

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 703 600**

51 Int. Cl.:

**A61N 2/00** (2006.01)

**A61N 2/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.06.2014 PCT/FI2014/050447**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.12.2014 WO14195580**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.06.2014 E 14733669 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.10.2018 EP 3003479**

54 Título: **Dispositivo de bobina de estimulación magnética transcraneal multicanal con bobinas de arrollamiento superpuestas**

30 Prioridad:

**03.06.2013 US 201361830181 P**

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

**11.03.2019**

73 Titular/es:

**NEXSTIM OYJ (100.0%)  
Elimäenkatu 9 B  
00510 Helsinki, FI**

72 Inventor/es:

**KOPONEN, LARI;  
ILMONIEMI, RISTO;  
NIEMINEN, JAAKKO y  
JÄRNEFELT, GUSTAF**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 703 600 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Dispositivo de bobina de estimulación magnética transcraneal multicanal con bobinas de arrollamiento superpuestas

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a dispositivos de bobina de estimulación magnética transcraneal multicanal (mTMS). En particular al dispositivo de bobina mTMS que tiene bobinas de arrollamiento superpuestas.

**Antecedentes de la invención**

10 Los dispositivos de bobina TMS típicos tienen una única bobina estándar de la Fig. 8 dentro de una carcasa. Los circuitos dentro o conectados al dispositivo de bobina TMS pueden ajustar principalmente la amplitud y la frecuencia de los pulsos de estimulación. Con el fin de cambiar la posición, la dirección y/o la orientación de un pulso de estimulación, es necesario que el dispositivo de bobina TMS se mueva físicamente a la posición adecuada.

15 En la actualidad, los dispositivos de bobina TMS suelen manejarse a mano por un operario. Existen varias herramientas para ayudar al operario a colocar el dispositivo de bobina TMS en la ubicación correcta y mantenerlo allí. Sin embargo, persisten varios problemas. Un problema importante es que el parámetro más importante para una estimulación precisa es la relación entre el dispositivo de bobina TMS y la cabeza de un paciente. Incluso si el dispositivo de bobina TMS se mantiene quieto y en una buena posición, si el paciente mueve la cabeza, la estimulación ya no será precisa, incluso sin que se mueva el dispositivo de bobina TMS. Como es difícil mantener la cabeza de un paciente perfectamente inmóvil, el problema de la estimulación precisa siempre persistirá si la relación entre el dispositivo de bobina TMS y la cabeza del paciente sigue siendo el factor clave para la precisión.

20 Otros problemas persisten, ya que encontrar la ubicación y la orientación adecuadas de un dispositivo de bobina TMS para proporcionar una estimulación deseada puede ser difícil, incómodo y lento. Por lo tanto, existe la necesidad de una forma de confiar menos en la posición real y en la orientación del dispositivo de bobina TMS en relación con la cabeza de un paciente para una estimulación precisa.

25 Adicionalmente, cuando se usan múltiples bobinas de arrollamiento en una sola carcasa, el número de líneas de entrada y de retorno hacia y desde la carcasa aumenta y puede volverse difícil de manejar, haciendo que el uso del dispositivo de bobina sea un desafío.

El documento JP 2012 125546 describe una bobina de estimulación tradicional.

El documento WO 2013/152355 describe un sistema de bobina múltiple para la estimulación en fase.

**Sumario de la invención**

30 Es otro objetivo de la presente invención proporcionar un dispositivo de bobina de Estimulación Magnética Transcraneal multicanal (mTMS).

Esto se logra mediante un dispositivo de bobina mTMS de acuerdo con la reivindicación independiente 1. Los modos de realización preferentes de la invención se ilustran en las reivindicaciones dependientes.

35 Un aspecto de ciertos modos de realización es proporcionar un dispositivo de bobina mTMS que comprenda: una primera bobina de arrollamiento que tenga una primera línea eléctrica de entrada, una segunda bobina de arrollamiento que tenga una segunda línea eléctrica de entrada, y en el que las primera y segunda bobinas de arrollamiento estén al menos parcialmente superpuestas. De acuerdo con ciertos ejemplos, la mTMS comprende además una carcasa. Las primera y segunda bobinas de arrollamiento se pueden alojar dentro de dicha carcasa. Las primera y segunda bobinas de arrollamiento también se pueden superponer solo parcialmente dentro de la carcasa. Además, más de 2, por ejemplo 3, 4, 5 o más, bobinas de arrollamiento pueden combinarse y superponerse de acuerdo con los modos de realización de la presente invención.

40 Además, pero no de acuerdo con la presente invención, se ilustra un procedimiento para controlar una bobina mTMS.

45 En algunos ejemplos, el procedimiento incluye controlar una primera corriente a través de la primera línea eléctrica para generar un primer campo magnético principal. De acuerdo con ciertos ejemplos, el procedimiento incluye además modificar la posición, la dirección y/o la orientación del campo magnético principal controlando por separado una segunda corriente a través de la segunda línea eléctrica para generar un segundo campo magnético secundario. De acuerdo con ciertos ejemplos, el procedimiento incluye además o de manera alternativa la modificación de la posición, de la dirección y/o de la orientación del campo magnético principal ajustando la posición y/o la orientación de la segunda bobina de arrollamiento con respecto a la primera bobina de arrollamiento.

50 Aun así, es un objetivo de ciertos modos de realización de la presente invención proporcionar un medio legible por ordenador que tenga almacenado en el mismo un conjunto de instrucciones legibles por ordenador para causar que un procesador lleve a cabo las etapas de los procedimientos divulgados en el presente documento.

**Breve descripción de los dibujos**

La Fig. 1 muestra un dispositivo de bobina mTMS.

La Fig. 2 muestra una bobina de arrollamiento estándar de la Fig. 8.

La Fig. 3 muestra un ejemplo eficiente de bobina de arrollamiento de la Fig. 8.

5 La Fig. 4 muestra dos bobinas de arrollamiento separadas de la Fig. 8 y la dirección predeterminada de sus campos eléctricos inducidos previstos.

La Fig. 5 muestra las bobinas de arrollamiento de la Fig. 4 en una configuración superpuesta orientada con un ángulo entre ellas de 90 grados.

10 La Fig. 6 muestra las bobinas de arrollamiento de la Fig. 4 en una configuración superpuesta orientada con un ángulo entre ellos de 120 grados.

Las Figs. 7a-7g muestran combinaciones de ejemplo de bobinas de arrollamiento sin apilar.

La Fig. 8 muestra un ejemplo de un par de bobinas de la Fig. 8 superpuestas en una única carcasa.

**Descripción detallada de los modos de realización a modo de ejemplo**

15 La Fig. 1 muestra un ejemplo de un dispositivo de bobina de Estimulación Magnética Transcraneal multicanal (mTMS) 10. El dispositivo de bobina mTMS 10 tiene una carcasa 14. La carcasa 14 tiene una abertura de cable de entrada 16 para el cableado de entrada/retorno 12. El dispositivo de bobina mTMS 10 puede incluir o no el cableado de entrada/retorno 12 real. Adicionalmente, puede haber más de una abertura 16 y/o más de un cableado de entrada/retorno 12.

20 Dentro de la carcasa 14 del dispositivo de bobina mTMS 10 hay al menos dos bobinas de arrollamiento. Un ejemplo de una bobina de arrollamiento de Estimulación Magnética Transcraneal (TMS) estándar se presenta en la Fig. 2. Tanto las líneas continuas como las punteadas representan cables que juntos forman la bobina de arrollamiento estándar 20. Los cables 21 enrollados en una bobina que están representados con líneas continuas tienen una corriente que pasa a través de ellos en una dirección opuesta a la de los cables 22 enrollados en una bobina que están representados con una línea punteada. Por el contrario, se entiende en sentido horario o en sentido antihorario del flujo de corriente. La misma convención de líneas continuas y punteadas se continúa a través de la aplicación a menos que se indique lo contrario.

25 La bobina de arrollamiento estándar 20 tiene una línea de entrada 24 y una línea de retorno 26. La línea de entrada 24 es para introducir una corriente en la bobina de arrollamiento 20. La línea de retorno 26 es para hacer retornar la corriente, por ejemplo, a un medio de almacenamiento de energía, por ejemplo, un condensador o un banco de condensadores. En algunas implementaciones, la línea de retorno 26 se puede usar para hacer retornar la corriente a un medio de disipación, por ejemplo, una resistencia de potencia o un transistor. En otras implementaciones, parte de la corriente puede hacerse retornar a un banco de condensadores mientras que el resto se pasa a un elemento de disipación. La línea de entrada 24 está típicamente, pero no siempre, conectada a un cable de cruce 23. De manera similar, la línea de retorno 26 está conectada típicamente a un cable de cruce 25. Los cables de cruce se analizarán con más detalle más adelante.

