hasta 700 Hertz con tratamiento/tratamientos sucesivos que duran varios segundos o más, por ejemplo, durante al menos 5, 10, 30, 60, 120 o 240 segundos, o más. El ancho del pulso está en el intervalo de decenas a cientos de  $\mu$ s.

La celulitis es un efecto del cambio de piel que da como resultado la apariencia de piel de naranja. La causa de la celulitis es la orientación de las fibras de colágeno en los llamados septos "fibrosos". Los septos fibrosos se contraen y endurecen con el tiempo creando un efecto de hoyuelo. Además, los vasos sanguíneos y linfáticos carecen de circulación debido a la contracción y endurecimiento de los septos. El flujo linfático puede bloquearse y provocar hinchazón. Otra causa de celulitis son las células adiposas que sobresalen de la dermis.

Una aplicación de campo magnético variable en el tiempo para mejorar la apariencia visual del área del cuerpo puede ser la estimulación de un músculo mediante la densidad del flujo magnético para reducir la celulitis. La densidad de flujo magnético se envía a través de la piel a la placa neuromuscular y/o al nervio que inerva al menos una fibra muscular. La corriente eléctrica se induce en la estructura biológica objetivo provocando al menos una contracción muscular parcial. La contracción muscular al menos parcial provoca el movimiento de la piel y de todas las estructuras biológicas que subtienden la epidermis. Además, la contracción muscular al menos parcial mejora la circulación sanguínea por sí misma o mediante el movimiento del músculo en las proximidades, incluidos los septos fibrosos. Además, se mejora la circulación sanguínea y/o linfática en las capas que subtienden la epidermis, ya que la contracción muscular mueve los septos fibrosos. También se mejora el metabolismo local y/o del tejido adiposo. La contracción muscular al menos parcial es más eficaz para el metabolismo del tejido adiposo a medida que aumenta el valor de la densidad del flujo magnético ya que la contracción muscular es más fuerte. La mayor densidad de flujo magnético afecta al mayor número de contracciones de las fibras musculares y se reduce la mayor cantidad de tejido adiposo. Por lo tanto, se mejora la apariencia visual de las regiones propensas a la celulitis.

El procedimiento provoca la reducción circunferencial, es decir, una reducción del tamaño del área corporal tratada. El procedimiento está principalmente indicado para las regiones con celulitis, especialmente para glúteos, abdomen, caderas, muslos o brazos. Sin embargo, la indicación no se limita a las regiones mencionadas y el procedimiento puede usarse para la estimulación de cualquier otra área del cuerpo.

El presente procedimiento puede proporcionar un efecto de masaje a través de la estimulación provocada por la contracción muscular al menos parcial. Por lo tanto, el efecto de masaje puede lograrse mediante procedimientos sin contacto en lugar de técnicas de masaje manual o técnicas de tejidos blandos. El efecto de masaje mejora la circulación linfática.

En otro aspecto, la mejora de la funcionalidad y/o la apariencia del músculo se consigue con resultados similares al ejercicio corporal. Los resultados se logran mediante la aplicación de una alta densidad de flujo magnético al área del cuerpo e induciendo al menos una contracción muscular parcial. Los valores más altos de densidad de flujo magnético aplicados dan como resultado una contracción muscular más fuerte. El paciente se siente más firme y tenso.

Con el presente procedimiento, las contracciones musculares inducidas por la densidad de flujo magnético aplicada pueden ayudar a tonificar el músculo proporcionando una apariencia más atractiva. Como la estructura del músculo es estimulada por un campo magnético variable en el tiempo, la extremidad completa puede moverse debido a la alta potencia de la señal de estimulación magnética. Sin embargo, el procedimiento no se limita a las aplicaciones en las extremidades y el procedimiento puede aplicarse a la estimulación de cualquier músculo, por ejemplo, glúteo mayor o

cualquier músculo/músculo profundo para inducir el contorno corporal y/o el efecto modelador del cuerpo y la quema de grasa. Además, se estiran los músculos acortados y/o flácidos. También se mejora la condición física del paciente.

Los presentes procedimientos también pueden inducir la contracción muscular para reducir el efecto de la laxitud de la piel. La laxitud de la piel puede deberse, por ejemplo, el procedimiento de envejecimiento o aumento del número y/o volumen de células adiposas que tira de la piel hacia abajo por gravedad, pérdida rápida de peso o estiramiento de la piel durante el embarazo. Los músculos son estimulados por la corriente eléctrica inducida para contraerse. Las contracciones repetidas hacen que los músculos adquieran tono y flexibilidad. Por lo tanto, la apariencia de la piel se mejora estimulando los músculos flácidos. Se logra el efecto de estiramiento de la piel. El procedimiento también estimula la creación de fibras de colágeno y elastina en las capas que subtienden la epidermis, por lo que la piel obtiene una apariencia visual mejorada. El procedimiento se puede aplicar ampliamente, pero no se limita a la aplicación en las regiones del cuello, los senos, los brazos o el abdomen. El procedimiento proporciona al paciente una apariencia más suave y más joven de la piel.

También se pueden usar para el tratamiento de arrugas procedimientos similares de estimulación de la estructura muscular por medio de un campo magnético variable en el tiempo para inducir la contracción muscular al menos parcial. Las arrugas son el resultado de factores extrínsecos e intrínsecos. Hoy en día, las arrugas se consideran un efecto negativo del procedimiento de envejecimiento natural que disminuye la producción de fibras de colágeno y elastina y debilita la piel que se vuelve más delgada. Como la estimulación muscular por la densidad de flujo magnético induce al menos una contracción parcial del músculo, se mejora la estimulación de la neogénesis de las fibras de colágeno y elastina. Además, los músculos que subtienden la región estimulada se tonifican y la piel adquiere una apariencia visual más joven y mejorada. Por lo tanto, se logra el efecto de estiramiento de la piel.

Las arrugas se pueden evitar o reducir practicando ejercicios faciales que provoquen un efecto de masaje en los tejidos faciales, mejorando la circulación sanguínea y linfática. Además, los músculos faciales se relajan y tonifican después del ejercicio.

Se puede lograr un efecto similar al del ejercicio facial por medio de un procedimiento no invasivo y/o sin contacto para estimular los músculos faciales por medio de la densidad de flujo magnético. Otra ventaja adicional del presente procedimiento es la mejora de la restauración de las fibras de colágeno y elastina, tonificación y fortalecimiento más eficaces de los músculos faciales.

Los presentes procedimientos pueden mejorar la neogénesis y remodelación de las fibras de colágeno en los labios para alcanzar una apariencia más completa, tersa y firme. La densidad de flujo magnético se aplica a los labios mediante un aplicador. Por lo tanto, los labios se vuelven más llenos y firmes sin necesidad de ningún procedimiento invasivo tal como la inyección de los rellenos sintéticos, el maquillaje permanente o los implantes faciales. El presente procedimiento estimula la remodelación y/o la neogénesis de las fibras de colágeno de forma natural. Además, el colágeno es una sustancia natural del cuerpo humano que aporta elasticidad a la estructura.

Los presentes procedimientos pueden usarse para mejorar la apariencia visual de los senos. El ligamento de Cooper puede ser estimulado, mejorado y/o reafirmado por la contracción muscular al menos parcial. La estimulación muscular induce la elevación del tejido mamario. Además, el tejido mamario se estimula para que se modifique en una forma, en la que la forma incluye el tamaño y/o el contorno del tejido mamario. Por lo tanto, se mejora la apariencia visual y los senos son más atractivos para la paciente. El presente procedimiento es una alternativa no invasiva al procedimiento de cirugía estética actual para el tratamiento del tejido mamario caído. El presente procedimiento proporciona a un paciente un procedimiento para mejorar la apariencia visual de los senos sin cirugía. Por tanto, el procedimiento carece de complicaciones posquirúrgicas tales como cicatrices, dolor postoperatorio o un largo período de recuperación. Pueden usarse diversos protocolos de tratamiento.

Siguiendo los procedimientos enumerados, la señal de estimulación puede ser, pero no se limita a, continua, pulsada, aleatoria o en ráfagas. El impulso puede ser, pero no limitado a, monofásico, polifásico y/o bifásico.

En la aplicación preferida del presente procedimiento se utilizan los trenes de pulsos, denominados ráfagas.

La tasa de repetición y/o la densidad de flujo magnético pueden variar durante el protocolo de tratamiento. Además, la señal de estimulación magnética puede incluir varios períodos de señal de estimulación de diferentes tasas de repetición, por lo que la modulación de la señal está en el dominio de la tasa de repetición. La señal de estimulación puede incluir varios períodos de señal de estimulación de diferentes densidades de flujo magnético, por lo que la modulación de la señal se encuentra en el dominio de densidad de flujo magnético. En otro enfoque más, la envolvente de la señal de estimulación puede modularse mediante combinaciones de dominio de tasa de repetición y dominio de densidad de flujo magnético.

Diversas envolventes de la señal de estimulación y forma de onda, por ejemplo, También se pueden utilizar pulsos, sinusoidales, rectangulares, cuadrados, triangulares, en dientes de sierra, trapezoidales, exponenciales, etc., con el fin de estimular los músculos, y no se limitan a las formas enumeradas de señales de estimulación.

Los valores de densidad de flujo magnético y tasa de repetición se citan en varias aplicaciones preferentes dado que la percepción de la estimulación es subjetiva. No obstante, la densidad de flujo magnético y las tasas de repetición no

están limitadas por los valores enumerados. Un experto en fisioterapia puede repetir y aplicar los procedimientos de tratamiento ajustando la densidad del flujo magnético y/o la tasa de repetición según la sensibilidad o las necesidades del paciente.

5 El presente procedimiento no se limita a usarse de forma independiente. Para mejorar el resultado, el procedimiento puede usarse en combinación con otro procedimiento convencional de medicina estética no invasivo y/o invasivo.

10 Todos los procedimientos enumerados se pueden aplicar a un paciente de forma no invasiva y/o sin contacto. Por lo tanto, los presentes procedimientos proporcionan un enfoque alternativo eficaz para mejorar la apariencia visual sin necesidad de tratamiento invasivo o cirugía. Además, los resultados visuales son apreciables después de varios tratamientos. Además, los resultados incluyen no solo la mejora de la apariencia visual, sino incluso la mejora de las estructuras musculares, por lo que el paciente se siente más firme y tenso. Las estructuras musculares se tonifican sin necesidad de hacer dieta ni dedicar tiempo a hacer ejercicio.

Por tanto, se han descrito novedosos sistemas y procedimientos. Por supuesto, se pueden realizar diversos cambios y sustituciones sin apartarse del ámbito de las reivindicaciones adjuntas.

La invención, por lo tanto, no debería estar limitada, excepto por las siguientes reivindicaciones y sus equivalentes.

