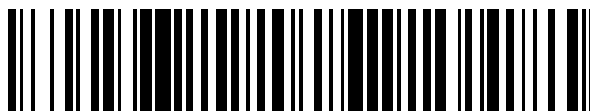


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 718 088**

51 Int. Cl.:

A61N 1/05 (2006.01)

A61N 1/36 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.04.2010 PCT/US2010/031442**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.10.2010 WO10121170**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.04.2010 E 10714544 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2019 EP 2419168**

54 Título: **Conducción de corriente de estimulación cerebral profunda con electrodos divididos**

30 Prioridad:

23.03.2010 US 316759 P

16.04.2009 US 170037 P

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

27.06.2019

73 Titular/es:

**BOSTON SCIENTIFIC NEUROMODULATION CORPORATION (100.0%)
25155 Rye Canyon Loop
Valencia, CA 91355, US**

72 Inventor/es:

**MOFFITT, MICHAEL, A.;
OLEKSYN, THOMAS, A.;
BRADLEY, KERRY;
PETERSON, DAVID, K.I.;
LANE, COURTNEY y
PIANCA, ANNE, MARGARET**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 718 088 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

Conducción de corriente de estimulación cerebral profunda con electrodos divididos

Campo

5 La presente invención está dirigida a dispositivos para la estimulación cerebral incluyendo estimulación cerebral profunda. Además, la presente invención está dirigida a dispositivos para la estimulación cerebral utilizando un cable que tiene una pluralidad de electrodos segmentados.

Antecedentes

10 La estimulación cerebral profunda puede ser útil para tratar una variedad de afecciones incluyendo, por ejemplo, enfermedad de Parkinson, distonía, temblor esencial, dolor crónico, enfermedad de Huntington, discinesias inducidas por levodopa y rigidez, bradicinesia, epilepsia y convulsiones, trastornos de la alimentación, y trastornos del estado de ánimo. Típicamente, un cable con un electrodo de estimulación en o cerca de una punta del cable proporciona la estimulación a las neuronas diana en el cerebro. Los barridos de imágenes por resonancia magnética (IRM) o tomografía computarizada (TC) pueden proporcionar un punto de partida para determinar en qué lugar debe colocarse el electrodo de estimulación para proporcionar el estímulo deseado a las neuronas diana.

15 Después la inserción, se introduce corriente a lo largo de la longitud del cable para estimular las neuronas diana en el cerebro. Esta estimulación se proporciona por los electrodos, típicamente en la forma de anillos, dispuestos sobre el cable. La corriente se proyecta de cada electrodo de manera similar y en todas las direcciones en cualquier longitud dada a lo largo del eje del cable. Debido a la forma de los electrodos, la selectividad radial de la corriente es mínima. Esto resulta en la estimulación no deseada de tejido neural vecino, efectos secundarios no deseados y en un aumento de la duración de tiempo para la obtención del efecto terapéutico adecuado.

20 El documento WO 2009/025816 A1 desvela un sistema que incluye un cable de estimulación eléctrica implantable configurado para la introducción intravenosa en un vaso en la proximidad del corazón y un estimulador eléctrico. El cable comprende un cuerpo conductor y al menos tres segmentos de electrodo. El estimulador eléctrico está acoplado a los segmentos de electrodo y configura un primero de los segmentos de electrodo como un primer ánodo, un segundo de los segmentos de electrodo como un cátodo, y un tercero de los segmentos de electrodo como un segundo ánodo, y proporciona estimulación eléctrica al corazón a través del cátodo y los primeros y segundos ánodos. Técnicas adicionales para la suministración de estimulación eléctrica incluyen utilizar múltiples segmentos de electrodos como cátodos y aislar eléctricamente otros segmentos de electrodo.

Breve sumario

30 La presente invención se define por las reivindicaciones adjuntas. Los ejemplos, realizaciones o aspectos de la presente descripción que no caen dentro del alcance de dichas reivindicaciones se proporcionan meramente para fines ilustrativos y no forman parte de la invención. Además, cualquier procedimiento quirúrgico, terapéutico o de diagnóstico presentado en la presente descripción se proporciona sólo a efectos ilustrativos y no forma parte de la presente invención.

35 Una realización es un dispositivo para la estimulación cerebral que incluye un cable que tiene una superficie longitudinal, un extremo proximal, un extremo distal y un cuerpo conductor. El dispositivo también incluye una pluralidad de electrodos dispuestos a lo largo de la superficie longitudinal del cable cerca del extremo distal del cable. La pluralidad de electrodos incluye un primer conjunto de electrodos segmentados que comprende al menos dos electrodos segmentados dispuestos alrededor de una circunferencia del cable en una primera posición longitudinal a lo largo del cable; y un segundo conjunto de electrodos segmentados que comprende al menos dos electrodos segmentados dispuestos alrededor de una circunferencia del cable en una segunda posición longitudinal a lo largo del cable. El dispositivo incluye además uno o más conductores que acoplan eléctricamente entre sí todos los electrodos segmentados del primer conjunto de electrodos segmentados.

40 Otro ejemplo es un procedimiento para la estimulación cerebral que incluye insertar un dispositivo en un cráneo de un paciente. El dispositivo incluye un cable que tiene una superficie longitudinal, un extremo proximal y un extremo distal, y una pluralidad de electrodos dispuestos a lo largo de la superficie longitudinal del cable. La pluralidad de electrodos incluye al menos un conjunto de electrodos segmentados en el que cada conjunto de electrodos segmentados tiene una pluralidad de electrodos segmentados dispuestos alrededor de una circunferencia del cable en una posición longitudinal a lo largo del cable. El procedimiento incluye además producir selectivamente corrientes anódicas y catódicas en la pluralidad de electrodos para estimular una neurona diana utilizando la pluralidad de electrodos. Durante la operación, la corriente anódica y corriente catódica se desplazan de cualquiera de la pluralidad de electrodos segmentados a uno adyacente de la pluralidad de electrodos segmentados.

45 Aún otro ejemplo es un procedimiento para la estimulación cerebral que incluye insertar un dispositivo en un cráneo de un paciente. El dispositivo incluye un cable que tiene una superficie longitudinal, un extremo proximal y un extremo distal, y una pluralidad de electrodos dispuestos a lo largo de la superficie longitudinal del cable. La pluralidad de electrodos incluye al menos un conjunto de electrodos segmentados en el que cada conjunto de

electrodos segmentados tiene una pluralidad de electrodos segmentados dispuestos alrededor de una circunferencia del cable en una posición longitudinal a lo largo del cable. El procedimiento incluye además producir selectivamente corrientes anódicas y catódicas en la pluralidad de electrodos para estimular una neurona diana utilizando la pluralidad de electrodos. Se define un primer canal de temporización que proporciona un primer conjunto de pulsos de estimulación con uno cualquiera de la pluralidad de electrodos segmentados. Al menos se define un segundo canal de temporización que proporciona al menos un segundo conjunto de pulsos de estimulación con uno cualquiera de la pluralidad de electrodos segmentados. Los primeros y segundos conjuntos de pulsos de estimulación se ciclan con los primeros y segundos conjuntos de pulsos de estimulación no superpuestas en los primeros y segundos canales de temporización.

Una realización adicional es un dispositivo de estimulación implantable para la estimulación cerebral que incluye un cable que tiene una superficie longitudinal, un extremo proximal y un extremo distal. El cable incluye una pluralidad de electrodos dispuestos a lo largo de la superficie longitudinal del cable cerca del extremo distal del cable. La pluralidad de electrodos incluye i) un primer electrodo anular dispuesto en una primera posición longitudinal a lo largo del cable, ii) un primer conjunto de electrodos segmentados que comprende al menos tres electrodos segmentados dispuestos alrededor de una circunferencia del cable en una segunda posición longitudinal a lo largo del cable, iii) un segundo conjunto de electrodos segmentados que comprende al menos tres electrodos segmentados dispuestos alrededor de una circunferencia del cable en una tercera posición longitudinal a lo largo del cable, y iv) un segundo electrodo anular dispuesto en una cuarta posición longitudinal a lo largo del cable. Las segundas y terceras posiciones longitudinales están entre las primeras y cuartas posiciones longitudinales. El dispositivo de estimulación implantable incluye también una unidad de control para acoplar el cable. El dispositivo de estimulación implantable es un dispositivo de múltiples canales y corriente constante, con capacidad de programación independiente de cada canal de estimulación para proporcionar la conducción de la corriente.

En una realización, un dispositivo para la estimulación cerebral incluye un cable que tiene una superficie longitudinal, un extremo proximal y un extremo distal. Una pluralidad de electrodos está dispuesta a lo largo de la superficie longitudinal del cable cerca del extremo distal del cable. La pluralidad de electrodos incluye al menos un electrodo anular, y al menos un conjunto de electrodos segmentados. Cada conjunto de electrodos segmentados incluye al menos dos electrodos segmentados, que pueden estar configurados y dispuestos de manera que formen colectivamente una superficie en la forma de un anillo, pero que tiene recortes entre ellos para separar los al menos dos electrodos segmentados.

En otra realización, un dispositivo para la estimulación cerebral incluye un cable que tiene una superficie longitudinal, un extremo proximal y un extremo distal. Una pluralidad de electrodos está dispuesta a lo largo de la superficie longitudinal del cable cerca del extremo distal del cable. La pluralidad de electrodos incluye al menos un electrodo anular, y al menos un conjunto de electrodos segmentados. Cada conjunto de electrodos segmentados incluye una pluralidad de electrodos dispuestos a intervalos alrededor de la circunferencia del cable en o cerca de una misma posición longitudinal a lo largo del cable.

En aún otro ejemplo, un procedimiento para la estimulación cerebral incluye insertar un dispositivo en un cráneo de un paciente. El dispositivo incluye un cable que tiene una superficie longitudinal, un extremo proximal y un extremo distal. Una pluralidad de electrodos está dispuesta a lo largo de la superficie longitudinal del cable. La pluralidad de electrodos incluye al menos un electrodo anular, y al menos un conjunto de electrodos segmentados. El conjunto de electrodos segmentados incluye al menos dos electrodos segmentados que pueden estar configurados y dispuestos de manera que formen colectivamente una superficie en la forma de un anillo, pero que tiene recortes entre ellos para separar los al menos dos electrodos segmentados. Se producen selectivamente corrientes anódicas y catódicas en la pluralidad de electrodos para estimular una neurona diana utilizando la pluralidad de electrodos.