30 Adicionalmente, se presenta en el presente documento una bobina de arrollamiento eficiente 30, como se muestra, por ejemplo, en la Fig. 3. La bobina de arrollamiento 30 eficiente tiene en general la misma construcción que la analizada con respecto a la bobina de arrollamiento estándar 20 anterior. La bobina de arrollamiento eficiente tiene unos primeros cables 31 con corriente que pasa a través de ellos en una primera dirección y unos segundos cables 32 con corriente que pasa a través de ellos en una segunda dirección, opuesta a la primera dirección. Los cables 31 y 32 que forman las bobinas están conectados a las líneas de entrada 34 y de retorno 36 respectivamente, típicamente por los cables de cruce 33 y 35 respectivamente. El diseño de los cables de bobina 31 y 32 lleva a mayores eficiencias sobre la bobina de arrollamiento estándar 20. Adicionalmente, el diseño del cable de cruce puede llevar a mayores eficiencias, junto con o en lugar del diseño de los cables de bobina. Estas ventajas se analizarán con más detalle más adelante. Aunque la mayoría de las figuras muestran un diseño de bobina de arrollamiento eficiente como se analizó con respecto a la Fig. 3, la presente invención se puede aplicar a cualquier diseño de bobina de arrollamiento.

35 Las Figs. 4 y 5 muestran un ejemplo simple de la presente invención. La Fig. 4 muestra una primera bobina de arrollamiento 40 y una segunda bobina de arrollamiento 42. Las primera y segunda bobinas de arrollamiento se muestran con las respectivas líneas eléctricas de entrada y de retorno. La dirección del campo eléctrico inducido por el campo magnético que se generará por la bobina de arrollamiento 40 se muestra como 41. De manera similar, la dirección del campo eléctrico inducido por el campo magnético que se generará por la bobina de arrollamiento 42 se muestra como 43. En la Fig. 4, las primera y segunda bobinas de arrollamiento están orientadas 90 grados entre sí. De manera similar, las direcciones de los campos eléctricos que se van a generar son perpendiculares entre sí.

La dirección 41 del campo eléctrico inducido por el campo magnético que se generará por la bobina de arrollamiento

40 es un ejemplo de la tecnología de corriente típica en los dispositivos de bobina TMS donde la dirección de la corriente que pasa a través de la bobina no puede elegirse libremente durante el funcionamiento. En otras palabras, la onda de corriente en un sistema típico tiene la misma polaridad de un pulso a otro, aunque la amplitud de la onda de corriente puede cambiarse. Sin embargo, en un ejemplo donde los circuitos del dispositivo TMS permiten invertir la dirección de la corriente en una bobina, la dirección del campo eléctrico resultante también podría extenderse hasta 180 grados respecto a la que se muestra actualmente. Además, estos son algunos de los ejemplos más básicos de bobina de arrollamiento de la Fig. 8 con un campo magnético generado directamente y un campo eléctrico inducido. Otros diseños de bobinas de arrollamiento producen diferentes tipos y orientaciones de campos eléctricos inducidos, algunos de los cuales se describirán a continuación.

Cada una de las bobinas de arrollamiento analizadas en el presente documento es para generar un campo magnético y un campo eléctrico inducido cuando una corriente pase a través de ellos. Adicionalmente, aunque en el presente documento se analizan numerosos ejemplos de geometrías de bobinas, dentro del dispositivo de bobina mTMS, la geometría de cada bobina seguirá siendo esencialmente la misma, aunque puede producirse alguna deformación durante el uso. Por tanto, cada bobina de arrollamiento es para generar un campo eléctrico en al menos una dirección y una orientación predeterminadas cuando una corriente pase a través de la bobina. Como se indicó anteriormente, una bobina de arrollamiento puede ser para generar más de un campo eléctrico con una dirección y/o una orientación predeterminadas únicas. Por ejemplo, como se analizó anteriormente, en el que, cuando se invierte una corriente en una bobina, el campo eléctrico resultante diferirá, de una manera predeterminada, del campo eléctrico original.

La Fig. 5 muestra la primera bobina de arrollamiento 40 que se superpone parcialmente a la segunda bobina de arrollamiento 42. La combinación 50 de las dos bobinas de arrollamiento 40 y 42, en la orientación entre sí como se muestra en la Fig. 4, da como resultado el rango de generaciones de campo eléctrico como se muestra en 51, dependiendo de las amplitudes relativas de las corrientes en las bobinas de arrollamiento 40 y 42. Adicionalmente, las líneas de retorno de cada uno de los bobinados 40 y 42 se muestran como 46a y 46b respectivamente.

Al superponer parcialmente las dos bobinas de arrollamiento 40 y 42, es posible generar dos campos eléctricos individuales, una de cada bobina de arrollamiento, que luego creen un campo eléctrico resultante deseado. Al controlar por separado cada una de las bobinas de arrollamiento, es posible tener un rango virtualmente continuo de campos eléctricos resultantes entre las direcciones y orientaciones predeterminadas de cada una de las bobinas de arrollamiento implicadas. Con el ejemplo de las bobinas de arrollamiento 40 y 42, sin la posibilidad de invertir la dirección actual a través de las bobinas de arrollamiento, el rango resultante 51 es de 90 grados, cuando las bobinas están dispuestas con 90 grados entre ellas.

Un ejemplo similar se muestra en la Fig. 6 con una combinación 60 diferente de bobinas de arrollamiento 40 y 42. En la combinación 60, la bobina de arrollamiento 42 se hace rotar 120 grados desde la bobina de arrollamiento 40, lo que da como resultado un rango de campos eléctricos resultantes de 120 grados, como se representa con 61.

Como se muestra en las Figs. 5 y 6, cada una de las bobinas de arrollamiento tiene esencialmente la misma geometría, por ejemplo, la geometría eficiente de la Fig. 8, pero están en diferentes orientaciones. Sin embargo, se pueden usar bobinas de arrollamiento con diferentes geometrías, como se explicará con respecto a al menos las Figs. 7 a continuación.

Como se muestra en los ejemplos de las Figs. 5 y 6, cada una de las bobinas tiene un eje de simetría y un punto central. Las bobinas de arrollamiento tienen típicamente algún eje de simetría, como se muestra, por ejemplo, en las Figs. 7a-f. Adicionalmente, todas las bobinas de arrollamiento tendrán algún punto central, que podría ser un centro de masa o un centro geométrico.

De acuerdo con ciertos ejemplos de la presente invención, al menos dos, o cada una, de las bobinas de arrollamiento tendrán un eje de simetría y un punto central. La combinación superpuesta de bobinas se puede superponer de numerosas maneras. Una manera es que los puntos centrales de las bobinas de arrollamiento se superponen y luego hay un ángulo entre sus respectivos ejes de simetría. Otra manera es con los puntos centrales de las bobinas de arrollamiento desplazadas entre sí, por ejemplo, en el que los puntos centrales no se superponen.

Tomando la Fig. 5 como ejemplo, cuando la corriente solo pasa a través de la bobina 40, el campo eléctrico resultante estará en la dirección 41. De manera similar, cuando la corriente solo pasa a través de la bobina 42, el campo eléctrico resultante estará en la dirección 43. Sin embargo, si la corriente pasa a través de ambas bobinas simultáneamente, el campo eléctrico resultante será la suma de ambos campos eléctricos individuales y puede ser cualquier cosa entre las direcciones 41 y 43. En un ejemplo donde la corriente en cada bobina de arrollamiento podría invertirse durante el funcionamiento, el campo eléctrico resultante podría generarse luego en cualquier lugar dentro de un rango de 360 grados.

Si bien las bobinas de arrollamiento pueden tener la misma geometría y las mismas características, también pueden ser diferentes, como se muestra en las Figs. 7a-g. Aunque no necesariamente, las bobinas de arrollamiento se analizarán en el presente documento como una bobina de arrollamiento principal y bobinas de arrollamiento secundarias. Sin embargo, cualquiera de las bobinas de arrollamiento podría ser igual o subordinada a otras en funcionamiento, independientemente de su descripción en el presente documento.