# 15 **Imán combinado + RF**

Esta subsección de la tercera sección divulga un procedimiento que puede usarse para remodelar el tejido adiposo, moldear y/o contorneo el cuerpo, tonificar los músculos, tensar la piel, rejuvenecer la piel, eliminar las arrugas, reducir las estrías, levantar los senos, aumentar los labios o tratar la celulitis en general mediante la aplicación de radiación electromagnética a la estructura objetivo para calentar selectivamente el tejido objetivo para eliminar y/o remodelar el tejido adiposo del tejido objetivo. El segundo enfoque es transmitir una estimulación magnética a la estructura objetivo, induciendo al menos una contracción muscular parcial dentro de la estructura objetivo para remodelar el tejido adiposo mediante catabolismo natural del tejido adiposo. El catabolismo del tejido adiposo puede estar causado por apoptosis o necrosis de los adipocitos. La contracción muscular causada por las corrientes de eddy inducidas es la misma que una contracción natural. El tejido adiposo se puede reducir de forma natural. Además, el músculo se puede triturar de forma natural. Por lo tanto, los resultados del efecto en la conformación y/o el contorno del cuerpo pueden mejorarse significativamente.

30 La presente invención divulga los enfoques avanzados en aplicaciones estéticas, por ejemplo, para el tratamiento de la celulitis y/o modelado del cuerpo. Se utilizan procedimientos combinados de tratamiento por campo electromagnético y tratamiento por campo magnético. El campo electromagnético puede incluir tratamiento por radiofrecuencia, infrarrojos u ondas ópticas. El tratamiento magnético puede ser proporcionado por imanes permanentes, dispositivos electromagnéticos que generan un campo magnético estático o dispositivos generadores de campos magnéticos variables en el tiempo. En la aplicación preferida, el tratamiento por campo magnético pulsado y el tratamiento por radiofrecuencia pueden combinarse. Sin embargo, la aplicación no está limitada por la combinación mencionada, por lo que el procedimiento combinado puede incluir tratamiento con imanes y cualquier tratamiento mediante campo electromagnético, por ejemplo, tratamiento con luz, tratamiento con IR o tratamiento con ondas de radiofrecuencia, por ejemplo, microondas, ondas cortas u ondas largas.

40 La combinación del procedimiento mencionado puede mejorar las aplicaciones utilizadas actualmente en diversos aspectos y el efecto de los tratamientos puede mejorarse significativamente. La aplicación de un campo electromagnético de radiofrecuencia se combina con la aplicación de un campo magnético antes, simultáneamente o después del tratamiento de radiofrecuencia. La aplicación de un campo magnético induce muchos beneficios para el tratamiento por radiofrecuencia, tales como aplicaciones que inducen al menos una contracción muscular parcial, efecto miorrelajante o efecto analgésico. También se puede mejorar la perfusión o el metabolismo.

45 La contracción muscular al menos parcial puede inducir efectos potenciados sobre la reducción del tejido adiposo por medio del catabolismo del tejido adiposo y la quema de energía del tejido adiposo. El efecto de reducción total del tejido adiposo se ve reforzado por el tratamiento con radiofrecuencia.

Además, la contracción muscular al menos parcial puede mejorar el flujo sanguíneo y/o la perfusión en el área tratada. El flujo sanguíneo mejorado puede ser causado por la activación de la bomba muscular y/o por la necesidad muscular de más oxígeno debido a la contracción al menos parcial. Debido al aumento del flujo sanguíneo y/o la perfusión local, el riesgo de sobrecalentamiento muscular es limitado o incluso eliminado. Además, la homogeneidad del campo térmico inducido por el efecto térmico del tratamiento por radiofrecuencia puede mejorarse significativamente y/o las temperaturas pueden estar bien equilibradas/compensadas en el área de tratamiento objetivo. Otro beneficio más es la prevención de la creación de cualquier punto caliente causado por un gradiente térmico pronunciado.

55 Debido a la mejora del flujo sanguíneo, la perfusión y/o el flujo linfático, se puede mejorar el metabolismo. Además, el efecto del tratamiento por radiofrecuencia puede potenciarse mediante un metabolismo mejorado, por ejemplo, tratamiento de celulitis, modelado y/o contorno corporal, estiramiento o rejuvenecimiento de la piel. Un beneficio adicional puede ser reducir o eliminar el riesgo de paniculitis o inflamación local de la piel, ya que cualquier agrupación de los adipocitos tratados puede prevenirse mediante la mejora del metabolismo. La mejora del flujo sanguíneo y/o

linfático puede contribuir a la eliminación de los adipocitos. La eliminación de los adipocitos puede ser promovida por un mayor número de células que fagocitan también los adipocitos. Los efectos sinérgicos del tratamiento con imanes y RF mejoran significativamente el metabolismo. Por lo tanto, la posibilidad de que se produzcan eventos adversos es limitada y los resultados del tratamiento inducidos por la presente invención se alcanzan en un período de tiempo más corto.

Además, la contracción muscular al menos parcial puede mejorar el movimiento del vaso linfático y puede mejorarse el flujo linfático.

En la aplicación preferente, la RF y/o el campo magnético pueden modularse. En la aplicación más preferida, se modulan ambas señales de estimulación. La estimulación magnética puede modularse en el dominio de densidad de flujo magnético, dominio de tasa de repetición o dominio de duración de impulso, para proporcionar diferentes efectos de tratamiento y evitar la adaptación de la estructura biológica objetivo. El tratamiento de radiofrecuencia se puede modular en el dominio de la frecuencia, el dominio de la intensidad y/o el dominio del tiempo para alcanzar la mayor complejidad y/o eficiencia de la estructura biológica tratada con el objetivo. La modulación en el dominio del tiempo puede cambiar los períodos de estimulación activo y pasivo, por ejemplo, El tratamiento por radiofrecuencia puede incluir un período sin estimulación, es decir, el tratamiento por radiofrecuencia no es continuo, pero el tratamiento se proporciona en pulsos. Los períodos sin estimulación pueden variar y el operador puede ajustarlos. Debido a la modulación durante el tratamiento, se pueden tratar diferentes estructuras biológicas objetivo en diferentes profundidades.

La aplicación puede ser por contacto o la aplicación preferida de la invención el tratamiento puede aplicarse sin contacto. La aplicación sin contacto puede evitar todos los factores de biocompatibilidad que pueden ocurrir durante el tratamiento por contacto. En la aplicación más preferida, el tratamiento puede proporcionarse mediante un dispositivo auto operado. Por lo tanto, la vigilancia y/o control continuo por parte del operador no es esencial para la operación correcta y/o seguro del dispositivo de tratamiento. El tratamiento auto operado puede ser proporcionado por un aplicador de mano o el aplicador puede fijarse a un dispositivo independiente. El tratamiento auto operado también se puede habilitar usando diversos tipos de sensores en comunicación con el dispositivo para monitorizar el tratamiento y/o el paciente. El al menos un sensor puede ser, por ejemplo, sensor reactivo, sensor electroquímico, biosensor, sensor bioquímico, sensor de temperatura, sensor de sorción, sensor de pH, sensor de voltaje, sensor para medir la distancia del aplicador desde la superficie del paciente y/o desde el área tratada, sensor de posición, detector de movimiento, sensor fotoeléctrico, cámara, detector de sonido, sensor de corriente, sensor para medir tejido específico humano/animal y/o cualquier sensor adecuado que mida parámetros biológicos y/o una combinación de los mismos, tal como sensor para medir las fuerzas de tracción dérmica, sensor para medir la actividad del músculo, fuerzas de contracción del músculo, impedancia tisular o elasticidad de la piel.

Además, la homogeneidad del tratamiento se puede mejorar mediante varios enfoques. Un primer enfoque puede estar representado por un aplicador móvil que proporciona el tratamiento dinámico a un área objetivo grande. El tratamiento dinámico mejora la homogeneidad de la energía de tratamiento aplicada y, además, debido a la gran superficie, el efecto es uniforme y/o bien equilibrado. También se puede utilizar el posicionamiento estático del aplicador. Otro enfoque para mejorar la homogeneidad puede representarse mediante el uso de un bolo. El bolo puede proporcionar una transmitancia mejorada de la energía electromagnética a las estructuras biológicas tratadas. Además, el bolo puede evitar la aparición de puntos calientes dentro del área tratada; el bolo puede proporcionar una temperatura constante al área de la superficie tratada objetivo; o el bolo puede aumentar la homogeneidad de la aplicación de ondas de radiofrecuencia proporcionando un medio homogéneo para que la propagación de ondas electromagnéticas no sea influenciada por la interfaz del área tratada objetivo y un aire. El bolo puede perfilar el campo electromagnético para mejorar el efecto del tratamiento. En otro enfoque más, puede haber una brecha de aire entre el aplicador y el paciente.

El tratamiento por campo magnético y/o electromagnético puede ser en modo continuo o discreto. En una aplicación, el tratamiento magnético se puede aplicar en modo continuo sin pausas y el tratamiento electromagnético se puede aplicar en modo pulsado para proporcionar una reducción mejorada del tejido adiposo provocada por el procedimiento natural y por el aumento de temperatura. En otra aplicación, el tratamiento electromagnético se puede aplicar de forma continua sin pausas y el tratamiento magnético se puede aplicar en modo pulsado para proporcionar una reducción térmica mejorada del tejido adiposo y mediante un metabolismo mejorado debido a un flujo sanguíneo mejorado. Ambos modos pueden combinarse en diversas secuencias de tratamiento.

En la aplicación preferida, el tratamiento se inicia en el momento en que la estructura biológica objetivo alcanza la temperatura predeterminada. La temperatura en el tejido diana puede ser de hasta 80 °C, más preferentemente en el intervalo de 37 a 60 °C, aún más preferentemente en el intervalo de 40 a 45 °C. La temperatura puede ajustarse en función del uso previsto, por ejemplo, reducción del tejido adiposo, producción de colágeno o contracción muscular. En una aplicación alternativa, el uso previsto puede ser coagulación y/o ablación. La temperatura en la estructura biológica objetivo puede medirse mediante un procedimiento invasivo, por ejemplo, usando una sonda invasiva; o por procedimiento de contacto, por ejemplo, usando sensor de termopar; o por procedimiento sin contacto, por ejemplo, utilizando un sensor de infrarrojos o una cámara.

La temperatura de la estructura biológica objetivo se puede determinar por medio de un procedimiento matemático. El sensor para medir la temperatura en la estructura biológica objetivo se puede unir al aplicador.