Breve descripción de los dibujos

Se describen realizaciones no limitantes y no exhaustivas de la presente invención con referencia a las siguientes figuras. En las figuras, los números de referencia similares se refieren a partes similares en las diversas figuras a menos que se especifique lo contrario.

Para una mejor comprensión de la presente invención, se hace referencia a la siguiente Descripción Detallada, que se ha de leer en asociación con las figuras adjuntas, en las que:

La FIG. 1 es una vista esquemática en perspectiva de una realización de una porción de un cable que tiene una pluralidad de electrodos segmentados, de acuerdo con la invención;

La FIG. 2 es una vista esquemática en perspectiva de otra realización de una porción de un cable que tiene una pluralidad de electrodos segmentados dispuestos en una orientación escalonada, de acuerdo con la invención;

La FIG. 3A es una vista esquemática en perspectiva de una tercera realización de una porción de un cable que tiene una pluralidad de electrodos segmentados, de acuerdo con la invención;

La FIG. 3B es una vista esquemática en perspectiva de una cuarta realización de una porción de un cable

que tiene una pluralidad de electrodos segmentados, de acuerdo con la invención;

La FIG. 4 es un diagrama esquemático de la conducción de corriente radial a lo largo de varios niveles de electrodos a lo largo de la longitud de un cable, de acuerdo con la invención;

5 La FIG. 5 es un diagrama esquemático de una realización de volumen de estimulación utilizando técnicas de estimulación monopolar y multipolar, de acuerdo con la invención;

La FIG. 6 es un diagrama esquemático de una realización de una técnica de desplazamiento de corriente de ánodo y cátodo, de acuerdo con la invención;

La FIG. 7A es una vista esquemática en perspectiva de una realización de una porción de un cable que tiene un electrodo anular, de acuerdo con la invención;

10 La FIG. 7B es una vista en sección transversal esquemática de la porción del cable de la FIG. 7A, de acuerdo con la invención;

La FIG. 7C es un diagrama esquemático de posibles ubicaciones del centroide del volumen de estimulación monopolar y multipolar de la porción del cable de la FIG. 7A, de acuerdo con la invención;

15 La FIG. 8A es una vista en perspectiva esquemática de una realización de una porción de un cable que tiene conjuntos de dos electrodos segmentados, de acuerdo con la invención;

La FIG. 8B es una vista en sección transversal esquemática de la porción del cable de la FIG. 8A, de acuerdo con la invención;

La FIG. 8C es un diagrama esquemático de posibles ubicaciones del centroide del volumen de estimulación monopolar y multipolar de la porción del cable de la FIG. 8A, de acuerdo con la invención;

20 La FIG. 9A es una vista esquemática de una realización de una porción de un cable que tiene conjuntos de tres electrodos segmentados, de acuerdo con la invención;

La FIG. 9B es una vista en sección transversal esquemática de la porción del cable de la FIG. 9A, de acuerdo con la invención;

25 La FIG. 9C es un diagrama esquemático de posibles ubicaciones del centroide del volumen de estimulación monopolar y multipolar del cable de la FIG. 9A, de acuerdo con la invención;

La FIG. 10A es un diagrama esquemático de posibles ubicaciones del centroide del volumen de estimulación monopolar y multipolar de un cable que tiene conjuntos de tres electrodos segmentados, de acuerdo con la invención;

30 La FIG. 10B es un diagrama esquemático de las posibles ubicaciones del centroide del volumen de estimulación monopolar y multipolar de un cable que tiene conjuntos de cuatro electrodos segmentados, de acuerdo con la invención;

La FIG. 10C es un diagrama esquemático de posibles ubicaciones del centroide del volumen de estimulación monopolar y multipolar de un cable que tiene conjuntos de ocho electrodos segmentados, de acuerdo con la invención;

35 La FIG. 11A es un diagrama esquemático de una realización de un electrodo de estimulación de una diana, de acuerdo con la invención;

La FIG. 11B es un diagrama esquemático de una segunda realización de un electrodo de estimulación de una diana, de acuerdo con la invención;

40 La FIG. 11C es un diagrama esquemático de una realización de dos electrodos que estimulan simultáneamente una diana, de acuerdo con la invención;

La FIG. 11D es un diagrama esquemático de una realización de una técnica de ciclado de electrodo, de acuerdo con la invención;

La FIG. 12 es una vista lateral esquemática de una realización de un cable y un estilete, de acuerdo con la invención;

45 La FIG. 13 es una vista lateral esquemática de una porción de una realización de un cable con electrodos segmentados que incluyen electrodos segmentados agrupados (es decir, acoplados eléctricamente), de acuerdo con la invención;

La FIG. 14 es una vista en sección transversal esquemática de una porción de una realización de un cable

con electrodos agrupados (es decir, acoplados eléctricamente), de acuerdo con la invención;

La FIG. 15 es una vista en sección transversal esquemática de una porción de otra realización de un cable con electrodos agrupados (es decir, acoplados eléctricamente), de acuerdo con la invención;

5 La FIG. 16 es una vista en sección transversal esquemática de una porción de una realización adicional de un cable con electrodos agrupados (es decir, acoplados eléctricamente), de acuerdo con la invención;

La FIG. 17 es una vista en sección transversal esquemática de una porción de aún otra realización de un cable con electrodos agrupados (es decir, acoplados eléctricamente), de acuerdo con la invención;

10 La FIG. 18 es una vista lateral esquemática de una porción de otra realización de un cable con electrodos segmentados que incluyen electrodos segmentados agrupados (es decir, acoplados eléctricamente), de acuerdo con la invención;

La FIG. 19 es una vista lateral esquemática de una porción de una realización adicional de un cable con electrodos segmentados que incluyen electrodos segmentados agrupados (es decir, acoplados eléctricamente), de acuerdo con la invención;

15 La FIG. 20 es una vista lateral esquemática de una porción de otra realización de un cable con electrodos segmentados que incluyen electrodos segmentados agrupados (es decir, acoplados eléctricamente), de acuerdo con la invención;

La FIG. 21 es una vista lateral esquemática de una porción de una realización de un cable con electrodos segmentados, de acuerdo con la invención;

20 La FIG. 22 es una vista lateral esquemática de una porción de otra realización de un cable con electrodos segmentados, de acuerdo con la invención;

La FIG. 23 es una vista lateral esquemática de una porción de una realización adicional de un cable con electrodos segmentados, de acuerdo con la invención;

La FIG. 24 es una vista lateral esquemática de una porción de una realización de un cable con electrodos segmentados y un electrodo de punta, de acuerdo con la invención;

25 La FIG. 25 es una vista lateral esquemática de una porción de otra realización de un cable con electrodos segmentados y un electrodo de punta, de acuerdo con la invención;

La FIG. 26 es una vista lateral esquemática de una porción de una realización de un cable con electrodos segmentados y un microelectrodo, de acuerdo con la invención;

30 La FIG. 27 es una vista lateral esquemática de una porción de una realización de un cable con electrodos segmentados y microelectrodos, de acuerdo con la invención;

La FIG. 28 es una vista lateral esquemática de una porción de otra realización de un cable con electrodos segmentados y microelectrodos, de acuerdo con la invención; y

35 La FIG. 29 es una vista lateral esquemática de una porción de una realización adicional de un cable con electrodos segmentados que incluyen electrodos segmentados agrupados (es decir, acoplados eléctricamente), de acuerdo con la invención.

Descripción detallada

La presente invención está dirigida al área de dispositivos para estimulación cerebral incluyendo la estimulación cerebral profunda. Además, la invención está dirigida a dispositivos para la estimulación cerebral utilizando un cable que tiene una pluralidad de electrodos segmentados.

40 Un cable para la estimulación cerebral profunda puede incluir electrodos de estimulación, electrodos de registro, o una combinación de ambos. Un médico puede determinar la posición de las neuronas diana utilizando los electrodos de registro y luego posicionar los electrodos de estimulación en consecuencia, sin el retiro de un cable de registro y la inserción de un cable de estimulación. En algunas realizaciones, los mismos electrodos se pueden utilizar para el registro y la estimulación. En algunas realizaciones, se pueden utilizar cables separados; uno con electrodos de registro que identifican las neuronas diana, y un segundo cable con electrodos de estimulación que sustituye al primero después de la identificación de la neurona diana. Un cable puede incluir electrodos de registro espaciados alrededor de la circunferencia del cable para determinar con mayor precisión la posición de las neuronas diana. En al menos algunas realizaciones, el cable es giratorio de modo que los electrodos de estimulación puedan alinearse con las neuronas diana luego de que las neuronas se hayan localizado utilizando los electrodos de registro.

50 Los dispositivos y cables para la estimulación cerebral profunda se describen en la técnica. Véase, por ejemplo, la

Publicación de Patente de Estados Unidos 2006/0149335 A1 ("Devices and Methods For Brain Stimulation"), y la Solicitud de Patente de Estados Unidos en Tramitación Núm. No. 12/237.888 ("Leads With Non-Circular-Shaped Distal Ends For Brain Stimulation Systems and Methods of Making and Using").

5 La FIG. 12 ilustra una realización de un dispositivo 1200 para la estimulación cerebral. El dispositivo incluye un cable 100, electrodos anulares 120, electrodos segmentados 130, un conector 1230 para la conexión de los electrodos a una unidad de control, y un estilete 1260 para ayudar en la inserción y el posicionamiento del cable en el cerebro del paciente. El estilete 1260 puede estar hecho de un material rígido. Los ejemplos de materiales adecuados incluyen tungsteno, acero inoxidable, o plástico. El estilete 1260 puede tener un asa 1270 para ayudar a la inserción en el cable, así como a la rotación del estilete y el cable. El conector 1230 se ajusta sobre el extremo proximal del cable 100, preferiblemente después de retirar el estilete 1260.