Como ejemplo, una primera bobina de arrollamiento 71 es una bobina de arrollamiento principal y es para generar un primer campo eléctrico principal inducido. Como una bobina de la Fig. 8 es la bobina estándar en dispositivos de bobina TMS, se usa en el presente documento como la primera bobina de arrollamiento. Sin embargo, cualquiera de las otras bobinas de arrollamiento podría considerarse la primera bobina de arrollamiento. Luego, una o más bobinas de arrollamiento secundarias adicionales se pueden superponer con la primera y crear campos eléctricos secundarios.

La dirección y/o la orientación predeterminadas del campo eléctrico que se generará por una bobina de arrollamiento secundaria sería, por lo tanto, típicamente diferente de la de la primera bobina de arrollamiento. Además, las bobinas de arrollamiento secundarias pueden considerarse como para generar un campo eléctrico que sea para alterar alguna propiedad del primer campo eléctrico principal. Por ejemplo, una o más bobinas de arrollamiento secundarias pueden ser para alterar, juntos o por separado, la dirección, la posición y/u la orientación del campo eléctrico de la primera bobina de arrollamiento. De manera similar, mientras que las bobinas se superponen físicamente, se superponen típicamente en al menos una dirección predeterminada de un campo eléctrico que se vaya a generar por al menos una de las bobinas de arrollamiento.

Sin embargo, como se explica con más detalle a continuación, los ejemplos de la presente invención pueden incluir una o más bobinas de arrollamiento idénticas totalmente superpuestas entre sí, aunque no se muestran en las figuras. Un uso potencial para esto sería controlar los pulsos por separado, ya sea en diferentes momentos y/o simultáneamente, para diferentes ventajas.

Los diferentes tipos de bobinas que se superponen y la manera en que se superponen determinan los tipos de controles que la combinación tiene sobre el campo eléctrico resultante.

En las Figs. 7a-g, la corriente fluye en sentido antihorario en los cables discontinuos y en sentido horario en cables sólidos negros. Estos cables se calcularon para superficies curvas y se proyectan en un plano usando una proyección equidistante azimutal. La forma exacta de la bobina de arrollamiento puede depender de una curvatura seleccionada, de la profundidad del objetivo, del tamaño máximo de la bobina y de diversas otras variables. Esta dependencia es visible en las formas ligeramente variadas para las derivadas de primer orden en diferentes conjuntos. Aquí, esta variación se debe a los algoritmos numéricos usados para generar las bobinas. Obsérvese que también el número de giros en las bobinas se puede cambiar para producir bobinas con las propiedades deseadas.

Las Figs. 4-6 muestran lo que llamamos aquí bobinas de arrollamiento derivadas de orden  $0^\circ$  40 y 42. La combinación de estas bobinas de arrollamiento, como se analizó, permite la rotación del campo eléctrico.

La Fig. 7a muestra una bobina de arrollamiento derivada de orden  $0^\circ$  71 y una bobina de arrollamiento derivada de  $1^\text{er}$  orden 72. La combinación de estas bobinas de arrollamiento permite ajustes verticales de una posición de destino de un campo eléctrico resultante.

La Figura 7b muestra una bobina de arrollamiento derivada de orden  $0^\circ$  71 y una bobina de arrollamiento derivada de  $1^\text{er}$  orden 73. La combinación de estas bobinas de arrollamiento permite ajustes horizontales de una posición de destino de un campo eléctrico resultante.

La Fig. 7c muestra dos bobinas de arrollamiento derivadas de orden  $0^\circ$  71 y 75, en diferentes orientaciones que se intercalan con una bobina de arrollamiento derivada de  $1^\text{er}$  orden 74. La combinación de estas tres bobinas de arrollamiento permite ajustes verticales de una posición de destino y corrección de orientación de un campo eléctrico resultante.

La Fig. 7d muestra dos bobinas de arrollamiento derivadas de orden  $0^\circ$  71 y 75, en diferentes orientaciones con una bobina de arrollamiento derivada de  $1^\text{er}$  orden 73. La combinación de estas tres bobinas de arrollamiento permite el ajuste horizontal de una posición de destino con la corrección de orientación del campo eléctrico resultante.

La Fig. 7e muestra dos bobinas de arrollamiento derivadas de orden  $0^\circ$  71 y 75, en diferentes orientaciones que se intercalan con una bobina de arrollamiento derivada de  $1^\text{er}$  orden 72 y también con una bobina de arrollamiento derivada de  $1^\text{er}$  orden 73. La combinación de estas cuatro bobinas de arrollamiento permite el ajuste horizontal y vertical de una posición de destino junto con la corrección de orientación del campo eléctrico resultante.

La Fig. 7f muestra dos bobinas de arrollamiento derivadas de orden  $0^\circ$  75 y 71, en diferentes orientaciones con tres bobinas de arrollamiento derivadas de  $1^\text{er}$  orden, 76 y dos de 73 en diferentes orientaciones. La combinación de estas cinco bobinas de arrollamiento permite el ajuste horizontal y vertical de una posición objetivo junto con orientaciones arbitrarias del campo eléctrico resultante dentro del rango de posibles orientaciones, dependiendo de si el circuito actual es capaz de invertir las polaridades de la onda de corriente o no.

La Fig. 7g muestra un ejemplo de una matriz de bobina de cobertura de capa ortogonal de 12 bobinas. La matriz de bobinas puede tener bobinas superpuestas grandes y delgadas. Como se puede ver en las figuras, las bobinas individuales no tienen todas un eje de simetría, pero todas tienen un centro.

En todos los ejemplos hasta ahora, el procedimiento ideal de superposición de las bobinas de arrollamiento es organizar sus puntos centrales para que se superpongan sustancialmente. La Figura 8 es un ejemplo de las bobinas

combinadas 82 alojadas dentro de la carcasa 81a de un dispositivo de bobina mTMS 80. Las bobinas combinadas 82, similares a las que se muestran en la Fig. 5, tienen cada una línea de entrada 84 y 85 y líneas de retorno 87 y 86. En el presente ejemplo, las líneas de retorno 87 y 86 de los dos cables están conectadas, a través de un conector 88, a una única línea de retorno 89. La única línea de retorno y las líneas de entrada están alojadas en el cableado 81b del dispositivo de bobina mTMS 80 del presente ejemplo. El único retorno se describirá con más detalle a continuación.

Como se ve en el ejemplo de la Fig. 8, las primera y segunda bobinas de arrollamiento solo se superponen parcialmente dentro de la carcasa 81a. Esencialmente, las bobinas de arrollamiento están apiladas con una bobina de arrollamiento encima de la otra bobina de arrollamiento. Típicamente, las bobinas de arrollamiento estarán separadas eléctricamente entre sí. Las porciones de las bobinas de arrollamiento pueden estar conectadas eléctricamente, por ejemplo, a través del conector 88 que conecta las líneas de retorno 87 y 86 de cada una de las bobinas de arrollamiento de la combinación 82.

En la mayoría de los casos, la posición y la orientación de las bobinas secundarias se fijarán con respecto a la posición y a la orientación de la primera bobina de arrollamiento. Por ejemplo, cuando se usa en la estimulación de TMS navegada, es importante conocer la posición y la orientación de todas las bobinas de arrollamiento en un dispositivo de bobina durante la estimulación para conocer el campo eléctrico exacto que se genera. Sin embargo, la posición y/o la orientación de una o más de las bobinas se puede ajustar con respecto a otra bobina de arrollamiento o a varios arrollamientos durante el funcionamiento. En dichos ejemplos, es importante que la posición y la orientación de cada bobina se conozcan o puedan derivarse. La posibilidad de ajustar la relación física entre dos o más bobinas durante la operación añade un grado adicional de control al control general del campo eléctrico resultante. Algunos ejemplos de esto como tal se describirán a continuación.

Adicionalmente, aunque se ha descrito que la combinación de múltiples bobinas implica en general alinear y superponer los puntos centrales de las múltiples bobinas, los puntos centrales también pueden desplazarse. Cuando se superponen los puntos centrales, se puede elegir cualquier punto central, por ejemplo, el centro de simetría o el centro de gravedad.