Un beneficio de la aplicación del tratamiento magnético y el tratamiento electromagnético puede ser causar un efecto analgésico de la aplicación y brindar la posibilidad de tratar a un paciente con mayor sensibilidad a los efectos térmicos inducidos por el tratamiento electromagnético, es decir, pacientes con cualquier predisposición que induzca un aumento sensibilidad. El efecto analgésico puede inducirse mediante tratamiento con imán mediante tasas de repetición adecuadas y puede inducirse inmediatamente durante el tratamiento con imán. El efecto analgésico puede durar hasta varias horas después del tratamiento con imanes. La densidad de flujo magnético de la estimulación magnética puede alcanzar preferentemente al menos la intensidad del umbral motor induciendo al menos una contracción muscular parcial, por lo que la homogeneidad del campo térmico se mejora significativamente.

Otro beneficio de la aplicación del tratamiento magnético puede estar provocando un efecto de miorrelajación. El tratamiento con imanes se puede aplicar en estructuras musculares espásticas para aliviar la hipertoniya del músculo y mejorar el flujo sanguíneo y/o linfático. Por tanto, aliviar el músculo hipertonado puede contribuir al efecto analgésico y contribuir a la aceptabilidad del tratamiento por parte del paciente.

El flujo sanguíneo y/o linfático puede estar limitado en los músculos espásticos y el metabolismo también puede estar limitado, lo que significa que el riesgo de agrupar las estructuras objetivo tratadas puede ser mayor y pueden ocurrir posibles eventos adversos. Los riesgos mencionados pueden eliminarse mediante el uso de un tratamiento magnético.

#### **Imán antes de RF**

En un aspecto de la invención, el tratamiento por campo magnético se puede aplicar a la estructura objetivo antes del tratamiento de radiofrecuencia para preparar la estructura objetivo para el tratamiento posterior por campo de radiofrecuencia. El efecto del tratamiento con imanes es inducir al menos una contracción muscular parcial o estimular una estructura muscular para aumentar el tono muscular de la estructura objetivo. Ambos efectos pueden proporcionar un efecto de masaje para la estructura dentro de la proximidad de la estructura objetivo, por lo que se puede mejorar la circulación sanguínea y/o linfática para promover el metabolismo local. La temperatura puede aumentarse localmente mediante el flujo sanguíneo mejorado y la estructura objetivo puede aceptar el siguiente tratamiento de radiofrecuencia con una calidad significativamente mayor. Además, las fibras de colágeno y/o elastina se pueden remodelar o restaurar y/o se puede mejorar su neogénesis para proporcionar una apariencia de piel más joven, más suave y mejorada.

Además, la aplicación previa puede mejorar la aceptabilidad del campo electromagnético aumentando la temperatura de la piel y la transmitancia del campo electromagnético puede mejorarse debido al menor valor de la impedancia de la piel. Además, la radiofrecuencia puede penetrar estructuras objetivo más profundas en relación con el tratamiento sin un tratamiento magnético previo de la estructura y/o área objetivo.

Otro beneficio puede ser la liberación del tejido adiposo en el músculo por contracción muscular y/o por aumento de temperatura, lo que provoca una mejor liquidez del tejido adiposo. Otro beneficio más de la contracción muscular al menos parcial puede ser la ruptura mecánica de grandes bultos de tejido adiposo en bultos más pequeños, lo que puede facilitar el metabolismo del tejido adiposo y/o los bultos de tejido adiposo más pequeños pueden eliminarse más rápidamente por el flujo linfático y/o sanguíneo. Debido a la mejora del metabolismo y/o la circulación, la celulitis puede tratarse en poco tiempo y el efecto visual sobre la apariencia de la piel puede mejorar significativamente.

#### **Imán durante RF**

En otro aspecto de la invención, el tratamiento por campo magnético puede aplicarse a la estructura objetivo simultáneamente con el tratamiento de radiofrecuencia para mejorar los efectos del tratamiento electromagnético que induce calor en la estructura objetivo.

La aplicación simultánea de tratamiento magnético y tratamiento por radiofrecuencia puede ser de dos modos: un primer modo puede generar los impulsos magnéticos mientras el tratamiento por radiofrecuencia está activo u otro modo puede generar tratamiento por radiofrecuencia mientras el tratamiento magnético no está en un período de estimulación activa, es decir, se alterna el período de tratamiento con imanes y el tratamiento con radiofrecuencia. Ambos modos amplifican el efecto resultante del tratamiento. Por lo tanto, los resultados se obtienen en un tiempo significativamente más corto que los mismos resultados obtenidos mediante aplicaciones separadas de los tratamientos de radiofrecuencia y de imán.

El procedimiento simultáneo de tratamiento con imanes y tratamiento con radiofrecuencia del tejido objetivo puede aumentar el componente magnético máximo de todo el tratamiento dando como resultado un calentamiento mejorado de la estructura objetivo que incluye contener un mayor volumen de agua, por ejemplo, piel. Debido al aumento de temperatura de la piel, se puede mejorar la producción y/o remodelación de las fibras de colágeno y/o elastina y se puede proporcionar a la piel un aspecto más joven, más suave y mejorado. El efecto del sobrecalentamiento del músculo se reduce mediante la mejora del flujo sanguíneo.

#### **Imán después de RF**

En otro aspecto más de la invención, el tratamiento por campo magnético puede aplicarse a la estructura objetivo después del tratamiento por campo electromagnético para mejorar y/o contribuir a los efectos del tratamiento de radiofrecuencia al influir en la estructura objetivo por campo magnético.

- 5 El campo magnético puede tratar la estructura objetivo para provocar al menos una contracción muscular parcial próxima a la estructura objetivo para mejorar el flujo sanguíneo y proporcionar una distribución de temperatura homogénea de alta calidad después de crear una distribución de temperatura de menor calidad por medio de tratamiento de radiofrecuencia.

Todos los procedimientos pueden proporcionarse por medio de las soluciones técnicas mencionadas anteriormente. Los procedimientos mencionados anteriormente pueden usarse por separado o en cualquier combinación.

- 10 Todas las aplicaciones descritas de la invención también pueden proporcionar un efecto trofotrópico, antiedematoso o placebo que contribuye a mejorar el bienestar y la comodidad del paciente. También puede aumentar el metabolismo local.

Todas las aplicaciones mencionadas se pueden aplicar en forma de tasa de repetición constante y/o frecuencia de repetición. También es aplicable la modulación envolvente o una combinación de las mismas.

- 15 Los valores de densidad de flujo magnético y tasa de repetición se citan en varias aplicaciones preferentes dado que la percepción de la estimulación es subjetiva. No obstante, la densidad del flujo magnético y las tasas de repetición y/o las frecuencias de repetición no están limitadas por los valores indicados. Una persona experta en fisioterapia puede repetir y aplicar los procedimientos de terapia ajustando la densidad del flujo magnético, la tasa de repetición y/o la frecuencia según las necesidades del paciente. Además, las aplicaciones pueden usarse en combinaciones, por  
20 ejemplo, aplicación de diagnóstico y/o aplicación de estimulación.

Una persona experta en fisioterapia es capaz de utilizar diversas envolventes y formas de onda, por ejemplo, pulsos, sinusoidales, rectangulares, cuadrados, triangulares, de dientes de sierra, trapezoidales, exponenciales, etc. La invención no se limita a las formas enumeradas de envolventes.

- 25 La estimulación de la estructura biológica por medio de un campo magnético variable en el tiempo siguiendo los procedimientos enumerados puede ser, entre otros, continua, pulsada, aleatoria o en ráfagas. El pulso puede ser, pero no limitado a, monofásico, simétrico, asimétrico, lo más preferentemente bifásico.

# REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de estimulación para un tratamiento estético que utiliza un campo magnético variable en el tiempo y un campo de radiofrecuencia para proporcionar contracción muscular y calentamiento de al menos una estructura biológica, en el que el dispositivo de estimulación comprende:  
  
5       - al menos un primer dispositivo (11) de conmutación,  
      - al menos un primer dispositivo (13) de almacenamiento de energía,  
      - al menos un primer dispositivo (12) generador de campo magnético, y  
      - al menos un primer electrodo de radiofrecuencia,  
  
      **donde,**  
  
10       el primer dispositivo de conmutación (11) está configurado para descargar el primer dispositivo de almacenamiento de energía (13) para proporcionar flujo de corriente eléctrica al primer dispositivo generador de campo magnético (12),  
      el primer dispositivo generador de campos magnéticos está configurado para generar impulsos bifásicos de un campo magnético variable en el tiempo, que se utiliza para el tratamiento magnético, con una densidad de flujo magnético comprendida entre 0,15 y 7 Tesla, y una frecuencia de repetición de los impulsos magnéticos comprendida entre 1 y 300 Hz,  
15       en el que cada pulso comprende un impulso del campo magnético variable en el tiempo;  
      en el que el campo magnético variable en el tiempo generado por el primer dispositivo generador de campo magnético es capaz de provocar una contracción muscular;  
20       en el que el dispositivo de estimulación comprende además un generador de frecuencia de alta frecuencia para proporcionar energía para el tratamiento por radiofrecuencia;  
      en el que al menos un primer electrodo de radiofrecuencia está configurado para generar un campo de radiofrecuencia con el fin de calentar al menos una estructura biológica diana a una temperatura comprendida entre 37 °C y 60 °C.  
  
25   2. El dispositivo de estimulación de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado en que**, en el que el primer dispositivo generador de campo magnético (12) y el primer electrodo de radiofrecuencia están situados en un primer aplicador.  
  
3. El dispositivo de estimulación de cualquiera de las reivindicaciones anteriores,  
      **caracterizado porque**,  
30       el dispositivo de estimulación comprende además un sensor de temperatura que monitoriza al paciente.  
  
4. El dispositivo de estimulación de cualquiera de las reivindicaciones precedentes,  
      **caracterizado en que**,  
      en el que el aplicador comprende una carcasa y un soplador colocado en un punto alrededor de la circunferencia del dispositivo generador de campo magnético, en el que el soplador está configurado para proporcionar aire para enfriar el dispositivo generador de campo magnético.  
35       5. El dispositivo de estimulación de la reivindicación 4,  
      **caracterizado en que**,  
      en el que el dispositivo generador de campo magnético está acoplado a la carcasa del aplicador mediante al menos un punto de fijación tal que el dispositivo generador de campo magnético está separado de la carcasa; en el que el al menos un punto de fijación está configurado para permitir que un fluido refrigerante fluya entre el dispositivo generador de campo magnético y la carcasa.  
40       6. El dispositivo de estimulación de la reivindicación 4 o 5,  
      **caracterizado en que**,  
      en el que el primer dispositivo generador de campo magnético está configurado para ser enfriado dirigiendo aire sobre al menos un lado superior y un lado inferior del primer dispositivo generador de campo magnético.  
45       7. El dispositivo de estimulación de cualquiera de las reivindicaciones precedentes,  
      **caracterizado en que**,  
      el dispositivo de estimulación comprende además una entrada situada en proximidad del primer dispositivo generador de campo magnético (12), en el que la entrada está configurada de tal manera que un medio fluido para enfriar el primer dispositivo generador de campo magnético (12) puede proporcionarse a través de la entrada.  
50       8. El dispositivo de estimulación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,  
      **caracterizado porque**  
      el primer dispositivo generador de campo magnético (12) está configurado para proporcionar el campo magnético simultáneamente con el campo de radiofrecuencia generado por el primer electrodo de radiofrecuencia.  
  