10 En un ejemplo de operación, el acceso a la posición deseada en el cerebro se puede lograr mediante la perforación de un orificio en los huesos móviles del cráneo o en el cráneo del paciente con un taladro craneal (comúnmente denominado fresa), y la coagulación e incisión de la duramadre, o la cubierta cerebral. El cable 100 puede insertarse en el cráneo y el tejido cerebral con la ayuda del estilete 1260. El cable puede guiarse a la ubicación diana dentro del cerebro utilizando, por ejemplo, un marco estereotáctico y un sistema de motor microdrive. En algunas realizaciones, el sistema de motor microdrive puede ser total o parcialmente automático. El sistema de motor microdrive puede estar configurado para realizar una o más de las siguientes acciones (solas o en combinación): girar el cable, insertar el cable, o retraer el cable. En algunas realizaciones, dispositivos de medición acoplados a los músculos u otros tejidos estimulados por las neuronas diana o una unidad de respuesta al paciente o médico pueden estar acoplados a la unidad de control o el sistema de motor microdrive. El dispositivo de medición, el usuario, o el médico puede indicar una respuesta por los músculos diana u otros tejidos al electrodo de estimulación o registro para identificar en forma adicional las neuronas diana y facilitar la colocación del electrodo de estimulación. Por ejemplo, si las neuronas diana se dirigen a un músculo que experimenta temblores, un dispositivo de medición puede utilizarse para observar el músculo e indicar los cambios en la frecuencia o amplitud del temblor en respuesta a la estimulación de las neuronas. Alternativamente, el paciente o el médico pueden observar el músculo y proporcionar realimentación.

15 El cable 100 para la estimulación cerebral profunda puede incluir electrodos de estimulación, electrodos de registro, o ambos. En al menos algunas realizaciones, el cable es giratorio de modo que los electrodos de estimulación se puedan alinear con las neuronas diana después de que las neuronas se hayan localizado utilizando los electrodos de registro.

20 Los electrodos de estimulación pueden estar dispuestos en la circunferencia del cable para estimular las neuronas diana. Los electrodos de estimulación pueden tener una forma de anillo de modo que la corriente se proyecte de cada electrodo por igual en todas las direcciones en cualquier longitud dada a lo largo del eje del cable. Para mejorar la regulación de corriente, adicional o alternativamente se pueden utilizar electrodos segmentados. Aunque la siguiente descripción discute electrodos de estimulación, se comprende también que se pueden utilizar todas las configuraciones de los electrodos de estimulación discutidas en la disposición de electrodos de registro.

25 La Figura 1 ilustra una realización de un cable 100 para la estimulación cerebral. El dispositivo incluye un cuerpo conductor 110, uno o más electrodos anulares 120, y una pluralidad de electrodos segmentados 130. El cuerpo conductor 110 puede estar formado de un material biocompatible, no conductor, tal como, por ejemplo, un material polimérico. Los materiales poliméricos adecuados incluyen, pero no se limitan a, silicona, polietileno, poliuretanos, poliureas, o poliuretano-ureas. En al menos algunos casos, el cable puede estar en contacto con el tejido corporal durante largos períodos de tiempo. En al menos algunas realizaciones, el cable tiene un diámetro de sección transversal no mayor que 1,5 mm y puede estar en el intervalo de 0,75 a 1,5 mm en al menos algunas realizaciones, el cable tiene una longitud de al menos 10 cm y la longitud del cable puede estar en el intervalo de 25 a 70 cm.

30 Electrodo de estimulación pueden estar dispuestos en el cuerpo conductor 110. Estos electrodos de estimulación se pueden hacer utilizando un metal, aleación, óxido conductor, o cualquier otro material conductor adecuado. Los ejemplos de materiales adecuados incluyen, pero no están limitados a, platino, iridio, aleación de platino e iridio, acero inoxidable, titanio o tungsteno. Preferiblemente, los electrodos de estimulación se hacen de un material que es biocompatible y no se corroe sustancialmente en condiciones de operación esperadas en el entorno operativo en la duración de uso prevista.

35 En al menos algunas realizaciones, cualquiera de los electrodos se puede utilizar como un ánodo o cátodo y llevar corriente anódica o catódica. En algunos casos, un electrodo puede ser un ánodo durante un período de tiempo y un cátodo durante un período de tiempo. En otras realizaciones, la identidad de un electrodo o electrodos particular como un ánodo o cátodo puede ser fija.

40 Electrodo de estimulación en forma de electrodos anulares 120 pueden estar dispuestos en cualquier parte del cuerpo conductor 110, por lo general cerca de un extremo distal del cable. La FIG. 1 ilustra una porción de un cable que tiene dos electrodos anulares. Cualquier número de electrodos anulares, o incluso un solo electrodo anular, puede estar dispuesto a lo largo de la longitud del cuerpo conductor 110. Por ejemplo, el cuerpo conductor puede tener un electrodo anular, dos electrodos anulares, tres electrodos anulares o cuatro electrodos anulares. En algunas

realizaciones, el cable tiene cinco, seis, siete u ocho electrodos anulares. Se comprende que cualquier número de electrodos anulares puede estar dispuesto a lo largo de la longitud del cuerpo conductor 110. En algunas realizaciones, los electrodos anulares 120 son sustancialmente cilíndricos y se envuelven alrededor de toda la circunferencia del cuerpo conductor 110. En algunas realizaciones, el diámetro exterior de los electrodos anulares 120 es sustancialmente igual al diámetro exterior del cuerpo conductor 110. El ancho de los electrodos anulares 120 puede variar de acuerdo con el tratamiento deseado y la ubicación de las neuronas diana. En algunas realizaciones el ancho del electrodo anular 120 es menor o igual al diámetro del electrodo anular 120. En otras realizaciones, el ancho del electrodo anular 120 es mayor que el diámetro del electrodo anular 120.

En al menos algunas realizaciones, el cable también contiene una pluralidad de electrodos segmentados 130. Cualquier número de electrodos segmentados 130 puede estar dispuesto sobre el cuerpo conductor 110. En algunas realizaciones, los electrodos segmentados 130 se agrupan en conjuntos de electrodos segmentados, cada conjunto dispuesto alrededor de la circunferencia del cable en o cerca de una posición longitudinal particular. El cable puede tener cualquier número de conjuntos de electrodos segmentados. Al menos en algunas realizaciones, el cable tiene uno, dos, tres, cuatro, cinco, seis, siete u ocho conjuntos de electrodos segmentados. En al menos algunas realizaciones, cada conjunto de electrodos segmentados contiene el mismo número de electrodos segmentados 130. En algunas realizaciones, cada conjunto de electrodos segmentados contiene tres electrodos segmentados 130. En al menos algunas otras realizaciones, cada conjunto de electrodos segmentados contiene dos, cuatro cinco, seis, siete u ocho electrodos segmentados. Los electrodos segmentados 130 pueden variar en tamaño y forma. En algunas realizaciones, los electrodos segmentados 130 son todos del mismo tamaño, forma, diámetro, anchura o área o cualquier combinación de los mismos. En algunas realizaciones, los electrodos segmentados de cada conjunto (o incluso todos los electrodos segmentados) pueden ser idénticos en tamaño y forma.

En al menos algunas realizaciones, cada conjunto de electrodos segmentados 130 puede estar dispuesto alrededor de la circunferencia del cuerpo conductor 110 para formar una forma sustancialmente o aproximadamente cilíndrica o de anillo alrededor del cuerpo conductor 110. La separación de los electrodos segmentados 130 alrededor de la circunferencia del cuerpo conductor 110 puede variar, como se describirá con referencia a las FIGS. 7B, 8B y 9B. En al menos algunas realizaciones, espacios iguales, huecos o recortes están dispuestos entre cada uno de los electrodos segmentados 130 alrededor de la circunferencia del cuerpo conductor 110. En otras realizaciones, los espacios, huecos o recortes entre electrodos segmentados pueden diferir en tamaño o forma. En otras realizaciones, los espacios, huecos o recortes entre electrodos segmentados pueden ser uniformes para un conjunto particular de electrodos segmentados o para todos los conjuntos de electrodos segmentados. Los electrodos segmentados 130 pueden estar posicionados en intervalos irregulares o regulares alrededor del cuerpo conductor 110.

Los conductores (no mostrados) que se unen a o desde los electrodos anulares 120 y electrodos segmentados 130 también pasan a través del cuerpo conductor 110. Estos conductores pueden pasar a través del material del cable o a través de un lumen definido por el cable. Los conductores se presentan en un conector para el acoplamiento de los electrodos a una unidad de control (no mostrado), en general, un generador de pulsos implantable (IPG) de múltiples canales que tiene al menos dos canales controlables independientemente que suministran pulsos de estimulación que son programables para la amplitud de corriente, ancho de pulso y frecuencia de estímulo. Cada canal es independientemente programable de modo que un canal puede actuar como un cátodo y el otro como un ánodo en un modo de estimulación bipolar, o sólo un canal actúa como un cátodo, mientras que la carcasa del IPG actúa como un ánodo, o ambos canales suministran corriente catódica mientras que la carcasa del generador de pulsos implantable actúa como un ánodo de retorno, o un canal puede actuar como un cátodo, mientras que el otro canal y la carcasa del IPG actúa como un ánodo, o combinaciones similares de polaridad opuesta. Más comúnmente el IPG puede tener 8, 16 o 32 canales programables independientemente, en el que cada canal puede estar independientemente (a) apagado, (b) estar como cátodo o (c) estar como ánodo, en cualquier instante en el tiempo. Debido a que cada canal es funcional y programable de manera completamente independiente, hay muchas combinaciones monopolares posibles (en las que la carcasa de IPG es un electrodo de ánodo) y combinaciones bipolares, multipolares (en las que carcasa de IPG no es un electrodo de ánodo). En un IPG con cuatro canales independientemente programables a, b, c y d, cada canal acopla por separado cuatro segmentos de electrodo de un cable segmentado, existen las siguientes combinaciones monopolares, a, b, c, d, ab, ac, ad, abc, abd, acd, bc, bd, cd, bcd, y abcd con la carcasa de IPG como el ánodo. Como un ejemplo, para abd, una posible programación es: a = pulso de corriente de 1 miliamperios, b = pulso de corriente de 1,5 miliamperios y c = pulso de corriente de 1,25 miliamperios, suministradas simultáneamente. La carcasa de IPG es fuente de 3,75 miliamperios de corriente. Cuando el alojamiento IPG está apagado, entonces las combinaciones posibles son ab, ac, ad, abc, abd, acd, bc, bd, cd, bcd, y abcd, en las que al menos un electrodo en combinación está funcionando en un instante en el tiempo como un electrodo de retorno de ánodo (+) y al menos un electrodo en la combinación está funcionando como un cátodo (-). Como un ejemplo, en la combinación bcd, una posible forma de programa es: b = corriente catódica de 1 miliamperios, c = corriente anódica de 2,25 miliamperios y d = corriente catódica de 1,25 miliamperios. Cabe destacar que cada canal puede absorber corriente anódica o ser fuente de corriente catódica, y cada canal puede tener diferentes amplitudes. Esto es lo que se comprende por un IPG de múltiples canales que tiene canales de corriente constante totalmente programables en forma independiente. En una realización, los electrodos de estimulación corresponden a cables conductores que se extienden fuera del cuerpo conductor 110 y luego se recortan o descienden a ras del suelo con la superficie del cable. Los conductores pueden estar acoplados a una unidad de control para proporcionar señales de estimulación, a menudo en forma de pulsos, a los electrodos de

estimulación.