En una combinación con más de 2 bobinas de arrollamiento, no todas las bobinas de arrollamiento necesitan solaparse con todas las otras bobinas de arrollamiento. Si bien todas las bobinas de arrollamiento pueden superponerse, una bobina puede superponer dos bobinas separadas que no se superpongan entre sí. Adicionalmente, otras bobinas no superpuestas se pueden alojar en la carcasa del dispositivo de bobina mTMS y no se superponen con ninguna de las otras bobinas.

Si bien se han descrito las bobinas principal y secundaria y los campos eléctricos, en las implementaciones típicas, una bobina no es significativamente más fuerte que otras bobinas. En estas implementaciones típicas, todas las bobinas son casi igualmente importantes, aunque se las puede denominar simplemente principal y secundaria.

Las combinaciones de bobinas son típicamente una combinación, o una combinación aproximada, de derivadas espaciales de orden bajo de un campo eléctrico vectorial 2D/3D inducido por una bobina TMS focal en algún punto. Para 2D, esto puede ser, por ejemplo, cualquier combinación de las bobinas de arrollamiento mostradas en las Figs. 7a-g o de diseños 2D similares. La combinación puede ser una combinación lineal, por ejemplo, los pares de suma y resta de las bobinas de arrollamiento de componentes. La combinación también puede ser una combinación no lineal, por ejemplo, una media bobina de una bobina de arrollamiento y otra media bobina de otra bobina de arrollamiento. La combinación también se puede construir a partir de bobinas de arrollamiento que no se deriven como derivadas espaciales de formas de bobina básicas.

Las bobinas de arrollamiento de una combinación pueden ser ortogonales con respecto a una o más de las otras bobinas de arrollamiento. Sin embargo, también son posibles combinaciones no ortogonales de las bobinas. La ortogonalidad puede dar como resultado una inductancia mutua de cero. Además, la ortogonalidad puede dar como resultado que los campos de avance de la bobina de arrollamiento sean ortogonales en el espacio de los patrones de corriente inducidos.

La eficiencia de las bobinas de arrollamiento se puede efectuar por la forma de los cables de la bobina de arrollamiento, así como las dimensiones de los cables. Además de TMS, hay otros usos para las combinaciones de bobinas. Para usos tales como la magnetoencefalografía (MEG), un cable delgado, por ejemplo con un diámetro del orden de 0,1 mm o menos, puede ser ideal. Para usos tales como TMS, el diámetro del cable debe ser suficiente para alojar corrientes altas. Sin embargo, los cables gruesos pueden requerir corrientes más grandes, debido al aumento de la distancia a un objetivo deseado y al menor número de bucles. Por lo tanto, el diámetro de la bobina de arrollamiento se puede seleccionar según el uso previsto del dispositivo de bobina.

Adicionalmente, las dimensiones del cable de la bobina de arrollamiento pueden variar a lo largo de la trayectoria de la bobina de arrollamiento. Por tanto, por ejemplo, se pueden usar cables de cruce más finos, o incluso cables aplanados, en ciertas secciones. Por tanto, se puede crear una bobina más delgada y/o una bobina de arrollamiento más apilable.

El área de sección transversal de las bobinas de arrollamiento se puede variar, por ejemplo, teniendo un cable más pequeño en ciertas partes. Además, se puede usar un filamento no circular, por ejemplo, cuando el cable de cruce se

gire 90 grados. Dicho uso permite más bucles de bobina mientras mantiene el grosor del cruce más pequeño que un filamento circular.

Como se analiza en el presente documento, un cable significa cualquier material que tenga una conductancia distinta de cero. Adicionalmente, se puede usar un cable para formar trayectorias de conducción aisladas de los alrededores. El material puede ser superconductor de T<sub>c</sub> alto o bajo o material conductor normal.

Los dispositivos de bobina mTMS descritos en el presente documento se pueden usar para estimular una ubicación objetivo en o dentro del cerebro de un sujeto. La electrónica de estimulación puede incluir transistores IGBT, MOSFET, tiristores u otros componentes adecuados. La polaridad de la onda de corriente de estimulación puede ser fija o puede ser controlable. Si es controlable, puede ser controlable con retransmisores o transistores, por ejemplo.

El número de canales en la electrónica de estimulación puede ser igual o menor que el número de bobinas en el dispositivo mTMS. Cada bobina puede tener sus propios componente(s) electrónico(s) y condensador(es). Si hay menos canales electrónicos que bobinas, la electrónica se puede conectar a las bobinas que se necesiten para suministrar un estímulo determinado en un momento dado. Las conexiones a las bobinas deseadas se pueden cambiar de forma manual o electrónica, por ejemplo, con conmutadores.

La electrónica puede incluir un controlador que controle el flujo general de corriente hacia la combinación de bobinas en el dispositivo de bobina mTMS. Un controlador puede estar presente para controlar por separado la corriente en cada una de las líneas de entrada eléctricas de las bobinas de arrollamiento. Adicionalmente, al menos un controlador puede controlar la corriente en al menos dos líneas de entrada eléctricas de bobinas de arrollamiento.

Adicionalmente, de acuerdo con ciertos modos de realización de la presente invención, existe un procedimiento para controlar una bobina de mTMS de acuerdo con cualquiera de los modos de realización y ejemplos divulgados en el presente documento.

Una bobina mTMS se puede controlar controlando una primera corriente a través de una línea eléctrica de una primera bobina de arrollamiento para generar un primer campo eléctrico. Como se analizó anteriormente, para los propósitos del análisis, el primer campo eléctrico puede considerarse un campo eléctrico principal.

Adicionalmente, la posición, la dirección y/o la orientación del campo eléctrico principal pueden modificarse controlando por separado al menos una segunda corriente a través de al menos una segunda línea eléctrica para generar al menos un campo magnético secundario que induzca al menos un campo eléctrico secundario.

La posición, la dirección y/o la orientación del campo eléctrico principal también pueden modificarse ajustando la posición y/o la orientación de la segunda bobina de arrollamiento con respecto a la primera bobina de arrollamiento.

Los presentes procedimientos pueden incluir el control de múltiples bobinas de arrollamiento, como se muestra, por ejemplo, en las Figs. 7a-g.

Además, el procedimiento puede incluir la etapa de generar al menos dos pulsos magnéticos, con diferentes puntos de destino y/u orientaciones. Esto se puede hacer con el dispositivo de bobina mTMS en las mismas ubicación y/u orientación. Por ejemplo, con un dispositivo de bobina mTMS 80 de la Fig. 8, al controlar la corriente en ambas bobinas de la Fig. 8, es posible disparar múltiples pulsos desde las mismas posición y orientación de la carcasa pero con el campo eléctrico inducido desde el campo magnético resultante estando en diferentes direcciones como se analizó con respecto a la Fig. 5.

Adicionalmente, los pulsos magnéticos múltiples, dos o más, pueden aparecer en un corto período de tiempo, por ejemplo, de 200 microsegundos a 2 segundos. Las bobinas de arrollamiento pueden controlarse de manera que al menos dos de las bobinas de arrollamiento produzcan un campo magnético al mismo tiempo. Adicionalmente, las bobinas de arrollamiento pueden controlarse de manera que al menos dos bobinas de arrollamiento produzcan un campo magnético a la misma frecuencia. Por tanto, las al menos dos bobinas de arrollamiento afectarán entre sí los campos eléctricos inducidos en cada pulso. Al controlar las corrientes de manera diferente para los diferentes pulsos, los campos eléctricos inducidos pueden cambiar rápidamente sin la necesidad de mover físicamente el dispositivo de bobina mTMS.

Adicionalmente, las al menos dos bobinas de arrollamiento pueden controlarse de manera que las al menos dos bobinas de arrollamiento produzcan un campo magnético en diferentes frecuencias. Por ejemplo, una puede producir pulsos a 10 Hz, mientras que otra bobina de arrollamiento produce pulsos a 5 Hz. Por lo tanto, algunos pulsos pueden estar superpuestos, mientras que otros no. Además, al menos dos bobinas de arrollamiento pueden controlarse de manera que sus pulsos nunca o rara vez se superpongan. Un ejemplo de este tipo podría usarse para aumentar la velocidad de los pulsos escalonando dos bobinas superpuestas total o parcialmente.