55   9. El dispositivo de estimulación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,  
      **caracterizado porque**

el primer dispositivo generador de campo magnético (12) es una bobina de tipo plano.

10. El dispositivo de estimulación de cualquiera de las reivindicaciones precedentes,

**caracterizado en que,**

el primer dispositivo de conmutación (11) comprende diodo, tiristor, MOSFET, JFET, IGBT, BTJ o su combinación y en que el primer dispositivo de almacenamiento de energía (13) comprende un condensador configurado para ser cargado a miles de voltios.

11. El dispositivo de estimulación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

**caracterizado porque**

el dispositivo de estimulación comprende además un transmatch.

12. El dispositivo de estimulación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

**caracterizado porque**

el dispositivo de estimulación está configurado para permitir el ensamblaje de una pluralidad de pulsos subsiguientes de campo magnético variable en el tiempo en una envoltura, en donde una envoltura está modulada en forma trapezoidal.

13. El dispositivo de estimulación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

**caracterizado porque**

el primer dispositivo generador de campo magnético (12) es una bobina circular sin núcleo.

14. El dispositivo de estimulación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

**caracterizado porque**

el dispositivo de estimulación comprende además un segundo dispositivo generador de campo magnético, en donde cada uno del primer dispositivo de campo magnético y el segundo dispositivo generador de campo magnético está configurado para generar campos magnéticos variables en el tiempo y en donde el primer dispositivo generador de campo magnético está ubicado en un primer aplicador y el segundo dispositivo generador de campo magnético está ubicado en un segundo aplicador.

15. El dispositivo de estimulación de las reivindicaciones 1 a 13,

**caracterizado en que**

el dispositivo de estimulación comprende además un segundo dispositivo generador de campo magnético, en el que el segundo dispositivo generador de campos magnéticos está configurado para generar un segundo campo magnético variable en el tiempo y en el que el campo magnético variable en el tiempo generado por el primer dispositivo generador de campos magnéticos interfiere con el segundo campo magnético variable en el tiempo generado por el segundo dispositivo generador de campos magnéticos.

16. El dispositivo de estimulación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13,

**caracterizado porque**

el dispositivo de estimulación comprende el primer aplicador con el primer dispositivo generador de campo magnético (12) y el primer electrodo de radiofrecuencia, y el dispositivo de estimulación comprende además el segundo aplicador con el segundo dispositivo generador de campo magnético y un segundo electrodo de radiofrecuencia.

17. El dispositivo de estimulación de cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16,

**caracterizado en que,**

en el que el primer aplicador y el segundo aplicador son posicionables independientemente uno respecto del otro.

18. El dispositivo de estimulación de acuerdo con la reivindicación 14 o 17,

**caracterizado porque**

el primer dispositivo de conmutación está configurado para permitir la descarga del primer dispositivo de almacenamiento de energía al primer dispositivo generador de campo magnético y porque un segundo dispositivo de conmutación está configurado para permitir la descarga de un segundo dispositivo de almacenamiento de energía al segundo dispositivo generador de campo magnético.

19. El dispositivo de estimulación de acuerdo con la reivindicación 14 o 17,

**caracterizado porque**

el primer dispositivo de conmutación está configurado para descargar el primer dispositivo de almacenamiento de energía para proporcionar un flujo de corriente eléctrica al primer dispositivo generador de campo magnético y al segundo dispositivo generador de campo magnético.

20. El dispositivo de estimulación de acuerdo cualquiera de las reivindicaciones 14 o 17,

**caracterizado porque**

el dispositivo de estimulación comprende además un segundo dispositivo de conmutación configurado para permitir proporcionar un flujo de corriente eléctrica desde el primer dispositivo de almacenamiento de energía al segundo dispositivo de generación de campo magnético.