La FIG. 2 es una vista esquemática en perspectiva de otra realización de un cable que tiene una pluralidad de electrodos segmentados. Como se observa en la figura. 2, la pluralidad de electrodos segmentados 130 pueden estar dispuestos en diferentes orientaciones relativas entre sí. En contraste con la FIG. 1, en la que los dos conjuntos de electrodos segmentados están alineados a lo largo de la longitud del cuerpo conductor 110, la FIG. 2 muestra otra realización en la que los dos conjuntos de electrodos segmentados 130 están escalonados. En al menos algunas realizaciones, los conjuntos de electrodos segmentados están escalonados de tal manera que no hay electrodos segmentados alineados a lo largo de la longitud del cuerpo conductor 110. En algunas realizaciones, los electrodos segmentados pueden estar escalonados para que al menos uno de los electrodos segmentados esté alineado con otro electrodo segmentado de un conjunto diferente, y los otros electrodos segmentados no estén alineados.

Cualquier número de electrodos segmentados 130 puede estar dispuesto sobre el cuerpo conductor 110 en cualquier número de conjuntos. Las FIGS. 1 y 2 ilustran realizaciones que incluyen dos conjuntos de electrodos segmentados. Estos dos conjuntos de electrodos segmentados 130 pueden estar dispuestos en diferentes configuraciones. La FIG. 3A es una vista esquemática en perspectiva de una tercera realización de un cable que tiene una pluralidad de electrodos segmentados. El cuerpo conductor 110 de la FIG. 3A tiene un extremo proximal y un extremo distal. Como se apreciará a partir de la FIG. 3A, los dos conjuntos de electrodos segmentados 130 están dispuestos en el extremo distal del cuerpo conductor 110, distal a los dos electrodos anulares 120. La FIG. 3B es una vista en perspectiva esquemática de una cuarta realización de un cuerpo conductor 110. En la FIG. 3B, los dos conjuntos de electrodos segmentados 130 están dispuestos en forma proximal a los dos electrodos anulares 120. Mediante la variación de la ubicación de los electrodos segmentados 130, puede seleccionarse diferente cobertura de las neuronas diana. Por ejemplo, la disposición de electrodos de la FIG. 3A puede ser útil si el médico anticipa que el objetivo neural estará más cerca de la punta distal del cuerpo conductor 110, mientras que la disposición de electrodos de la FIG. 3B puede ser útil si el médico anticipa que el objetivo neural estará más cerca del extremo proximal del cuerpo conductor 110. En al menos algunas realizaciones, los electrodos anulares 120 se alternan con conjuntos de electrodos segmentados 130.

Cualquier combinación de electrodos anulares 120 y electrodos segmentados 130 puede estar dispuesta en el cable. En algunas realizaciones, los electrodos segmentados están dispuestos en conjuntos. Por ejemplo, un cable puede incluir un primer electrodo anular 120, dos conjuntos de electrodos segmentados, cada conjunto formado de tres electrodos segmentados 130, y un electrodo anular final 120 al final del cable. Esta configuración puede simplemente denominarse configuración 1-3-3-1. Puede ser útil hacer referencia a los electrodos con esta notación abreviada. Por lo tanto, la realización de la FIG. 3A puede denominarse como una configuración 1-1-3-3, aunque la realización de la FIG. 3B puede denominarse como una configuración 3-3-1-1. Otras configuraciones de ocho electrodos incluyen, por ejemplo, una configuración 2-2-2-2, en la que cuatro conjuntos de electrodos segmentados están dispuestos en el cable, y una configuración 4-4, en la que dos conjuntos de electrodos segmentados, cada uno con cuatro electrodos segmentados 130 están dispuestos en el cable. En algunas realizaciones, el cable tiene 16 electrodos. Posibles configuraciones para un cable de 16 electrodos incluyen, pero no se limitan a 4-4-4-4, 8-8, 3-3-3-3-3-1 (y todos los reordenamientos de esta configuración), y 2- 2-2-2-2-2-2.

La FIG. 4 es un diagrama esquemático para ilustrar la conducción de corriente radial a lo largo de varios niveles de electrodos a lo largo de la longitud de un cable. Mientras que las configuraciones de cable convencionales con electrodos anulares sólo son capaces de dirigir la corriente a lo largo de la longitud del cable (el eje z), la configuración del electrodo segmentado es capaz de dirigir la corriente en el eje x, eje y, así como en el eje z. Por lo tanto, el centroide de estimulación puede dirigirse en cualquier dirección en el espacio tridimensional que rodea el cuerpo conductor 110. En algunas realizaciones, la distancia radial, r , y el ángulo θ alrededor de la circunferencia del cuerpo conductor 110 pueden dictarse por el porcentaje de corriente anódica (reconociendo que la estimulación se produce predominantemente cerca del cátodo, aunque ánodos fuertes también pueden causar estimulación) introducida a cada electrodo, como se describirá en mayor detalle a continuación. En al menos algunas realizaciones, la configuración de ánodos y cátodos a lo largo de los electrodos segmentados 130 permite que el centroide de estimulación se desplace a una variedad de ubicaciones diferentes a lo largo del cuerpo conductor 110.

Como se puede apreciar a partir de la FIG. 4, el centroide de estimulación puede desplazarse en cada nivel a lo largo de la longitud del cable. El uso de múltiples conjuntos de electrodos segmentados 130 a diferentes niveles a lo largo de la longitud del cable permite la conducción de corriente tridimensional. En algunas realizaciones, los conjuntos de electrodos segmentados 130 se desplazan colectivamente (es decir, el centroide de la simulación es similar en cada nivel a lo largo de la longitud del cable). En al menos algunas otras realizaciones, cada conjunto de electrodos segmentados 130 se controla independientemente. Cada conjunto de electrodos segmentados puede contener dos, tres, cuatro, cinco, seis, siete, ocho o más electrodos segmentados. Se comprende que pueden producirse diferentes perfiles de estimulación por la variación del número de electrodos segmentados en cada nivel. Por ejemplo, cuando cada conjunto de electrodos segmentados incluye sólo dos electrodos segmentados, pueden formarse huecos uniformemente distribuidos (incapacidad para estimular selectivamente) en el perfil de estimulación. En algunas realizaciones, al menos tres electrodos segmentados 130 se utilizan para permitir selectividad real a 360° . Este concepto se explica más adelante con referencia a las FIGS. 8A-C y 9A-9C.

5 Cualquier tipo de técnica de estimulación se puede utilizar incluyendo técnicas de estimulación monopolar, técnicas de estimulación bipolar y técnicas de estimulación multipolar. La FIG. 5 es un diagrama esquemático de volumen de estimulación utilizando técnicas de estimulación monopolar y multipolar. En las técnicas de estimulación monopolar, todos los electrodos locales son de la misma polaridad (es decir, un electrodo de una polaridad diferente está colocado lejos, por ejemplo, en la carcasa del IPG, y no afecta sustancialmente el campo de estimulación y el centroide). Por lo tanto, el centroide de estimulación permanece cerca del electrodo de estimulación 131 de acuerdo con lo representado por B en la FIG. 5. Sin embargo, en la estimulación multipolar, se utilizan ánodos y cátodos locales. Por lo tanto, el campo de estimulación se "aleja" de los electrodos, empujando el centroide de estimulación a lo largo del radio r. El centroide del campo de estimulación multipolar está representado por A. Cabe destacar que puede ser necesario aumentar la amplitud de la estimulación cuando se desplace de monopolar a multipolar para mantener el mismo volumen de activación. Como se observa en la FIG. 5, el volumen de estimulación varía entre la estimulación monopolar, representada por las líneas de trazos, y la estimulación multipolar, representada por las líneas continuas. El centroide del volumen de estimulación se aparta a lo largo de r cuando la estimulación se desplaza de monopolar a multipolar. En la FIG. 5, el primer electrodo segmentado 131 se utiliza como el cátodo y los segundos electrodos segmentados 132 y 133 se utilizan como ánodos en la configuración multipolar, aunque es posible cualquier otra configuración de ánodo y cátodo. Las fibras nerviosas considerados eran perpendiculares al cable con el propósito de estimar la región de activación. Se reconoce que los cátodos, y más en particular los ánodos, pueden tener un efecto estimulante para otras orientaciones de fibra.

20 En al menos algunas realizaciones, el desplazamiento de la estimulación monopolar a la estimulación multipolar es gradual. Por ejemplo, un dispositivo puede comenzar con un cátodo (por ejemplo, electrodo 131) en el cable y el 100% del ánodo en el caso del dispositivo, o alguna otra ubicación no local. Después, el ánodo puede desplazarse gradualmente a uno o más de los electrodos segmentados locales 130. Se puede utilizar cualquier desplazamiento incremental o el desplazamiento puede incluso ser continuo durante un período de tiempo. En algunas realizaciones, el desplazamiento se realiza en incrementos de 10%. En algunas otras realizaciones, el desplazamiento se realiza en incrementos de 1%, 2%, 5%, 20%, 25%, o 50%. A medida que el ánodo se mueve gradualmente desde la carcasa a uno o más de los electrodos segmentados 130, el centroide se mueve gradualmente en la dirección radial, r. A continuación, la Tabla A ilustra un desplazamiento de ánodo de una carcasa a un electrodo segmentado en incrementos de 10%.