Otras variaciones son posibles. Por ejemplo, alguna(s) bobina(s) de una combinación puede(n) controlarse de manera bifásica, mientras que otra(s) de la combinación se controla(n) de manera monofásica. Alguna(s) bobina(s) podría(n) producir pulsos lentos en comparación con otra(s) bobina(s) que produce(n) pulsos más rápidos. Se pueden generar dos pulsos que esencialmente oscilan, tienen diferentes frecuencias, frecuencias resonantes o difieren de otra manera.

5 El procedimiento puede incluir además la etapa de determinar una ubicación y/u orientación del dispositivo de bobina mTMS. Además, el procedimiento puede incluir la etapa de determinar una ubicación y orientación deseadas de un objetivo para un campo eléctrico inducido y/o un campo magnético generado. Estos pueden ser una etapa típica de TMS navegadas. Luego, al controlar por separado la generación de campos magnéticos a partir de la bobina de arrollamiento múltiple, es posible generar un campo magnético y/o un campo eléctrico inducidos, con una orientación deseada en el sitio objetivo.

10 Un procedimiento también puede incluir las etapas para seleccionar una nueva ubicación y/u orientación de destino para que se genere un campo magnético/eléctrico, y controlar por separado la generación de campos magnéticos desde las primera y segunda bobinas de arrollamiento del dispositivo de bobina mTMS para generar un campo magnético/eléctrico deseado para el nuevo objetivo sin ajustar la ubicación u orientación del dispositivo de bobina mTMS.

15 Sin el uso de un dispositivo de bobina de mTMS de acuerdo con la presente invención, alguien que use un dispositivo de TMS necesita alinear la posición física y la orientación física de un dispositivo de bobina de TMS para producir un estímulo deseado. Si el usuario se mueve durante la estimulación, tiene problemas para estabilizar el dispositivo de bobina TMS en una posición o tiene dificultades para usar el dispositivo y luego proporcionar una estimulación precisa y deseada con un operario humano puede ser bastante difícil. Al usar el dispositivo y el procedimiento actuales, dependiendo de la combinación de bobina de arrollamiento, el usuario sólo necesita alinear en general el dispositivo de bobina mTMS cerca de una ubicación deseada y el sistema puede compensar cualquier alineamiento incorrecto mediante el control de las diferentes bobinas de arrollamiento.

20 Los procedimientos descritos aquí también pueden llevarse a cabo por un programa informático almacenado en un medio legible por ordenador transitorio o no transitorio.

25 Otros modos de realización también incluyen un procesador y/o un ordenador. Ejemplos de ordenadores son, por ejemplo, un ordenador tradicional, una o más de sus variantes, por ejemplo, un teléfono móvil, una tablet o un dispositivo personalizado. También se puede incluir un producto de programa informático y/o un sistema electrónico de control para controlar el objetivo de estimulación y los parámetros.

30 Se puede considerar que un objetivo de estímulo es, por ejemplo, una ubicación de estímulo única con una orientación y un ancho de estímulo dados, una ubicación de estímulo única con un conjunto de estímulos diferentes (por ejemplo, estímulos con diferentes direcciones, intensidades, duraciones o anchos), o puede consistir en o comprender varias ubicaciones espacialmente distintas que se estimulen. Se pueden estimular diferentes objetivos simultáneamente, o con los retardos deseados. Algunos de los objetivos se pueden estimular simultáneamente mientras que otros se estimulan por separado. La secuencia de estimulación puede especificarse por el usuario o puede calcularse algorítmicamente. La TMS repetitiva también se incluye como una opción dentro de este marco.

35 Cuando se deba estimular un objetivo, el producto del programa informático puede calcular las corrientes de las bobinas de arrollamiento y/o sus formas de onda necesarias para suministrar el estímulo deseado al objetivo. El procedimiento computacional se puede basar, por ejemplo, en un modelo de cabeza esférica, un procedimiento de elementos de contorno o un procedimiento de elementos finitos. Esta computación se puede realizar esencialmente en línea antes de un estímulo dado o la computación puede basarse en el uso de una tabla de búsqueda y en el uso de valores de parámetros precomputados (con posibles términos de corrección, por ejemplo, si las amplitudes/onda de corriente necesitan escalarse), se considera como cómputo fuera de línea.

40 La disposición de bobina de arrollamiento múltiple permite cambiar el objetivo del estímulo (o la orientación del estímulo) sin mover (o hacer rotar) la(s) bobina(s). El usuario puede especificar el (los) objetivo(s) de estimulación usando un producto de programa informático, un parámetro de programa informático o moviendo la bobina a una posición deseada. Esto puede permitir cambiar la región de estimulación/cambiar la orientación del estímulo, si la bobina mTMS tiene un rango limitado de objetivos que puede estimular, por ejemplo, si puede estimular solo en cierta dirección.

45 El producto de programa informático puede incluir una imagen anatómica, tal como, por ejemplo, una resonancia magnética, una imagen de tomografía computarizada, una fotografía o un modelo CAD, de la cabeza/cerebro de un sujeto, en la que un usuario puede marcar un objetivo de estímulo deseado. Por lo tanto, el producto de programa informático puede saber qué objetivos desea estimular el usuario. El producto de programa informático también puede realizar un seguimiento de los objetivos que se han estimulado.

50 La orientación electrónica puede tener en cuenta el movimiento de la bobina o de la cabeza. Esto puede basarse en la medición de la posición respectiva de la cabeza y de la bobina. Por tanto, cuando la bobina y la cabeza se mueven una con respecto a la otra, el producto de programa informático ajusta los parámetros de estímulo en consecuencia, de modo que el estímulo deseado, por ejemplo, una intensidad de campo eléctrico dada, se entrega al objetivo. Este tipo de ajuste se puede realizar también cuando la bobina se ajusta para adaptarse a la cabeza del sujeto, por ejemplo, deformando las bobinas o colocando los módulos de la bobina. Si una bobina mTMS, o una de un conjunto de bobinas mTMS, tiene solo una cobertura parcial de una región objetivo, el producto de programa informático puede ayudar al usuario a colocar la bobina lo suficientemente cerca del objetivo para que se pueda suministrar un estímulo deseado

al objetivo.

Como se mencionó anteriormente, la secuencia de estímulo puede basarse en un patrón especificado por el usuario o puede diseñarse de forma algorítmica, por ejemplo, usando retroalimentación del sistema, por ejemplo, datos de electroencefalografía (EEG) medidos o señales eléctricas de los músculos. El dispositivo mTMS se puede usar junto con EEG u otra modalidad de medición fisiológica que pueda dar retroalimentación al sistema de estimulación. La retroalimentación puede ser automática (como datos EEG) o puede darse por un operario. La retroalimentación también puede basarse, por ejemplo, en el rendimiento de los sujetos/pacientes en una tarea determinada, por ejemplo, en la asignación de nombres de objetos. Los datos de retroalimentación se pueden usar para ajustar/elegir los parámetros para el siguiente estímulo (o algunos de los estímulos que se producen más tarde en el tiempo).

Además, como se mencionó anteriormente, una pluralidad de bobinas de arrollamiento pueden compartir una sola línea de retorno. Por ejemplo, un dispositivo de bobina mTMS puede comprender al menos dos bobinas de arrollamiento en una carcasa. Cada bobina de arrollamiento puede tener una línea eléctrica de entrada. La línea eléctrica de entrada de cada bobina de arrollamiento puede estar separada o puede compartirse entre dos o más bobinas de arrollamiento. Además, las al menos dos bobinas de arrollamiento tienen una sola línea eléctrica de retorno compartida.

En un dispositivo de bobina mTMS con varias bobinas de arrollamiento, algunos pueden tener sus propias líneas de retorno y otros pueden compartir una línea de retorno común. La Fig. 8 muestra un ejemplo de un dispositivo de bobina mTMS que tiene una combinación 82 de dos bobinas y comparte un solo cable de retorno de energía 89.

Cada una de las bobinas de arrollamiento puede tener una línea eléctrica de retorno separada, por ejemplo, las líneas de retorno 87 y 86 en la Fig. 8 y en la que el dispositivo de bobina TMS multicanal comprende además al menos un conector 88 que conecta las líneas eléctricas de retorno separadas 86 y 87 a una línea eléctrica de retorno compartida 89.

Además, como puede verse en la Fig. 8, las líneas eléctricas de retorno 86 y 87 pueden estar orientadas cerca y/o superpuestas entre sí. La trayectoria de las líneas de retorno de energía se puede organizar por separado dentro de la carcasa y/o su ubicación deseada se puede diseñar en las propias bobinas de arrollamiento.