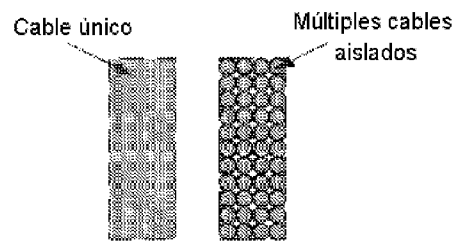


Figura 1

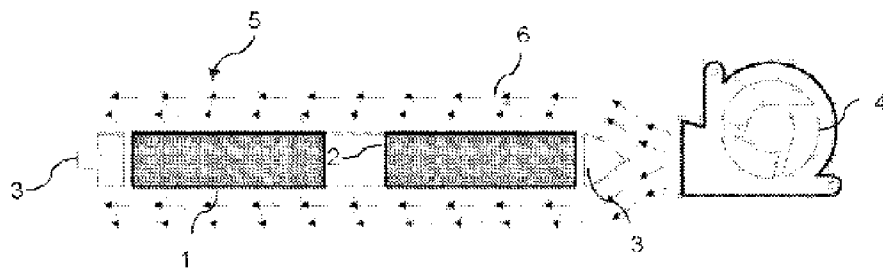


Figura 2

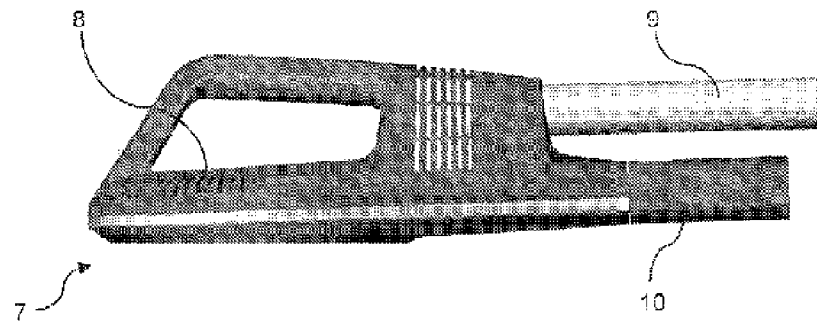


Figura 3

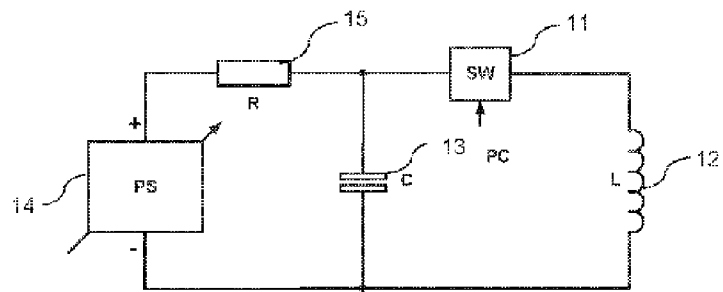


Figura 4A

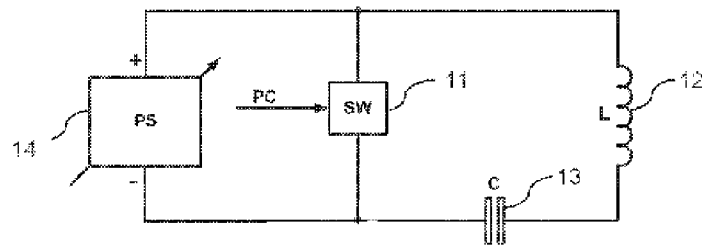


Figura 4B

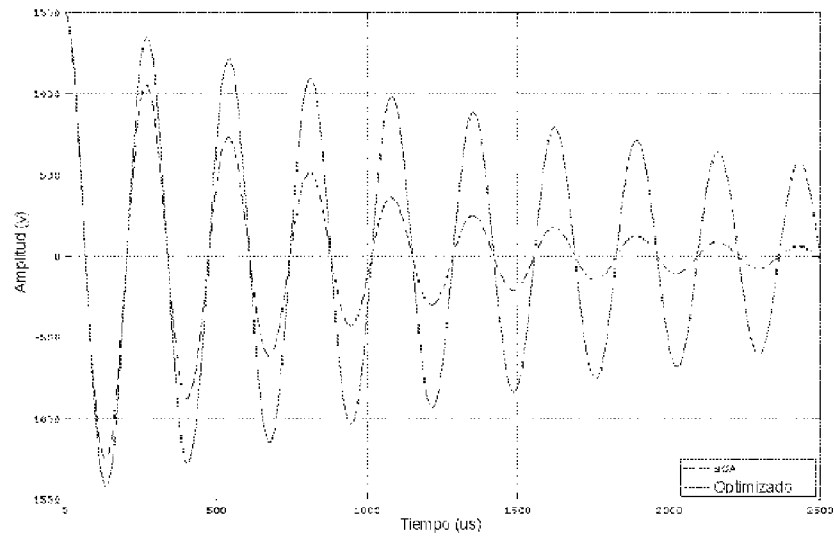


Figura 5

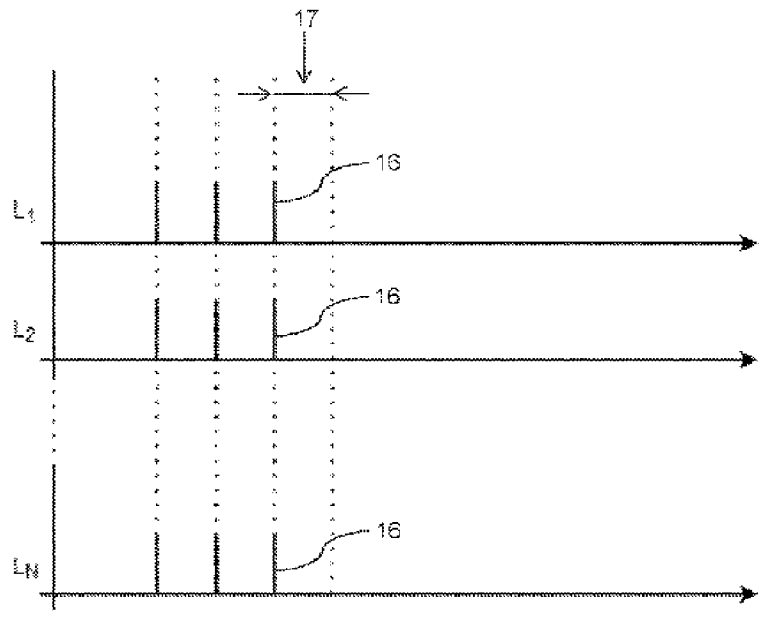


Figura 6

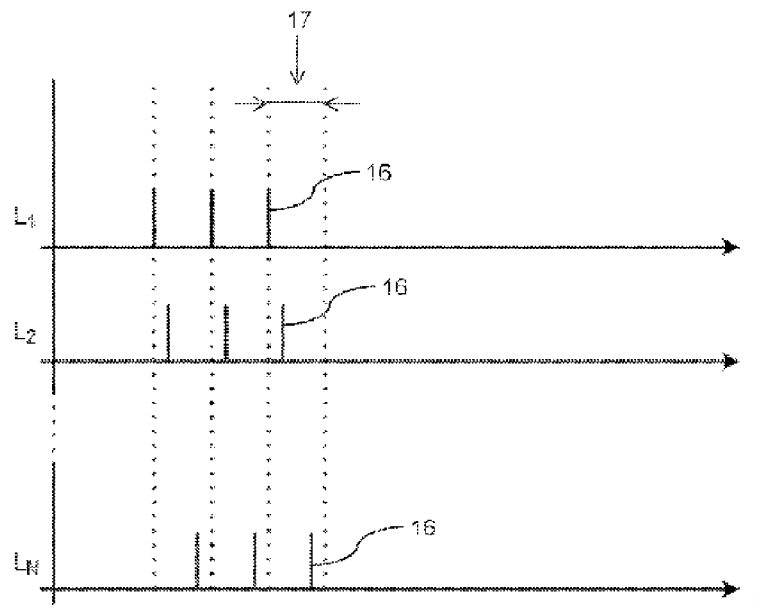


Figura 7

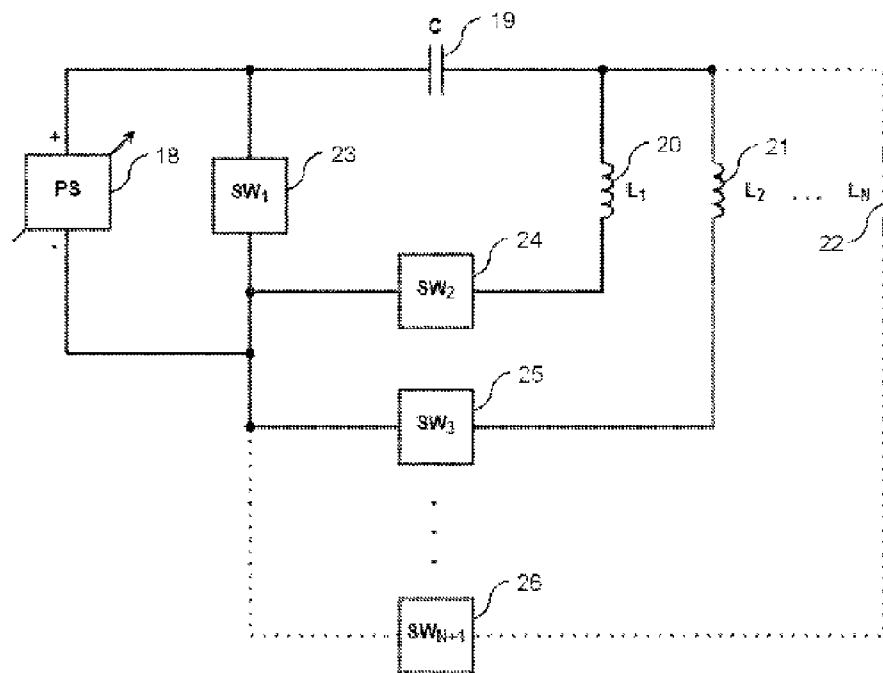