TABLA A

Electrodo	Ánodo no local
0	100
10	90
20	80
30	70
40	60
50	50
60	40
70	30
80	20
90	10
100	0
0	100

30 De manera similar, la Tabla B a continuación ilustra un cambio anódico a partir de un ánodo no local del dispositivo a dos electrodos segmentados en el cable:

TABLA B

Electrodo 1	Electrodo 2	Ánodo no local
0	0	100
10	10	80
20	20	60
30	30	40
40	40	20
50	50	0

35 En algunas realizaciones, como en la Tabla B, los dos electrodos segmentados dividen el ánodo de manera equitativa. En otras realizaciones, los dos electrodos segmentados dividen el ánodo de manera no equitativa. Los dos electrodos segmentados también pueden dividir el ánodo en cualquier proporción, tal como 1,5:1, 2:1 o 3:1.

Otra técnica de estimulación es un procedimiento que se puede denominar "persiguiendo el cátodo" y puede

utilizarse para proyectar el centroide del volumen de estimulación. En este procedimiento, el ánodo persigue al cátodo alrededor de la circunferencia del cuerpo conductor 110 (es decir, a medida que se desplaza θ). Se reconoce que en otra realización el cátodo puede perseguir al ánodo. Después de que la corriente catódica se ha desplazado gradualmente al siguiente electrodo segmentado, la corriente anódica comienza a desplazarse gradualmente a otro de los electrodos segmentados, para un conjunto de tres electrodos segmentados, el desplazamiento es hacia el electrodo segmentado previamente catódico. Una vez que el ánodo se ha desplazado por completo, el cátodo presente comienza a desplazarse gradualmente al siguiente electrodo segmentado, y el ciclo continúa. En al menos algunas realizaciones, se utilizan tres o más electrodos segmentados para perseguir el cátodo. En algunos casos, los desplazamientos de ánodo pueden ser más grandes (por ejemplo, 20%) que los desplazamientos de cátodo (por ejemplo, 10%) o viceversa. La FIG. 6 es un diagrama esquemático de la técnica de "persiguiendo el cátodo". Cada electrodo segmentado 131-133 de la FIG. 6 está etiquetado con el porcentaje correspondiente del cátodo local, designada con (-), o ánodo local, designado con (+). Por ejemplo, en la primera etapa etiquetada "1", el primer electrodo segmentado 130 está etiquetado 100, debido a que el electrodo segmentado lleva 100% del ánodo local. Incluso si 70% del ánodo está en el primer electrodo segmentado 131 y 30% del ánodo está en la carcasa, el primer electrodo segmentado 131 se etiqueta como 100, debido a que el electrodo lleva 100% del ánodo local, incluso si lleva 70% del ánodo del sistema.

Como se observa en la FIG. 6, el dispositivo comienza con 100 sobre el primer electrodo segmentado 131, -100 en el segundo electrodo segmentado 132 y 0 en el tercer electrodo segmentado 133. En un momento posterior, el primer electrodo segmentado 131 se muestra en 100, el segundo electrodo segmentado 132 se muestra en -50, y el tercer electrodo segmentado 133 se muestra en -50. Este desplazamiento incremental puede ser iterado hasta que el dispositivo regrese al primer estado donde la configuración es 100 sobre el primer electrodo segmentado 131, -100 en el segundo electrodo segmentado 132 y 0 en el tercer electrodo segmentado 133. A continuación, la Tabla C muestra un ciclo de la técnica de "persiguiendo la corriente", donde los desplazamientos anódicos y catódicos se realizan en incrementos de 10%.

TABLA C

	Electrodo 1	Electrodo 2	Electrodo 3		Electrodo 1	Electrodo 2	Electrodo 3
1.	100	-100	0	32.	-100	90	10
2.	100	-90	-10	33.	-100	80	20
3.	100	-80	-20	34.	-100	70	30
4.	100	-70	-30	35.	-100	60	40
5.	100	-60	-40	36.	-100	50	50
6.	100	-50	-50	37.	-100	40	60
7.	100	-40	-60	38.	-100	30	70
8.	100	-30	-70	39.	-100	20	80
9.	100	-20	-80	40.	-100	10	90
10.	100	-10	-90	41.	-100	0	100
11.	100	0	-100	42.	-90	-10	100
12.	90	10	-100	43.	-80	-20	100
13.	80	20	-100	44.	-70	-30	100
14.	70	30	-100	45.	-60	-40	100
15.	60	40	-100	46.	-50	-50	100
16.	50	50	-100	47.	-40	-60	100
17.	40	60	-100	48.	-30	-70	100
18.	30	70	-100	49.	-20	-80	100
19.	20	80	-100	50.	-10	-90	100
20.	10	90	-100	51.	0	-100	100
21.	0	100	-100	52.	10	-100	90
22.	-10	100	-90	53.	20	-100	80
23.	-20	100	-80	54.	30	-100	70
24.	-30	100	-70	55.	40	-100	60
25.	-40	100	-60	56.	50	-100	50
26.	-50	100	-50	57.	60	-100	40
27.	-60	100	-40	58.	70	-100	30
28.	-70	100	-30	59.	80	-100	20
29.	-80	100	-20	60.	90	-100	10
30.	-90	100	-10	61.	100	-100	0
31.	-100	100	0				

En algunas realizaciones, el ánodo está situado sólo en la carcasa. En algunas otras realizaciones, el ánodo está parcialmente situado sobre la carcasa y uno o más electrodos. Como se ha indicado previamente, los datos de la FIG. 6 y la Tabla C sólo indican los porcentajes locales del ánodo y el cátodo. Por lo tanto, aunque un electrodo segmentado esté etiquetado con 100, es decir, lleve 100% del ánodo local, puede llevar cualquier cantidad entre 1%

y 100% de la corriente anódica del sistema total. Lo mismo es cierto para la corriente catódica de manera tal que en cualquier fila, la corriente catódica local puede estar en cualquier lugar entre 1% y 100% de la corriente catódica del sistema de, a pesar de que esté etiquetada como 100.

- 5 También se puede utilizar una técnica de configuración de canales múltiples para desplazar la corriente de un electrodo a otro. Por ejemplo, el uso de canales de dos tiempos permite la aplicación al paciente de dos conjuntos potencialmente viables de parámetros de estimulación durante la configuración de una manera intercalada. Con esta aplicación, el paciente sentirá de forma independiente las configuraciones de ambos canales de temporización, pero de una manera que no altera el efecto de los dos. Por lo tanto, el desplazamiento de campo de esta manera puede reducir o eliminar los estados intermedios que reducen la eficacia de la terapia.
- 10 Este tipo de desplazamiento de campo se denomina desplazamiento de campo intercalado y se describirá con referencia a la Tabla D, a continuación:

Tabla D

	Electrodo 1	Electrodo 2	Electrodo 3	Electrodo 4
Canal A	50	-100	50	0
Canal B	0	0	0	0
Etapas				
Etapas 1				
Canal A	50	-100	50	0
Canal B	0	25	-50	25
Etapas 2				
Canal A	50	-100	50	0
Canal B	0	50	-100	50
Etapas 3				
Canal A	50	-100	50	0
Canal B	0	50	-100	50
Etapas 4				
Canal A	25	-50	25	0
Canal B	0	50	-100	50

- 15 Como se muestra en la Tabla D, dos Canales, canal A y Canal B, se utilizan para desplazar la corriente. Durante la temporización del Canal A, las condiciones iniciales de electrodos 1-4 son 50% en el primero, - 100% en el segundo, y 50% en el tercero. No hay corriente en el cuarto electrodo que mida la temporización del Canal A en esta condición inicial. Sin embargo, si el usuario desea desplazar corriente al cuarto electrodo, entonces se pueden utilizar canales de doble temporización para realizar esta tarea. El usuario puede iniciar mediante el uso de un controlador el desplazamiento de corriente a la temporización del Canal B.
- 20 Por lo tanto, en una primera etapa la corriente asociada con la temporización del Canal A se mantiene constante, mientras que la temporización del Canal B se desplaza a un estado que tiene 25% en el segundo electrodo, -50% en el tercer electrodo y 25% en el cuarto electrodo. Cabe destacar que, en esta primera etapa, el establecimiento de la corriente en la temporización del Canal B no afecta inmediatamente la cantidad de corriente en las condiciones iniciales de la temporización del Canal A como se describe en la realización de la Tabla C.
- 25 En una segunda etapa, la corriente dirigida a la temporización del Canal B nuevamente se puede aumentar en la misma cantidad, aunque los desplazamientos no tienen que ser graduales. Como puede apreciarse de la Tabla D, después de la segunda etapa, la corriente en la temporización del Canal B ahora coincide con la de la temporización del Canal A, pero se desplaza por uno de los electrodos. Después, se aplican las etapas posteriores para eliminar gradualmente la corriente de los electrodos en la condición inicial en la temporización del Canal A, que finalmente
- 30 deja solamente activos los electrodos en la condición final en la temporización del Canal B. En este punto, la temporización del Canal B es la única temporización de canal actualmente activa con electrodos segmentados 2-4 que tiene el estado de los electrodos segmentados iniciales 1-3.
- 35 Como puede apreciarse de la Tabla D, el movimiento de las condiciones iniciales a las condiciones finales se lleva a cabo sin las etapas intermedias durante las que los electrodos realmente no son indicativos de las condiciones iniciales o finales. Por lo tanto, puede optimizarse la estimulación útil y reducirse los efectos secundarios innecesarios.

La FIG. 7A es una vista esquemática de un cable que tiene electrodos anulares 120. Los electrodos anulares 120 rodean completamente la circunferencia del cuerpo conductor 110. La FIG. 7B es una vista esquemática en sección transversal del cable de la FIG. 7A, que muestra los electrodos anulares 120 que rodean el cuerpo conductor 110. Cualquier número de electrodos anulares 120 puede estar dispuesto sobre el cuerpo conductor 110. En algunas realizaciones, en las que sólo electrodos anulares 120 están dispuestos en el cuerpo conductor 110, el centroide de estimulación puede solamente estar ubicado en un punto único dentro de un plano especificado normal a L, la longitud del cable, como se ilustra en la FIG. 7C.