En el presente documento se describe un dispositivo de bobina de Estimulación Magnética Transcraneal multicanal (mTMS) que comprende: al menos dos bobinas de arrollamiento en una carcasa, en el que cada bobina de arrollamiento tiene una línea eléctrica de entrada, y en el que al menos dos bobinas de arrollamiento tienen una sola línea eléctrica de retorno compartida. El dispositivo de bobina mTMS también puede tener todas las bobinas de arrollamiento compartiendo el mismo retorno eléctrico compartido. El dispositivo de bobina mTMS también puede tener un único retorno eléctrico. El dispositivo de bobina mTMS también puede ser de manera que cada una de las bobinas de arrollamiento tenga una línea eléctrica de retorno separada, y en el que el dispositivo de bobina de TMS multicanal comprenda además al menos un conector que conecte las líneas eléctricas de retorno separadas a la línea eléctrica de retorno compartida. El dispositivo de bobina mTMS también puede tener las líneas eléctricas de retorno de al menos dos de las bobinas de arrollamiento que están orientadas cerca o superpuestas entre sí. El dispositivo de bobina mTMS también puede comprender además una carcasa que contenga al menos dos bobinas de arrollamiento. El dispositivo de bobina mTMS también puede tener la carcasa que incluye un cable eléctrico de entrada por bobina de arrollamiento y al menos un cable de retorno menos eléctrico que los cables eléctricos de entrada. El dispositivo de bobina mTMS también puede tener los cables eléctricos de entrada de al menos dos de las bobinas de arrollamiento separadas entre sí. El dispositivo de bobina mTMS también puede tener las bobinas de arrollamiento apiladas una encima de la otra. El dispositivo de bobina mTMS también puede tener al menos dos de las bobinas de arrollamiento con geometrías sustancialmente diferentes.

Debe entenderse que los modos de realización de la invención divulgados no se limitan a las estructuras particulares, etapas del proceso o materiales descritos en el presente documento, sino que se extienden a equivalentes de las mismas, como reconocerían los expertos en la materia relevante. También debe entenderse que la terminología empleada en el presente documento se usa con el fin de describir solo modos de realización particulares y no pretende ser limitativa.

La referencia en esta memoria descriptiva a "un modo de realización", "otro modo de realización" significa que un rasgo, estructura o característica particular descrita en conexión con el modo de realización se incluye en al menos un modo de realización de la presente invención. Por tanto, la aparición de la frase "en un modo de realización" presente en diferentes lugares a lo largo de esta memoria descriptiva no necesariamente se refiere al mismo modo de realización.

Como se usa en el presente documento, una pluralidad de artículos, elementos estructurales, elementos de composición y/o materiales se pueden presentar en una lista común por conveniencia. Sin embargo, estas listas deben interpretarse como si cada elemento de la lista se identificara individualmente como un elemento separado y único. Por tanto, ningún elemento individual de dicha lista debe interpretarse como un equivalente de facto de ningún otro elemento de la misma lista únicamente en base a su presentación en un grupo común sin indicaciones en contrario. Además, diversos modos de realización y ejemplos de la presente invención pueden referirse en el presente

documento junto con alternativas para los diversos componentes de la misma. Se entiende que dichos modos de realización, ejemplos y alternativas no deben interpretarse como equivalentes de facto entre sí, sino que deben considerarse representaciones separadas y autónomas de la presente invención.

5 Además, las características, estructuras u operaciones descritas se pueden combinar de cualquier manera adecuada en uno o más modos de realización. En la siguiente descripción, se proporcionan numerosos detalles específicos, tales como ejemplos de longitudes, anchos, formas, etc., para proporcionar una comprensión completa de los modos de realización de la invención. Un experto en la materia relevante reconocerá, sin embargo, que la invención puede practicarse sin uno o más de los detalles específicos, o con otros procedimientos, componentes, materiales, etc. En otros casos, no se muestran ni se describen en detalle estructuras, materiales u funcionamientos conocidos para evitar oscurecer los diversos aspectos de los modos de realización.

10 Si bien los ejemplos anteriores son ilustrativos de los principios de la presente invención en una o más aplicaciones particulares, resultará evidente para los expertos en la técnica que pueden realizarse numerosas modificaciones en la forma, el uso y los detalles de la implementación sin el ejercicio de la facultad inventiva, y sin apartarse de los principios y conceptos de la invención. Por consiguiente, no se pretende que la invención sea limitada, excepto por las reivindicaciones expuestas a continuación.

15

**REIVINDICACIONES**

1. Un dispositivo de bobina de Estimulación Magnética Transcraneal multicanal (mTMS) que comprende:
- una primera bobina de arrollamiento (40) que tiene una primera línea de entrada eléctrica para una primera corriente,
  - 5       - una segunda bobina de arrollamiento (42) que tiene una segunda línea de entrada eléctrica para una segunda corriente, y
  - en el que las primera y segunda bobinas de arrollamiento están al menos parcialmente superpuestas, y
  - en el que las primera y segunda bobinas de arrollamiento son cada una para generar un campo eléctrico inducido en al menos una dirección y una orientación (41, 43) predeterminadas cuando una corriente pase a través de ellos de manera que la dirección y/o la orientación predeterminadas del campo eléctrico inducido (43) que se va a generar por la segunda bobina de arrollamiento son diferentes que las de la primera bobina de arrollamiento y la segunda corriente en la segunda bobina de arrollamiento genera un campo eléctrico para alterar la dirección, la posición y/o la orientación del campo eléctrico de la primera bobina de arrollamiento (41).
- 10
2. Un dispositivo de bobina de mTMS de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además una carcasa, y en el que las primera y segunda bobinas de arrollamiento están alojadas dentro de dicha carcasa.
- 15
3. Un dispositivo de bobina mTMS de acuerdo con la reivindicación 2, en el que las primera y segunda bobinas de arrollamiento solo se superponen parcialmente dentro de la carcasa.
4. Un dispositivo de bobina de mTMS de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una de las bobinas de arrollamiento es una bobina de arrollamiento de la Fig. 8.
- 20
5. Un dispositivo de bobina mTMS de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que las bobinas de arrollamiento se superponen en al menos la dirección predeterminada del campo eléctrico que se va a generar por al menos una de las bobinas de arrollamiento.
6. Un dispositivo de bobina mTMS de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las primera y segunda bobinas de arrollamiento tienen la misma geometría.
- 25
7. Un dispositivo de bobina mTMS de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las primera y segunda bobinas de arrollamiento tienen diferentes geometrías.
8. Un dispositivo de bobina mTMS de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las primera y segunda bobinas tienen cada una un eje de simetría y un punto central, en el que las primera y segunda bobinas están dispuestas con sus puntos centrales superpuestos y con un ángulo entre sus respectivos ejes de simetría.
- 30
9. Un dispositivo de bobina mTMS de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las primera y segunda bobinas tienen cada una un eje de simetría y un punto central, en el que las primera y segunda bobinas están dispuestas sin sus puntos centrales superpuestos.
10. Un dispositivo de bobina mTMS de acuerdo con la reivindicación 8 o con la reivindicación 9, en el que la posición del punto central de una de las bobinas es ajustable con respecto a la posición del punto central de la otra bobina.
- 35
11. Un dispositivo de bobina mTMS de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que una de las bobinas de arrollamiento está apilada sobre, pero separada eléctricamente de, la otra bobina de arrollamiento.
12. Un dispositivo de bobina mTMS de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la posición y la orientación de la segunda bobina de arrollamiento se fijan con respecto a la primera bobina de arrollamiento.
- 40
13. Un dispositivo de bobina mTMS de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que tiene al menos una bobina de arrollamiento adicional.
14. Un dispositivo de bobina mTMS de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un controlador para controlar por separado una corriente en cada una de las líneas eléctricas de entrada de las bobinas de arrollamiento.