Figura 8

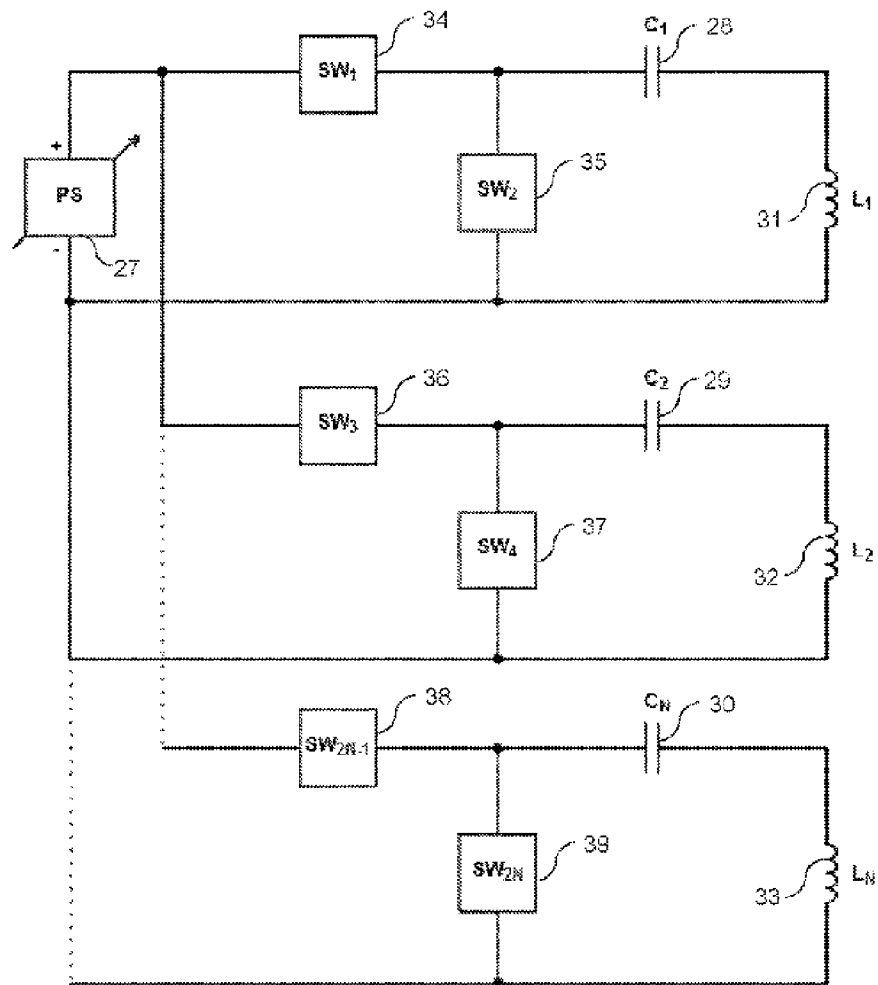


Figura 9

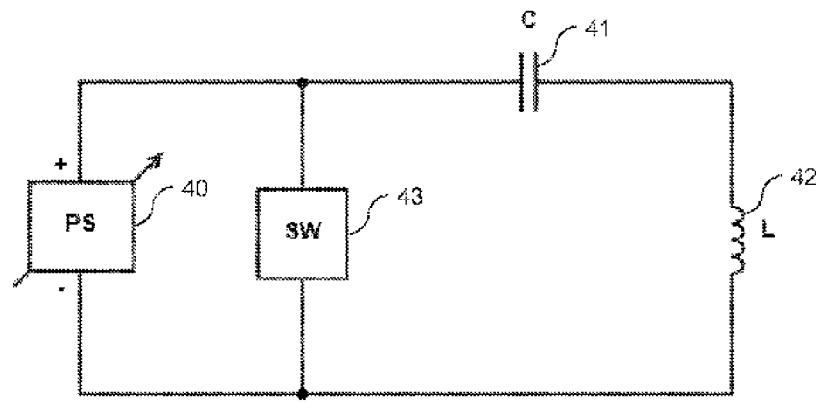


Figura 10

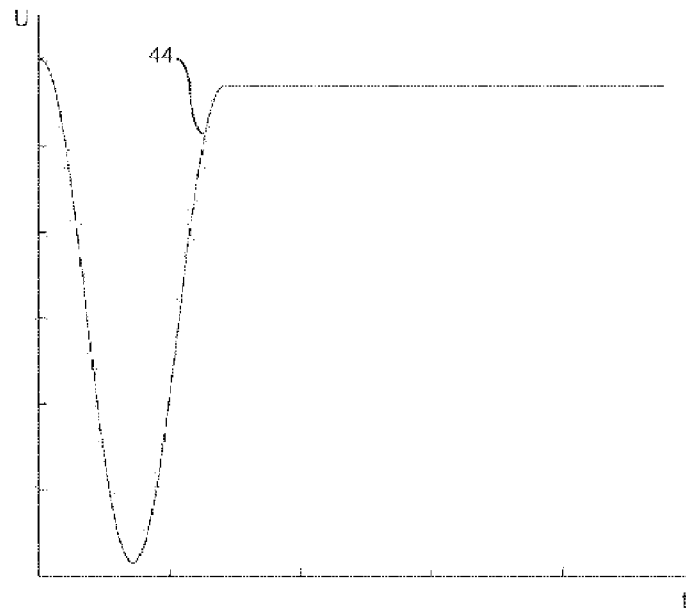


Figura 11

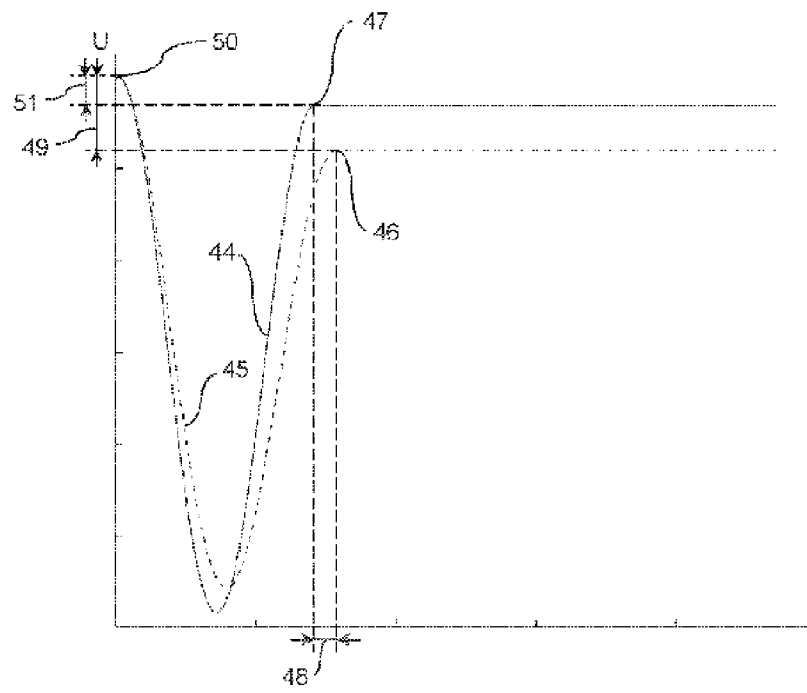


Figura 12A

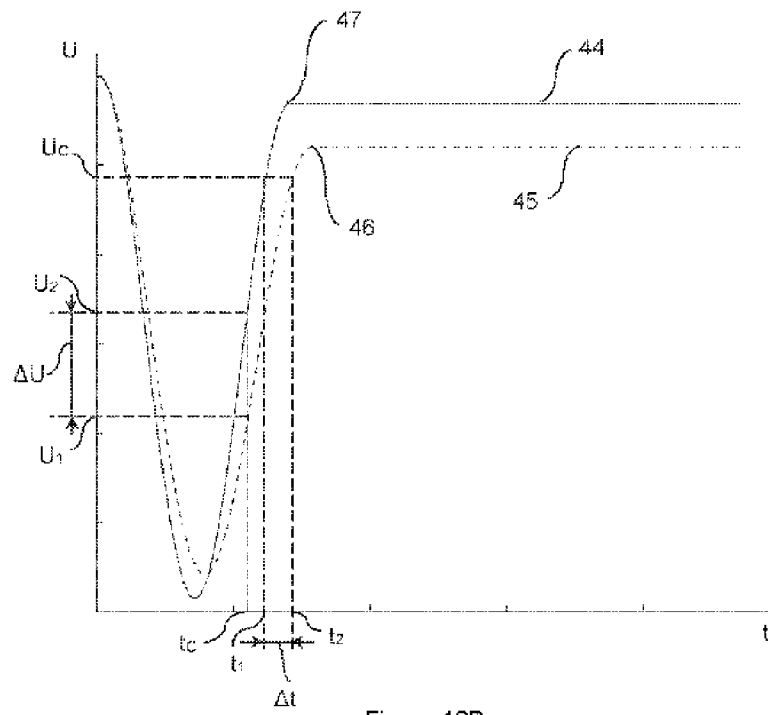


Figura 12B

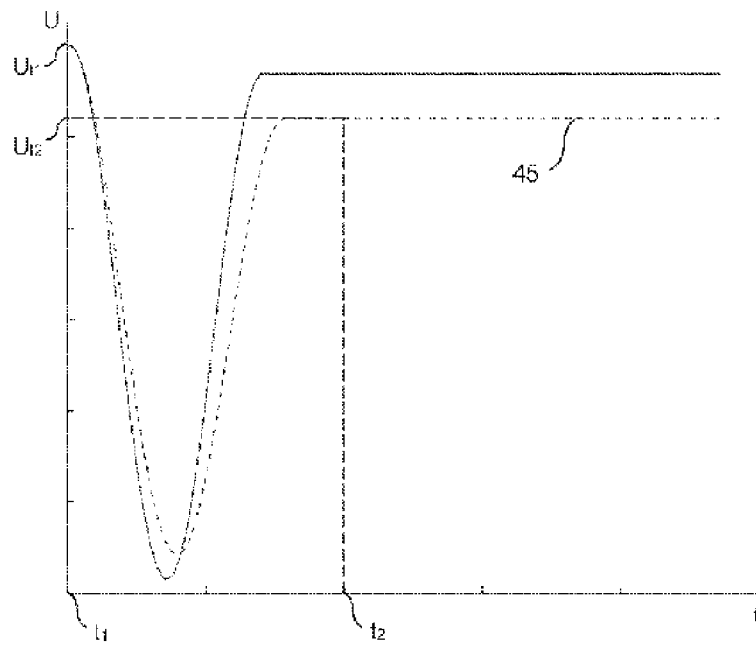


Figura 12C

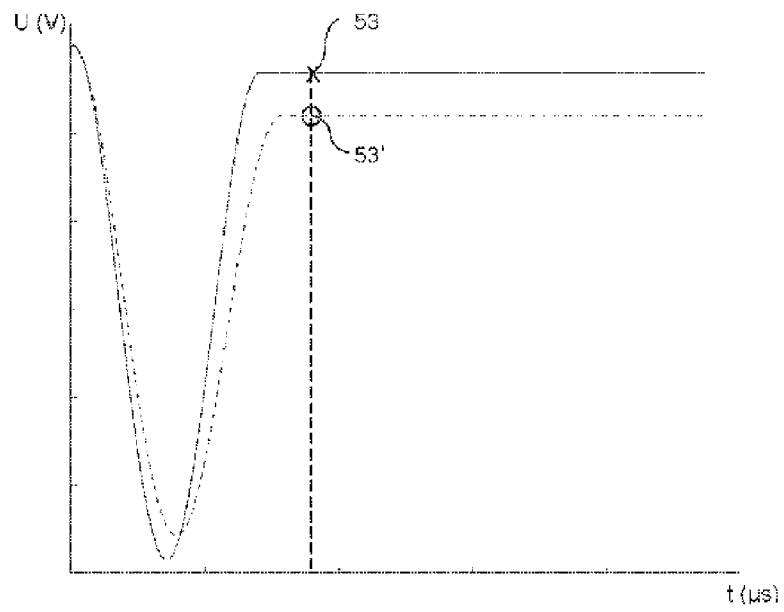


Figura 12D

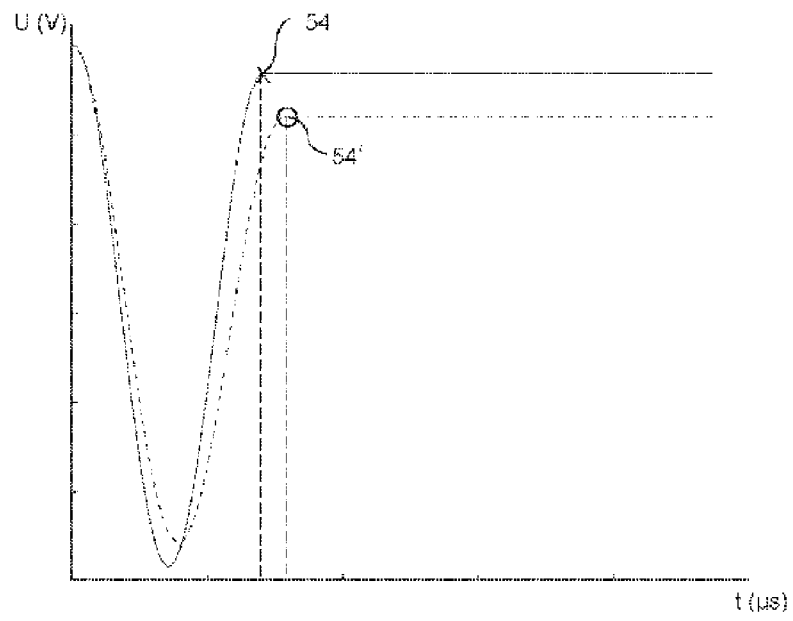


Figura 12E