La FIG. 8A es una vista esquemática del cable que tiene tres conjuntos de electrodos segmentados, cada conjunto tiene dos electrodos segmentados 130. Como se ilustra en la FIG. 8B, en algunas realizaciones, se forman dos recortes a 45° entre los dos electrodos segmentados 130, cada electrodo segmentado 130 se forma de un segmento de 135°. Se reconoce que el tamaño y forma de los electrodos segmentados y recortes puede variar. Los dos electrodos segmentados 130 pueden estar formados para cubrir cualquier porción del cable y los recortes pueden estar dispuestos de modo de estar a cualquier distancia. Por ejemplo, cada electrodo segmentado 130 puede formarse de un segmento de 75°, 90° o 120°. En algunas realizaciones, cada recorte es del mismo tamaño. En otras realizaciones, los dos recortes son de diferentes tamaños. Mediante la adición de un electrodo adicional, o segmento de electrodo, técnicas de estimulación multipolares son posibles. La FIG. 8C es una representación esquemática de la estimulación monopolar y multipolar del cable de la FIG. 8A. Como se observa en la FIG. 8C, el centroide de la estimulación monopolar de los dos segmentos de electrodo es una línea recta dentro de un plano especificado normal a L. En realizaciones que utilizan la estimulación multipolar, el centroide de la estimulación puede estar situado en forma similar al de la estimulación monopolar, pero con un intervalo más amplia, debido al ánodo que expulsa al centroide.

La FIG. 9A es una vista esquemática de un cable que tiene tres conjuntos de electrodos segmentados, cada conjunto circunferencial tiene tres electrodos segmentados 130. Se reconoce que el tamaño y forma de los electrodos segmentados y recortes (o espacio entre los electrodos segmentados en el conjunto circunferencial) puede variar. Como se describió anteriormente, cada uno de los tres electrodos segmentados 130 puede estar formado de segmentos de diferentes longitudes. Como se ilustra en la FIG. 9B, los electrodos segmentados de la FIG. 9A pueden estar formados de segmentos de 90°, separados por cortes o huecos de 30°. En algunas otras realizaciones, los segmentos cubren solamente 45°, 60° o 75°. En al menos algunas realizaciones, los recortes (o espacio entre los segmentos en un conjunto) son de diferentes longitudes. La FIG. 9C es una representación esquemática de la estimulación monopolar y multipolar del cable de la FIG. 9A. Como se observa en la FIG. 9C, la adición de un tercer electrodo segmentado aumenta enormemente las posibilidades para la estimulación. Con un conjunto de tres electrodos segmentados 130 y utilizando sólo la estimulación monopolar, el centroide de la estimulación puede estar situado en cualquier lugar en un espacio triangular dentro de un plano especificado normal a L, la longitud del cable. Con la estimulación multipolar, el centroide de la estimulación puede estar situado en un intervalo más amplio dentro de un espacio triangular dentro de un plano especificado normal a L. Por lo tanto, la estimulación multipolar puede utilizarse en todas las realizaciones que tienen más de dos electrodos segmentados 130 para expulsar el centroide y permitir la cobertura de estimulación prolongada. Debido a que cada segmento de electrodo puede estar programado independientemente para una amplitud de corriente diferente y, además, como cátodo, ánodo o como apagado, en cualquier instante en el tiempo, el campo de estimulación puede variar tremendamente alrededor de la circunferencia y la longitud L del cable. El control de corriente independiente de cada canal de estimulación permite la conducción de corriente radial, (es decir, en la que al menos dos electrodos, colocados estrechamente, suministran pulsos de estímulo simultáneos, que tienen amplitudes de corriente iguales o diferentes, y ubican eficazmente el centroide de estímulo en una posición angular entre los dos electrodos). El mismo principio se aplica con tres o más electrodos que proporcionan pulsos de estímulo de corriente constantes independientes. En efecto, permite la creación de electrodos virtuales entre dos electrodos reales o gradientes de corriente de estímulo complejo alrededor de tres o más electrodos. Esto se denomina "conducción de corriente".

Las FIGS. 10A, 10B, y 10C son representaciones esquemáticas de la estimulación monopolar y multipolar de un cable que utiliza tres, cuatro y ocho electrodos segmentados. Una comparación entre la estimulación para la estimulación monopolar y multipolar puede apreciarse con referencia a las FIGS. 10A, 10B y 10C. Por ejemplo, como se describe anteriormente, cuando tres electrodos segmentados están dispuestos alrededor de la circunferencia del cable, el centroide de la estimulación puede estar situado en cualquier lugar en un espacio triangular dentro de un plano especificado normal a L, la longitud del cable. Las realizaciones que utilizan técnicas de estimulación multipolares utilizando estos mismos electrodos segmentados permiten una cobertura de la estimulación prolongada que se proyecta del centroide de la estimulación.

La FIG. 10B ilustra la estimulación monopolar y multipolar de un cable que tiene cuatro electrodos segmentados. Con cuatro electrodos segmentados en cada nivel, puede formarse un diseño de cable de 8 electrodos. En al menos algunas realizaciones, cuatro electrodos segmentados están dispuestos en un cable que tiene otros dos conjuntos de electrodos segmentados, cada conjunto tiene dos electrodos segmentados. Con cuatro electrodos segmentados, el centroide de la estimulación puede estar situado en cualquier lugar en un espacio cuadrado dentro de un plano especificado normal a L, la longitud del cable. Al igual que con la configuración de tres electrodos segmentados, una configuración multipolar puede proyectar el centroide de modo que el centroide de la estimulación puede estar situado en cualquier lugar en un espacio cuadrado más grande dentro de un plano especificado normal a L.

La FIG. 10C ilustra la estimulación monopolar y multipolar de un cable que tiene ocho electrodos segmentados en un nivel dado. Con ocho electrodos segmentados en cada nivel, puede formarse un diseño de cable de 16 electrodos. En al menos algunas realizaciones, ocho electrodos segmentados están dispuestos en un cable que tiene cualquier otro número de electrodos segmentados. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el cable tiene ocho electrodos segmentados en un nivel, y otros dos conjuntos de cuatro electrodos segmentados, uno en cada nivel. Como se observa en la FIG. 10C, con ocho electrodos segmentados, el centroide de la estimulación puede estar situado en cualquier lugar en un espacio de conducción octogonal dentro de un plano especificado normal a L, la longitud del cable. Al igual que con otras configuraciones, una configuración multipolar mueve el centroide de modo que el centroide de la estimulación puede estar situado en cualquier lugar en un espacio de conducción octogonal más grande dentro de un plano especificado normal a L.

En algunas realizaciones, el dispositivo puede estar acoplado a un generador de pulsos implantable. El generador de pulsos implantable puede contener múltiples fuentes de corriente. Por ejemplo, el generador de pulsos implantable puede contener una fuente de corriente distinta para cada electrodo de estimulación. En algunas realizaciones, el generador de pulsos implantable contiene múltiples fuentes de tensión.

En al menos algunas realizaciones, una técnica de ciclado también se puede usar para programar el dispositivo con mayor especificidad. La técnica de ciclado puede incluir, por ejemplo, desplazar repetidamente la estimulación de un área a otra. Cada área puede definir un conjunto de parámetros de estimulación, incluyendo, pero no limitado a, una o más de configuración de electrodo, amplitud, ancho de pulso, o distribución de corriente. Las técnicas de ciclado pueden utilizarse para expandir el área total de la estimulación mediante, por ejemplo, la colocación del centroide de la estimulación con eficacia en algún lugar entre la posición de los dos electrodos por alternación o ciclado rápido entre cada uno de dos electrodos. Por ejemplo, asúmase que hay dos electrodos A y B. El Electrodo A suministra pulsos de 1,5 miliamperios mientras que el Electrodo B suministra 1,1 miliamperios. El suministro de los pulsos de estimulación se alterna rápidamente entre el Electrodo A y el Electrodo B, duplicando la frecuencia de estímulo en el área superpuesta, emulando efectivamente un electrodo virtual entre los Electrodos A y B. El electrodo virtual está posicionado más cerca del Electrodo B. Este ciclado rápido es otra manera de lograr una región con una tasa elevada estimulación entre dos electrodos. Para efectuar tal ciclado rápido, el IPG debe ser capaz de ciclar rápidamente entre canales de estimulación, o estimular fuera de fase entre canales de estimulación. O bien, si los electrodos se colocan lo suficientemente lejos el uno del otro, y los campos de corriente no se superponen sustancialmente, los dos electrodos se pueden utilizar para estimular dos dianas pseudo-simultáneamente. También se pueden utilizar técnicas de ciclado para eliminar la estimulación de tejido neural no deseado, reducir efectos secundarios, y brindar al usuario mayor especificidad de programación.

Las técnicas de ciclado utilizadas para la eliminación de la estimulación de tejido neural no deseado se discuten con respecto a las FIGS. 11A-11D. En al menos algunas realizaciones, la estimulación produce un efecto terapéutico en frecuencias superiores a 130 Hz. Por lo tanto, las áreas diana a menudo se estimulan con pulsos por encima de 130 Hz. Sin embargo, a menudo se estimula más tejido neural del necesario. Como se muestra en las FIGS. 11A y 11B, la diana, indicada por un punto negro, se encuentra entre dos de los electrodos segmentados. El uso de cualquier electrodo segmentado estimula eficazmente la diana como se muestra en las FIGS. 11A y 11B. Sin embargo, como es evidente a partir de estas figuras, puede estimularse una gran cantidad de tejido innecesario. La FIG. 11C ilustra un procedimiento en el que se emplean ambos electrodos segmentados para estimular la diana. Cuando se utilizan ambos electrodos, la diana aún se estimula eficazmente, pero una mayor área de tejido neural se estimula innecesariamente. La FIG. 11D ilustra un procedimiento en el que se emplean ambos electrodos segmentados para estimular la diana, cada electrodo segmentado estimula sólo en la mitad de la frecuencia original. En realizaciones en las que cada electrodo segmentado estimula de forma intermitente con la mitad de la frecuencia original, el área superpuesta se estimula con la frecuencia original. Por lo tanto, el área superpuesta puede estimularse de manera efectiva en las frecuencias terapéuticas y las áreas no superpuestas, el área cerrada por una línea de trazos, no se estimulan en la frecuencia terapéutica debido a que se estimulan en una frecuencia reducida. Por lo tanto, en algunas realizaciones, la técnica de ciclado se puede utilizar para refinar el área de tejido estimulada a una frecuencia terapéutica.