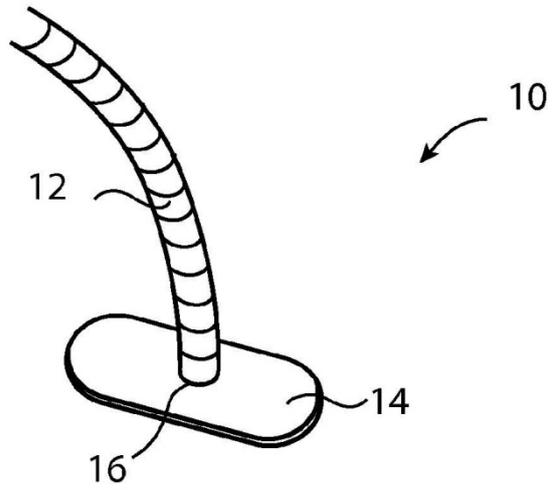


Fig. 1

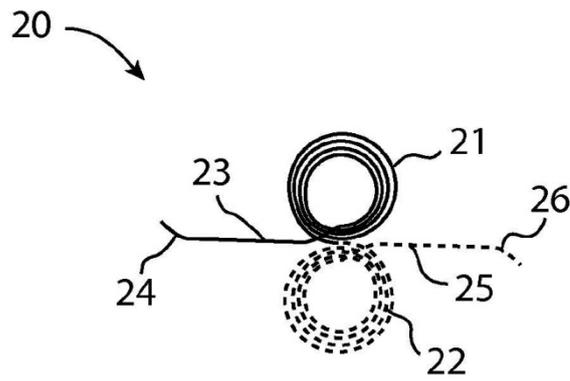


Fig. 2

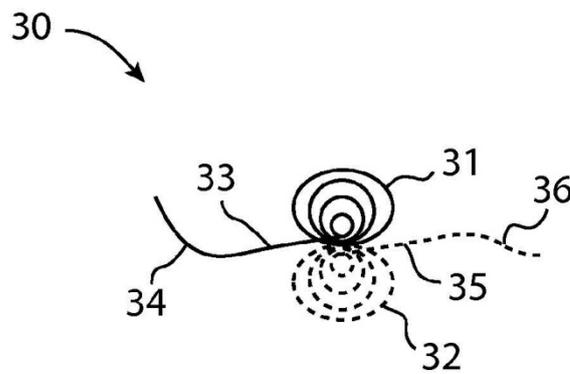


Fig. 3

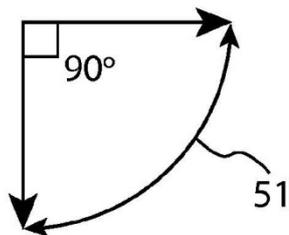
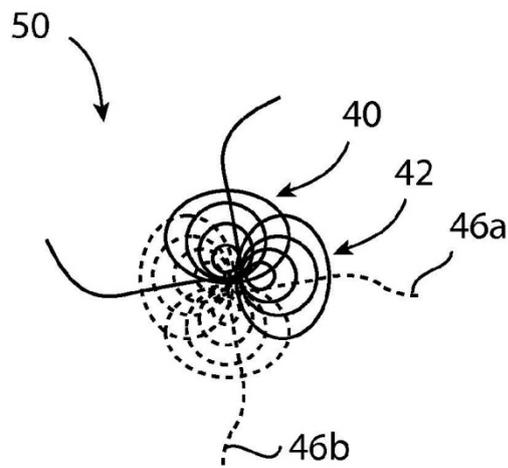
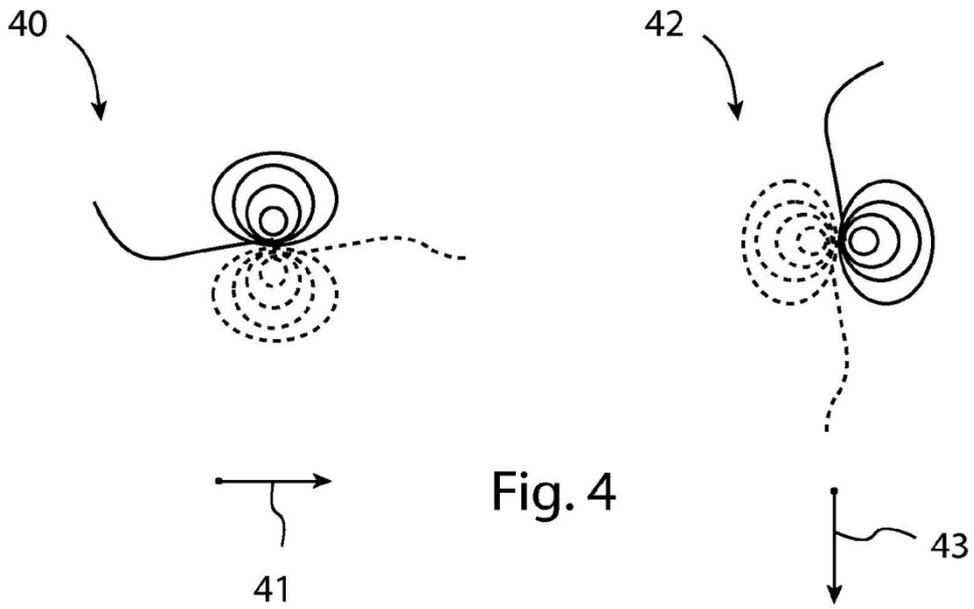