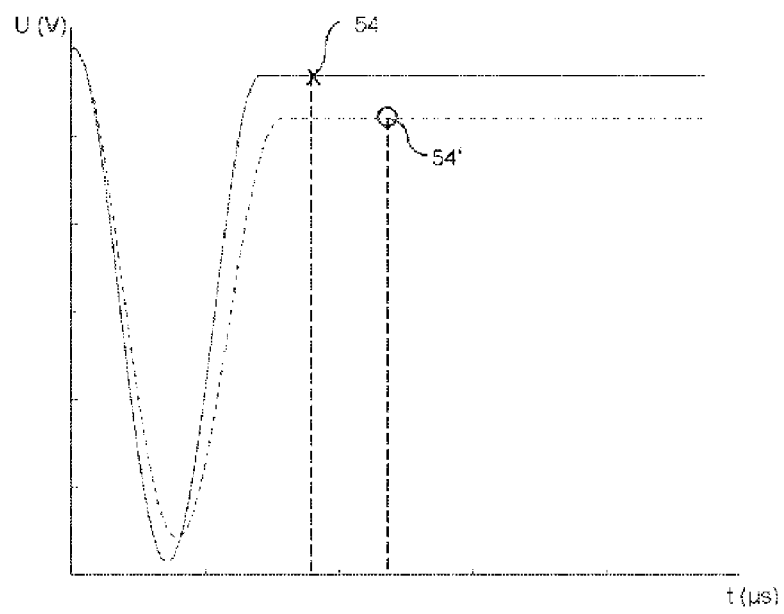


Figura 12F

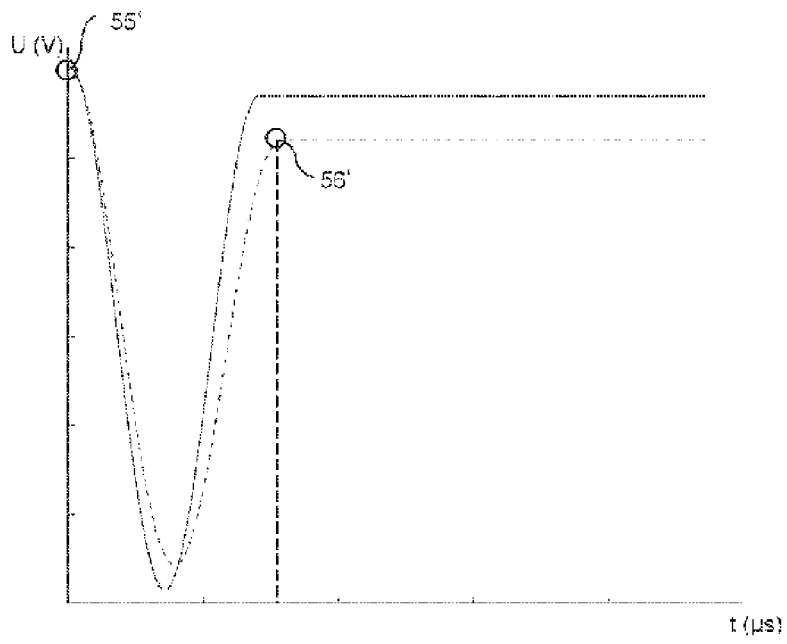


Figura 12G

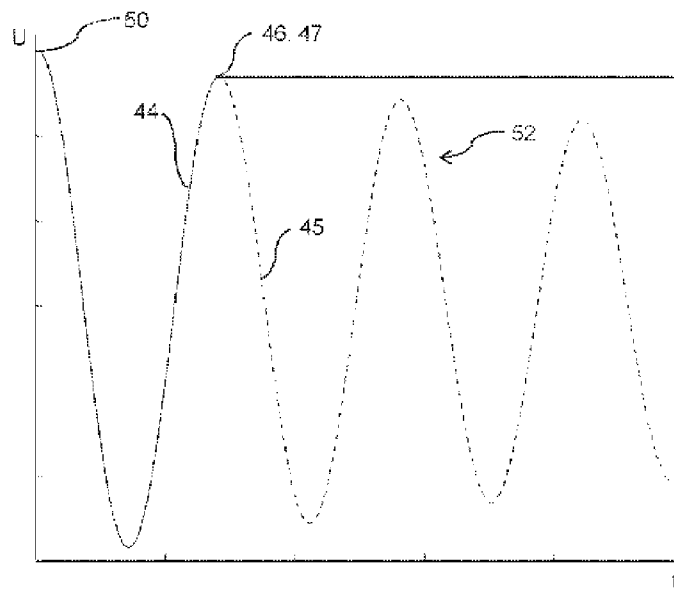


Figura 13

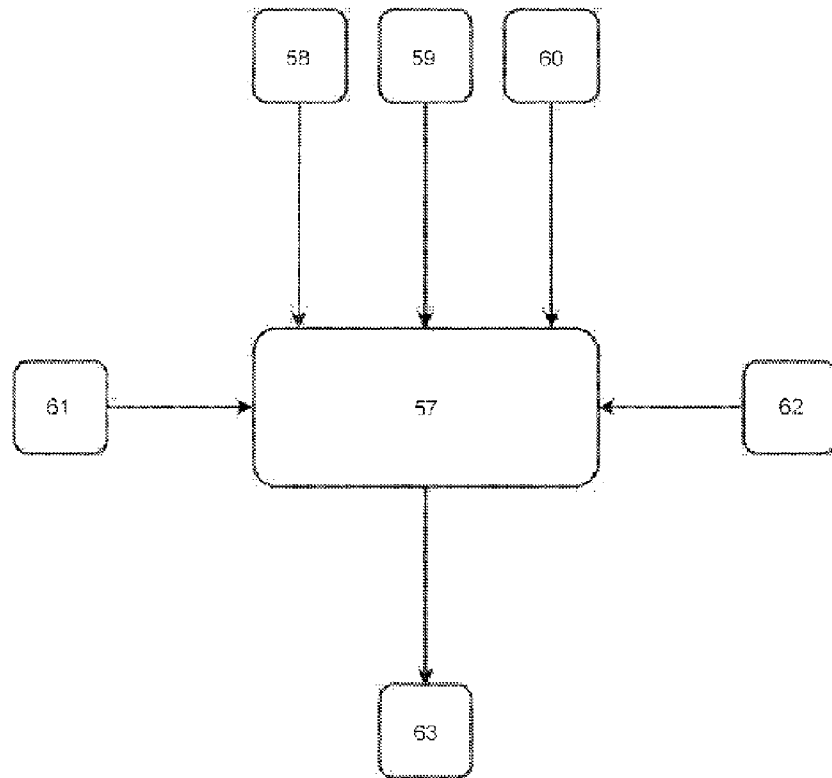


Figura 14

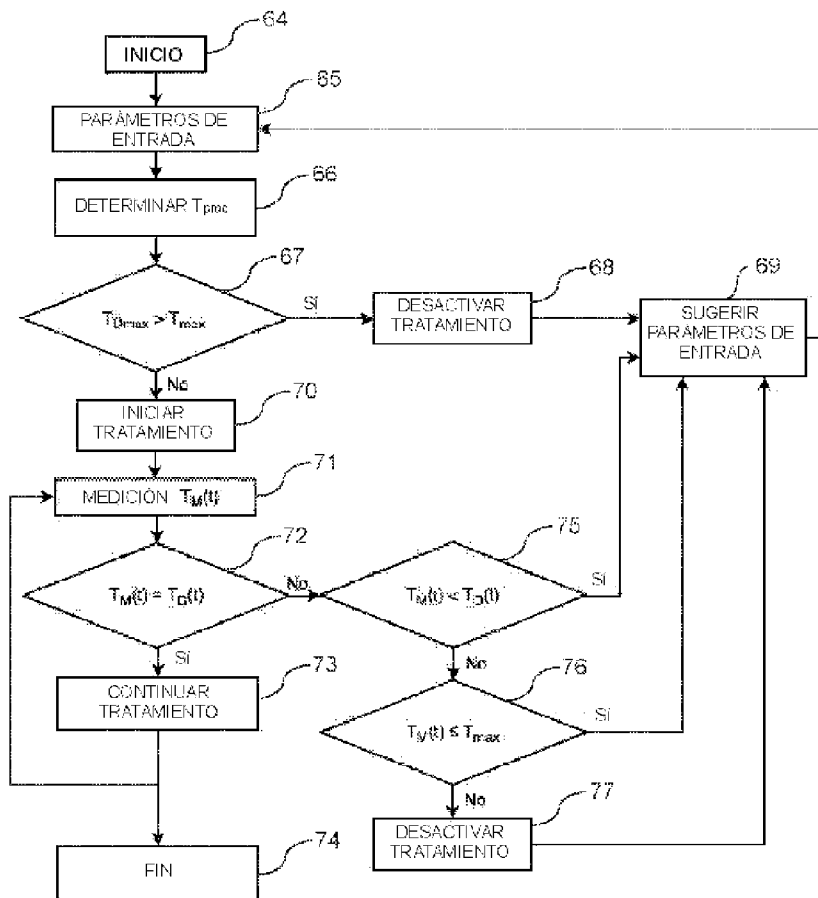


Figura 15

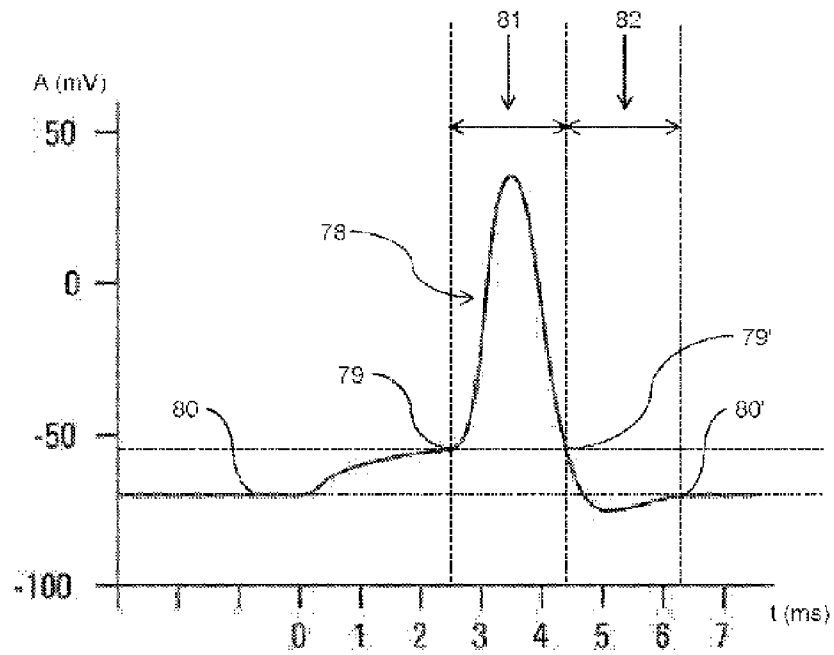


Figura 16

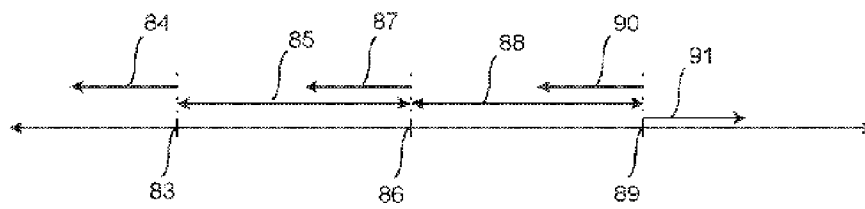
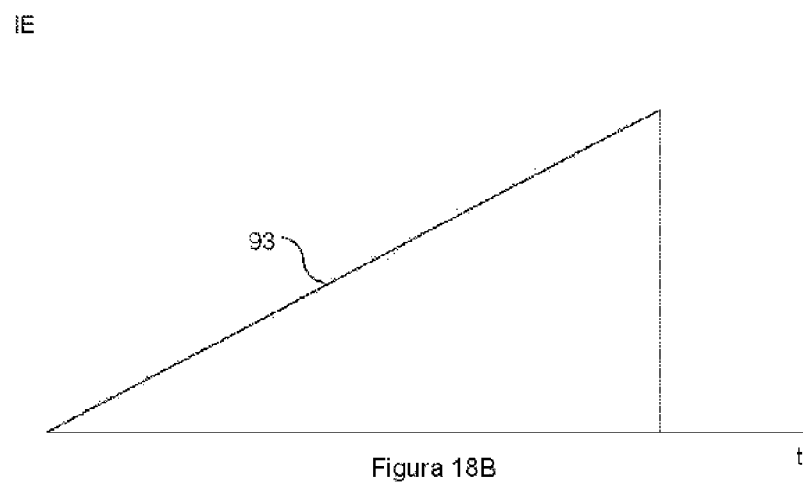
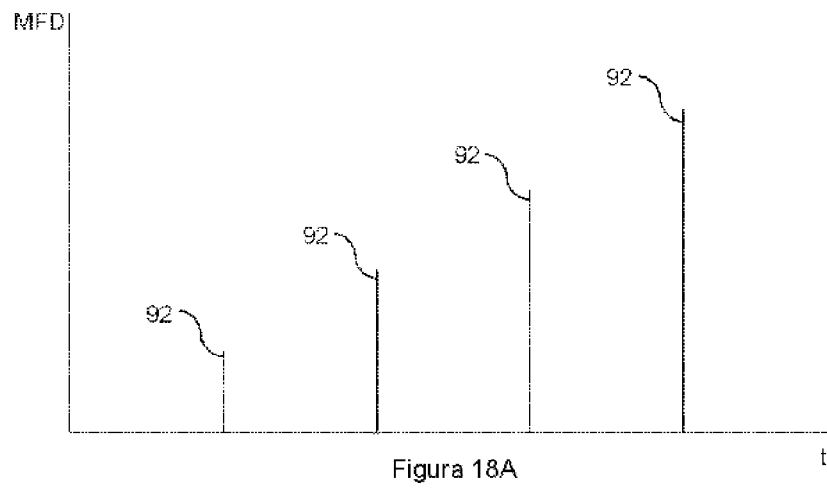