La introducción de una pluralidad de electrodos segmentados también puede utilizarse con una técnica que puede denominarse programación de "reflector". En algunas realizaciones, el volumen de estimulación puede actuar como el haz de luz de un faro. El "haz" de la estimulación eléctrica puede ser barrido alrededor del cable de manera similar a la forma en que un haz de luz es barrido alrededor de un faro de luz o reflector. Debido a que múltiples niveles de electrodos se introducen a lo largo de la longitud del cable, el haz de la estimulación eléctrica también puede moverse hacia arriba y hacia abajo a lo largo del eje del cable además de girar alrededor de la circunferencia del cable.

El sistema puede utilizar varios electrodos y los procedimientos descritos anteriormente, tal como desplazamiento de cátodo y ánodo para oscilar el haz o activación eléctrica alrededor y arriba y abajo del eje longitudinal del cable. En algunas realizaciones, el barrido del haz de estimulación eléctrica ayuda a la optimización de los beneficios terapéuticos. En algunas otras realizaciones, el barrido de la estimulación eléctrica es útil en la selección de programas de parámetros de estimulación. En algunas realizaciones, el médico puede oscilar el haz de la estimulación eléctrica a un área, y luego otra, y luego otra para optimizar la terapia y/o para determinar la mejor diana. En algunas otras realizaciones, el médico puede programar el sistema de modo que oscile adelante y atrás

entre dos o más dianas o áreas de una manera cíclica. En al menos algunas otras realizaciones, el paciente puede oscilar el haz de la estimulación eléctrica hasta que sus síntomas se reduzcan y/o hasta que la terapia esté completa. En aún otro ejemplo, un sistema informático puede recoger varias entradas mientras barre automáticamente el haz de activación eléctrica para optimizar la terapia y/o para determinar la mejor diana.

- 5 Como se indicó anteriormente, las configuraciones anteriores también se pueden utilizar mientras se utilizan electrodos de registro. En algunas realizaciones, los dispositivos de medición acoplados a los músculos u otros tejidos estimulados por las neuronas diana o una unidad que responde al paciente o al médico pueden estar acoplados a la unidad de control o sistema de motor microdrive. El dispositivo de medición, el usuario, o el médico puede indicar una respuesta por los músculos diana u otros tejidos al electrodo de estimulación o registro para
10 identificar en forma adicional las neuronas diana y facilitar la colocación de los electrodos de estimulación. Por ejemplo, si las neuronas diana se dirigen a un músculo que experimenta temblores, un dispositivo de medición puede utilizarse para observar el músculo e indicar los cambios en la frecuencia o amplitud del temblor en respuesta a la estimulación de las neuronas. Alternativamente, el paciente o el médico pueden observar el músculo y proporcionar realimentación.
- 15 Se pueden concebir muchas disposiciones de electrodos adicionales. La Figura 13 es una vista lateral esquemática de un extremo distal de una realización de un cable de 1300 con, comenzando desde el extremo distal del cable, un grupo de dos electrodos segmentados 1302, dos grupos de tres electrodos segmentados 1304 cada uno, y otro grupo de dos electrodos segmentados 1306. En esta realización, el grupo de dos electrodos segmentados 1302 se agrupan entre sí (es decir, se acoplan eléctricamente entre sí) como se indica esquemáticamente por la línea 1308.
20 Además, el grupo de dos electrodos segmentados 1306 también se agrupan entre sí como se indica esquemáticamente por la línea 1310.

La Figura 14 ilustra esquemáticamente una disposición para agrupar dos electrodos que incluye acoplar los dos electrodos 1402 utilizando un conductor 1408 que pasa a través del cuerpo conductor 1412. Este conductor 1408
25 puede estar acoplado a un conductor (no mostrado) que pasa a través del cuerpo conductor del extremo proximal del cable para proporcionar la conexión a la unidad de control. Alternativamente, uno de los electrodos 1402 está acoplado eléctricamente a un conductor (no mostrado) que pasa a través del cuerpo conductor al extremo proximal del cable para proporcionar la conexión a la unidad de control o generador de pulsos implantable (IPG) con canales de estimulación de corriente constante y controlables de manera independiente y el otro electrodo está acoplado al primer electrodo por el conductor 1408. La Figura 15 ilustra esquemáticamente una disposición similar para acoplar
30 eléctricamente tres electrodos 1502 utilizando los conductores 1508.

La Figura 16 ilustra esquemáticamente otra disposición de dos electrodos segmentados 1602 que están acoplados por un conductor 1608 que está cubierto por el material aislante 1614 que es preferiblemente parte de, o se convierte en parte de, el cuerpo conductor 1612. Este conductor 1608 puede ser un alambre o puede ser un conductor delgado y plano o algún otro conductor de conexión. La Figura 17 ilustra esquemáticamente otra
35 disposición con dos electrodos 1702 y un conductor 1708. En esta disposición particular, el cuerpo conductor 1712 define un lumen 1716 (por ejemplo, un lumen de estilete) y el conductor 1708 está dispuesto alrededor del lumen.

La Figura 18 ilustra esquemáticamente otra disposición, utilizando los mismos números de referencia que la realización de la Figura 13, en la que el conductor 1308 está dispuesto en una trayectoria dirigida hacia una punta del cable 1300. Esto puede ser particularmente útil para evitar un lumen (por ejemplo, un lumen de estilete) que pasa a través de una porción del cable, pero que no está presente en el extremo distal del cable. En realizaciones alternativas, conductores separados pueden estar acoplados eléctricamente a cada electrodo y entonces los conductores separados están ambos acoplados eléctricamente a otro conductor que pasa a través del cuerpo conductor al extremo proximal del cable para proporcionar la conexión a la unidad de control (por ejemplo, un IPG con canales de estimulación de corriente constante y controlables de manera independiente).
40

La Figura 19 ilustra esquemáticamente otra realización de un cable 1900 con, comenzando desde el extremo distal del cable, un grupo de dos electrodos segmentados 1902, dos grupos de tres electrodos segmentados 1904 cada uno, y otro grupo de dos electrodos segmentados 1906. En esta disposición, cada uno de los electrodos 1902 se agrupa con uno de los electrodos 1906 como se ilustra esquemáticamente por las líneas 1908 y 1910. Se reconocerá que también es posible agrupar más de uno de los electrodos 1902 con uno o más de los electrodos 1906 o viceversa.
50

La Figura 29 ilustra esquemáticamente otra realización de un cable 2900. En este ejemplo, hay un grupo circunferencial de dos electrodos segmentados 2902 agrupados y un segundo grupo circunferencial de tres electrodos segmentados 2904. La Figura 20 ilustra esquemáticamente otra realización de un cable 2000. En este caso, hay cuatro grupos de tres electrodos segmentados 2006 cada uno. En la realización ilustrada, el grupo distal 2006 (a la izquierda) y el grupo más proximal 2006 (a la derecha) se agrupan entre sí como se indica esquemáticamente por las líneas 2008, 2010, respectivamente. Se comprende que en cada una de las realizaciones descritas en la presente invención el orden de los grupos y los grupos de electrodos que se agrupan pueden cambiar para formar cualquier disposición posible.
55

Se pueden preparar cables únicamente con electrodos segmentados que no se agrupan entre sí. La Figura 21 ilustra

esquemáticamente una realización de un cable 2100 con cuatro grupos de electrodos segmentados 2102. Cada grupo circunferencial de electrodos segmentados incluye cuatro electrodos. Por lo tanto, el número total de electrodos en el cable 2100 es dieciséis. La Figura 22 ilustra esquemáticamente una realización de un cable 2200 con tres grupos de electrodos segmentados 2202. Cada grupo de electrodos segmentados incluye cuatro electrodos. Por lo tanto, el número total de electrodos en el conductor 2200 es doce. La Figura 23 ilustra esquemáticamente una realización de un cable 2300 con dos grupos de electrodos segmentados 2302. Cada grupo de electrodos segmentados incluye cuatro electrodos. Por lo tanto, el número total de electrodos de un cable 2300 es ocho. Se comprende que se pueden hacer otros conductores con diferentes números de grupos (por ejemplo, dos, tres, cuatro, cinco, seis o más grupos) y diferentes números de electrodos segmentados en cada grupo (por ejemplo, dos, tres, cuatro, cinco, seis, o más electrodos). Se comprende también que el número de electrodos en cada grupo circunferencial puede ser igual o diferente. En algunas realizaciones, el cable no incluye un electrodo anular. En algunas realizaciones, el cable no incluye electrodos segmentados que se agrupan entre sí.

Los cables también pueden incluir un electrodo de punta. La Figura 24 ilustra esquemáticamente una realización de un cable 2400 con un electrodo de punta 2402 y cinco grupos de electrodos segmentados 2404 con tres electrodos segmentados por grupo. La Figura 25 ilustra esquemáticamente una realización de un cable 2500 con un electrodo de punta 2502, dos grupos de electrodos segmentados 2504 con tres electrodos segmentados por grupo, y un grupo de dos electrodos segmentados 2506 que se agrupan entre sí como se ilustra esquemáticamente por la línea 2508. Se reconocen que pueden presentarse otros arreglos con un número diferentes de grupos y número de electrodos en los grupos. La realización de la Figura 25 incluye tanto un electrodo de punta como un grupo de electrodos segmentados agrupados. Se reconoce que un electrodo de punta se puede añadir a cualquiera de las otras realizaciones desveladas en la presente.

Los cables también pueden incluir uno o más microelectrodos que tienen una superficie que es sustancialmente más pequeña que cualquier electrodo segmentado individual. La Figura 26 ilustra esquemáticamente una realización de un cable 2600 con un microelectrodo 2602 dispuesto en una punta del cable y cinco grupos de electrodos segmentados 2604 con tres electrodos segmentados por grupo. La Figura 27 ilustra esquemáticamente una realización de un cable 2700 con dos microelectrodos 2702 (el microelectrodo con un contorno de puntos está en el lado opuesto del cable) y dos grupos de electrodos segmentados 2704 con tres electrodos segmentados por grupo. La Figura 28 ilustra esquemáticamente una realización de un cable 2800 con dos grupos de dos electrodos segmentados 2802 que se agrupan entre sí, dos microelectrodos 2804 (el microelectrodo con un contorno de puntos está en el lado opuesto del cable) con cada microelectrodo dispuesto entre los dos electrodos segmentados de uno de los dos grupos, y un grupo de cuatro electrodos segmentados 2806. Se reconoce que los microelectrodos pueden estar situados entre los grupos de electrodos segmentados, como se ilustra en la Figura 27; entre los electrodos de un grupo de electrodos segmentados, como se ilustra en la Figura 28; en forma proximal a todos los electrodos segmentados; distal a todos los electrodos segmentados; o cualquier combinación de los mismos (cuando hay más de un microelectrodo). Se reconoce que uno o más microelectrodos se pueden añadir a cualquiera de las otras realizaciones desveladas en la presente.