Fig. 5

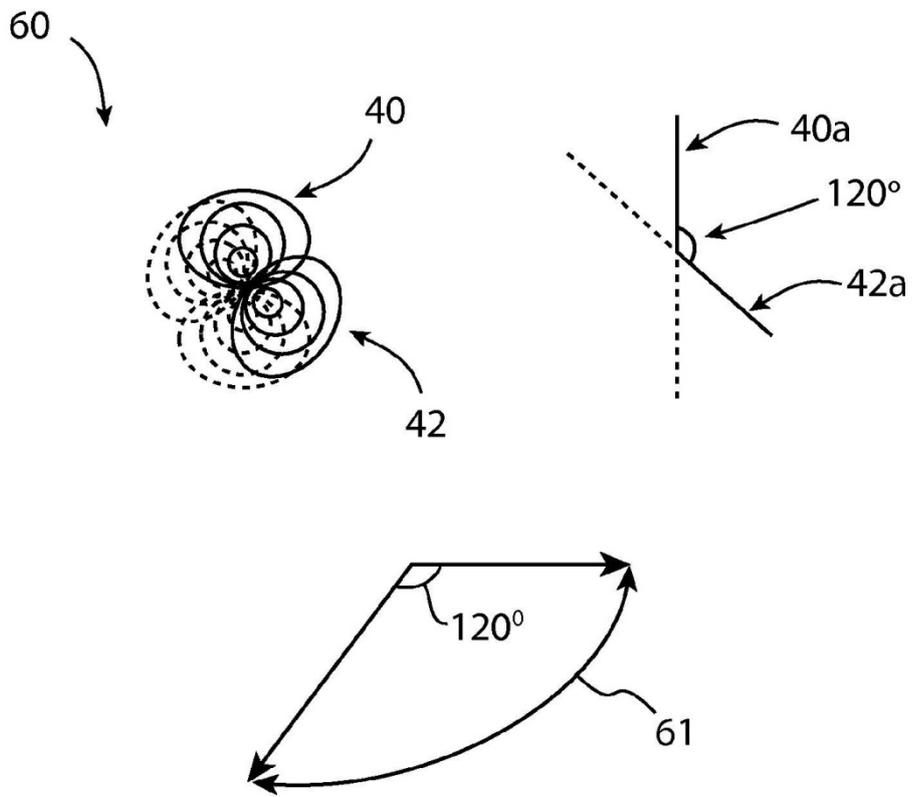
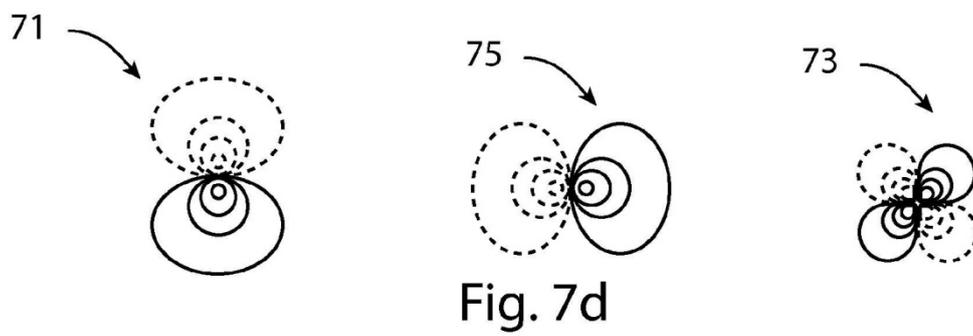
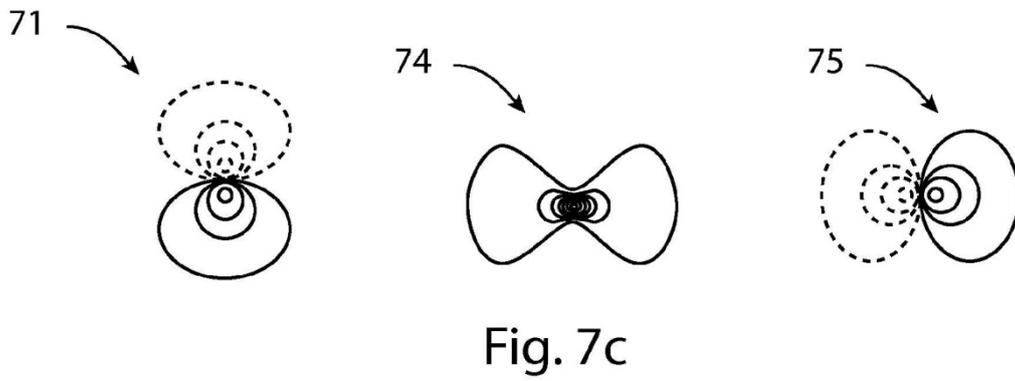
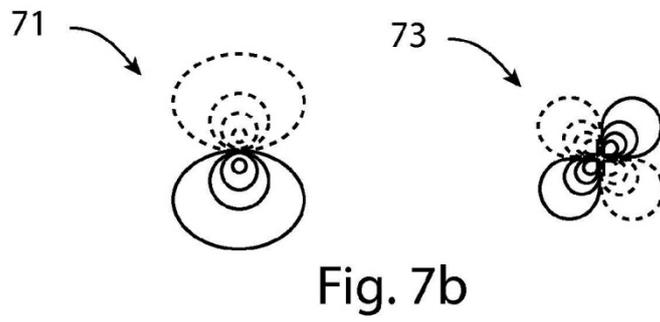
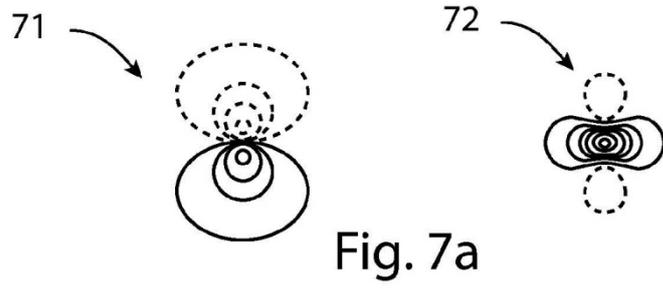
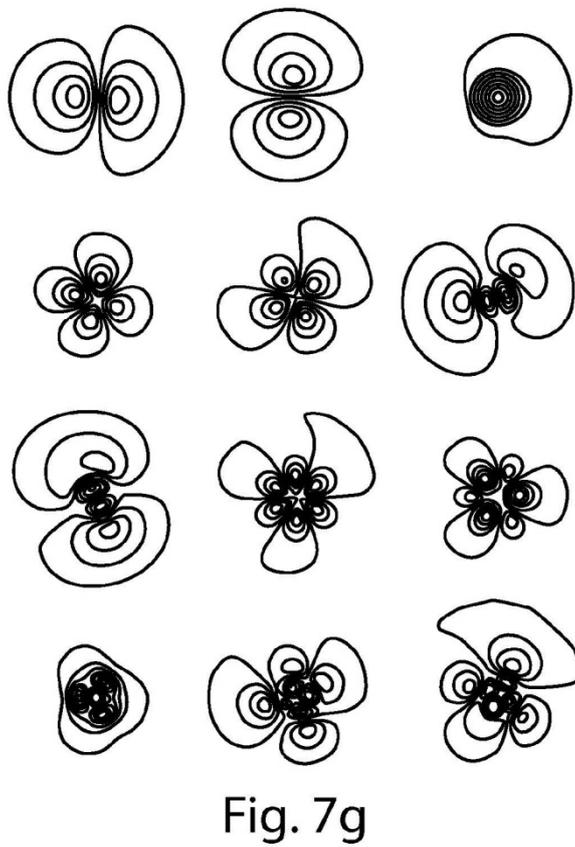
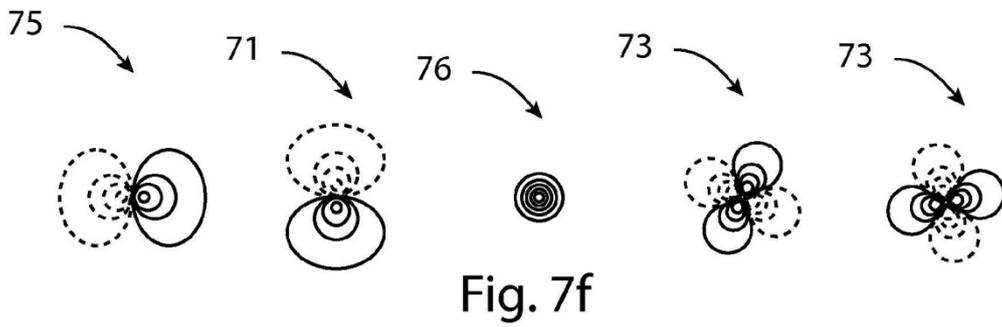
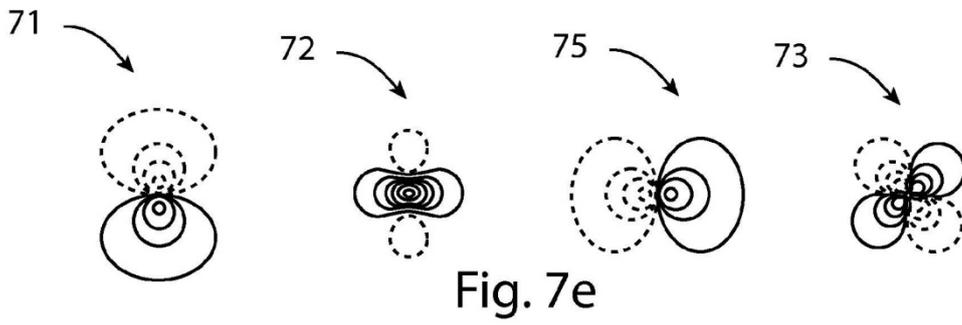


Fig. 6





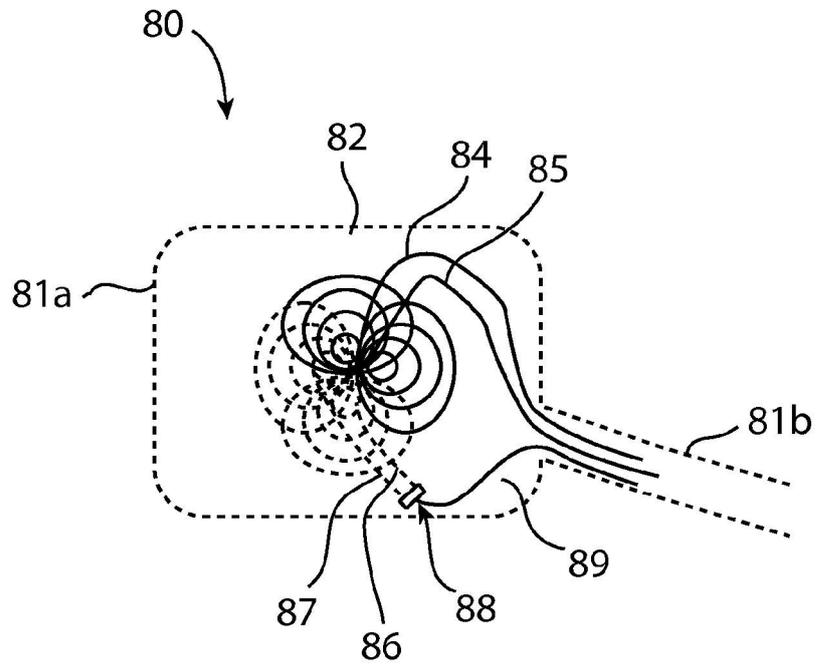


Fig. 8