Figura 17



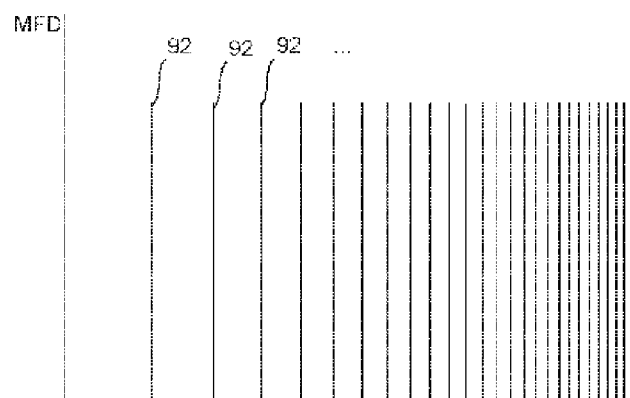


Figura 19A

t

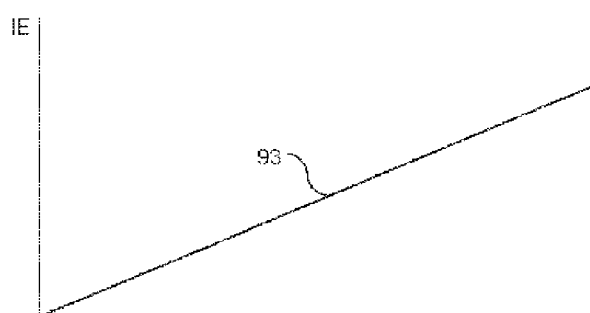


Figura 19B

t

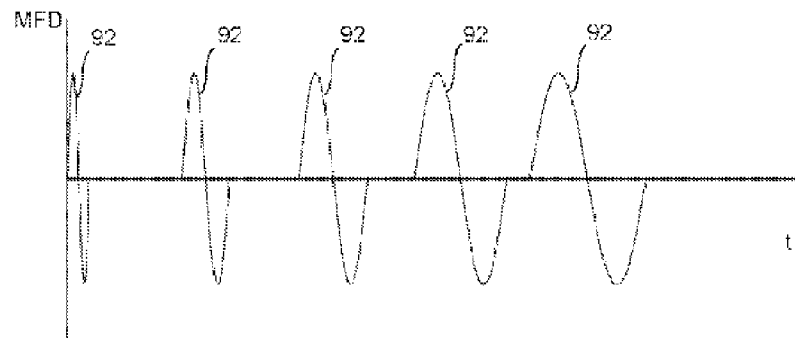


Figura 20A

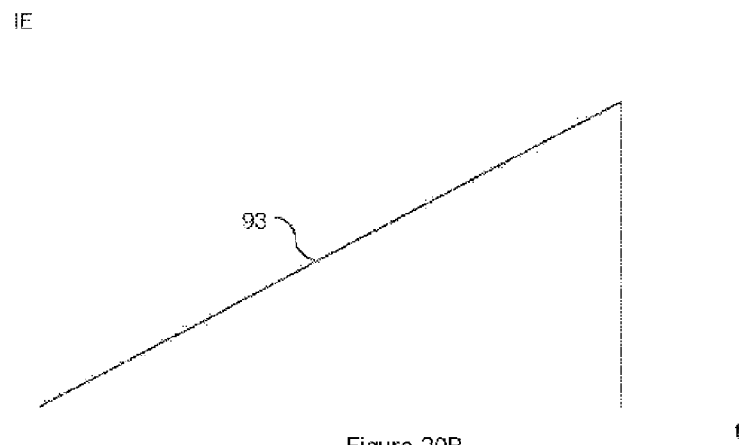


Figura 20B

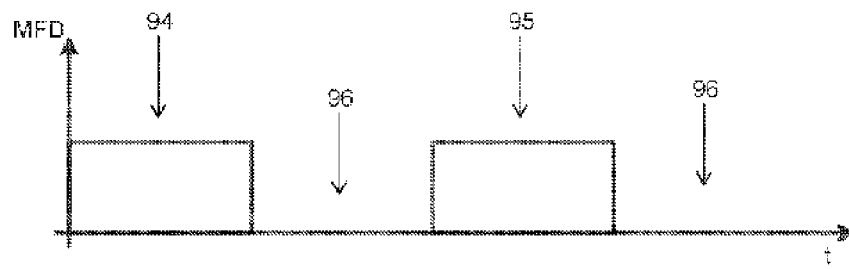


Figura 21

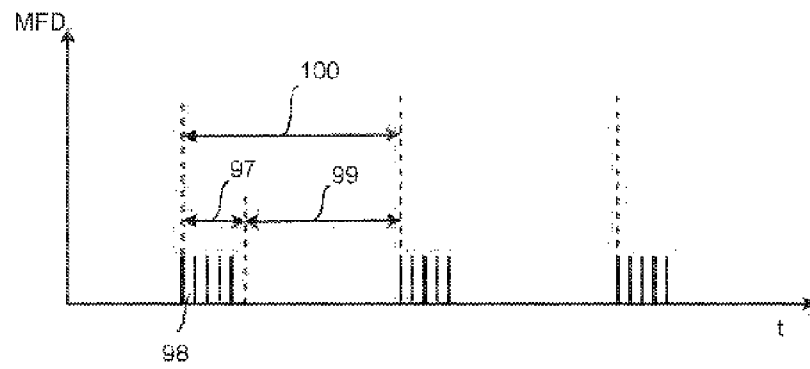


Figura 22

MFD

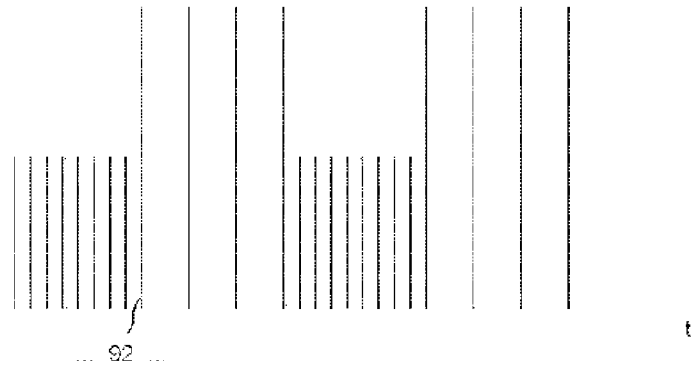


Figura 23A

IE



Figura 23B

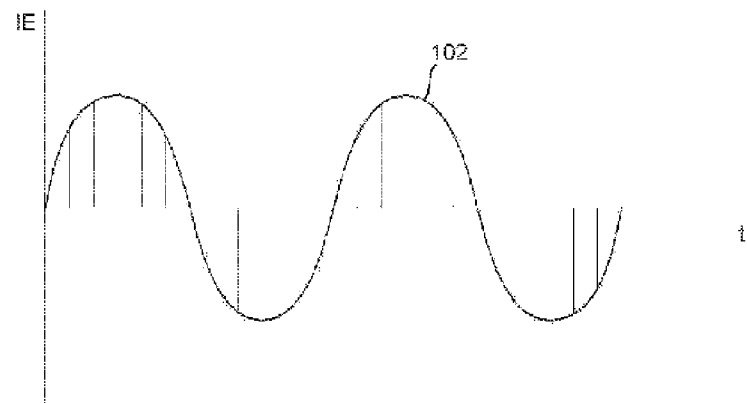


Figura 24A

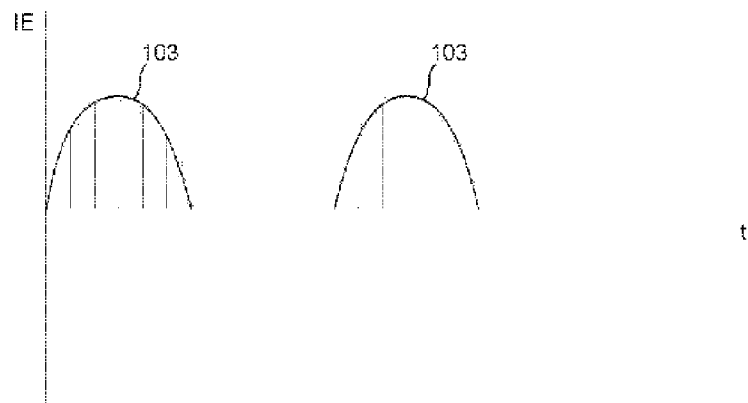


Figura 24B

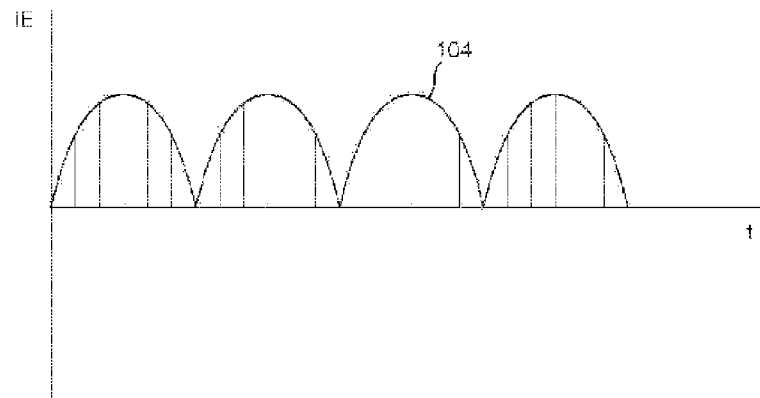


Figura 24C

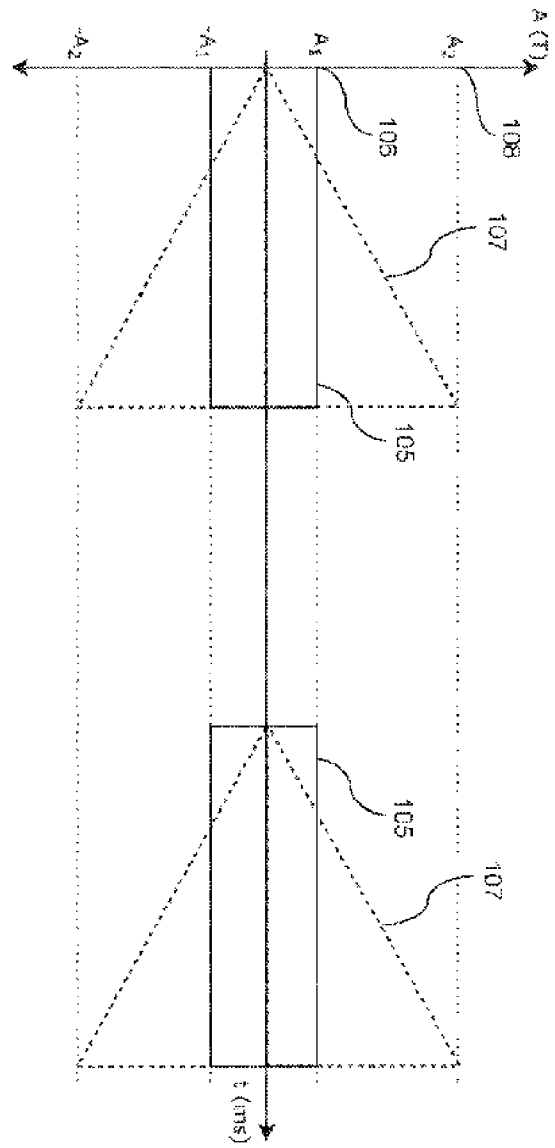


Figura 25