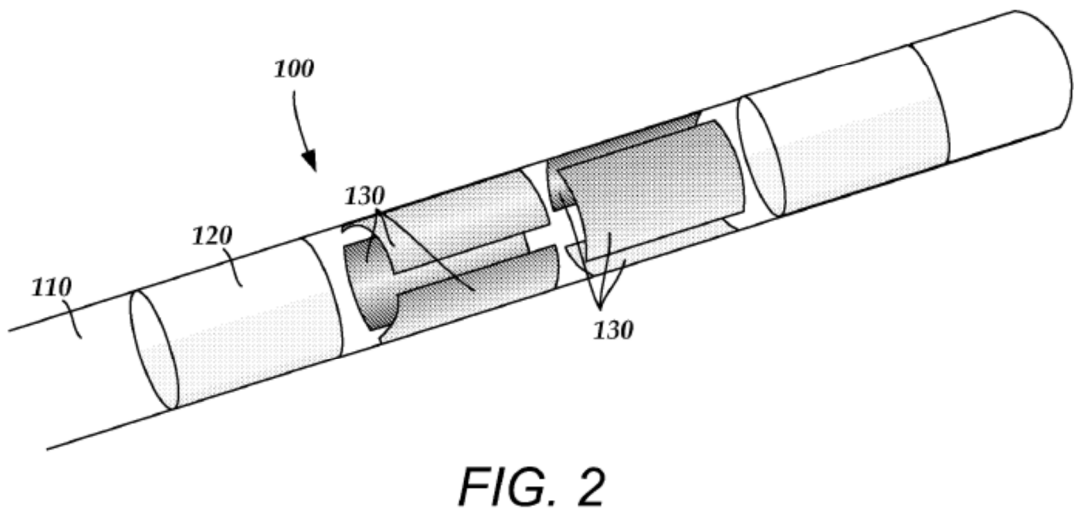
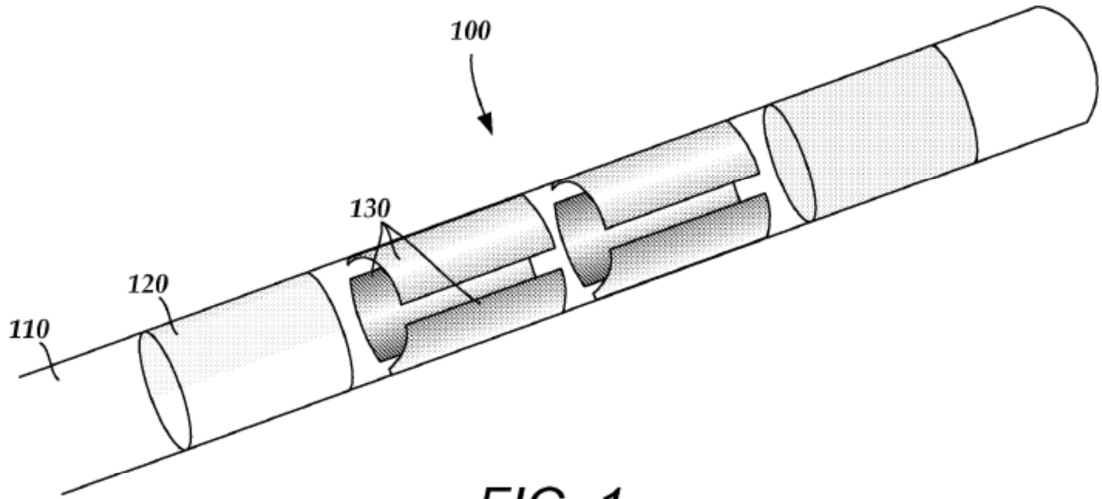
También se comprende que, en todas estas realizaciones, los electrodos no necesitan estar alineados a lo largo del eje longitudinal del cable. Los electrodos de un grupo pueden estar escalonados radialmente con respecto a los electrodos de uno o más de los otros grupos, como se muestra, por ejemplo, en la Figura 2 donde los grupos medios de los electrodos segmentados 130 están escalonados y no alineados linealmente a lo largo del eje longitudinal del cable 100.

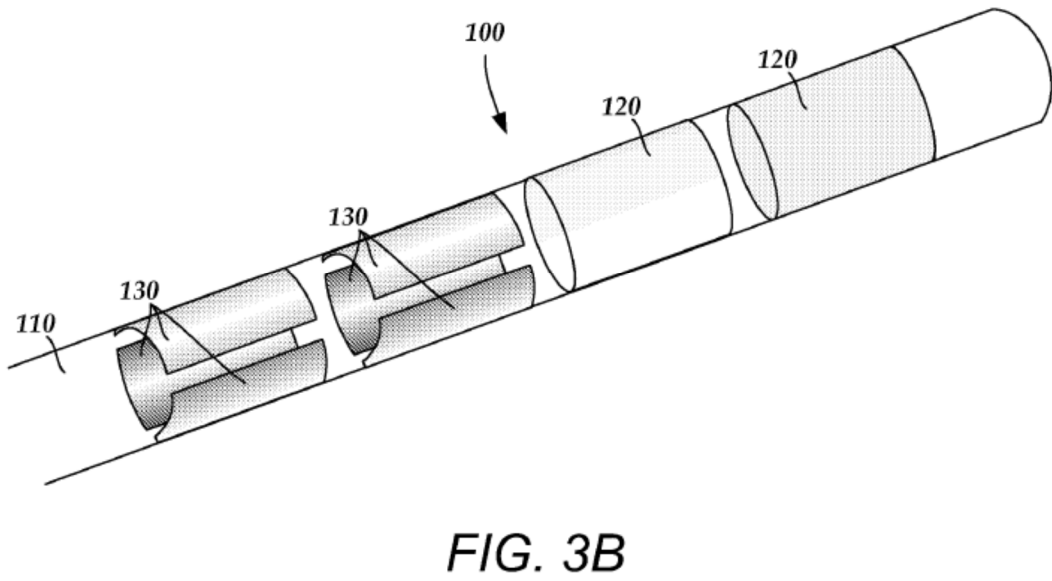
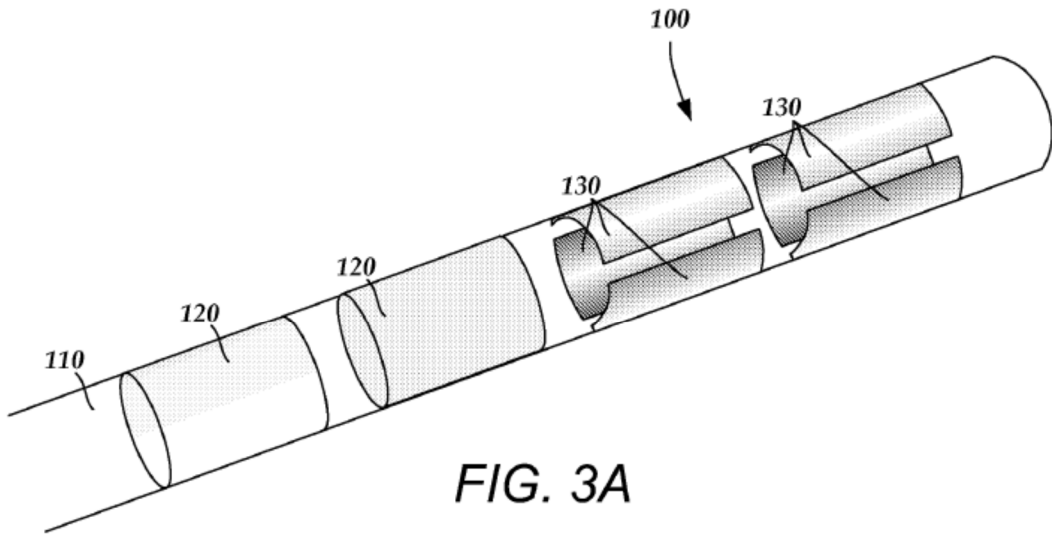
Los electrodos pueden tener cualquier tamaño o forma adecuado y pueden ser segmentos, anillos, o tener forma cilíndrica. También se comprende que los electrodos pueden tener la misma forma o tamaño (o forma y tamaño), o que la forma o tamaño (o forma y tamaño) de los electrodos pueden ser diferentes. La forma de los electrodos puede ser regular o irregular. Se reconoce que incluso dentro de un grupo circunferencial los electrodos segmentados pueden tener diferentes formas o tamaños (o diferentes formas y tamaños).

La memoria descriptiva, ejemplos y datos anteriores proporcionan una descripción de la fabricación y uso de la composición de la presente invención. Dado que muchas realizaciones de la invención se pueden hacer sin apartarse del alcance de la invención, la invención también reside en las reivindicaciones adjuntas a continuación.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo para la estimulación cerebral, que comprende:
 - un generador de pulsos implantable;
 - un cable (1300) acoplable al generador de pulsos implantable y que tiene una superficie longitudinal, un extremo proximal y un extremo distal, comprendiendo el cable un cuerpo conductor;
 - una pluralidad de electrodos dispuestos a lo largo de la superficie longitudinal del cable cerca del extremo distal del cable que comprende:
 - un primer conjunto de electrodos segmentados (1302) que comprende al menos dos electrodos segmentados dispuestos alrededor de una circunferencia del cable en una primera posición longitudinal a lo largo del cable; y
 - un segundo conjunto de electrodos segmentados (1304) que comprende al menos dos electrodos segmentados dispuestos alrededor de una circunferencia del cable en una segunda posición longitudinal a lo largo del cable; y
 - un electrodo en posición alejada, **caracterizado porque**
- el dispositivo está programado para desplazarse gradualmente desde una estimulación monopolar, en la que uno o más de los electrodos segmentados del segundo conjunto de electrodos segmentados es de una primera polaridad y el electrodo en posición alejada es de una segunda polaridad diferente de la primera polaridad, a una estimulación multipolar, en la que uno o más de los electrodos segmentados del segundo conjunto de electrodos segmentados es/son de una polaridad diferente a la de uno o más de los electrodos segmentados del segundo conjunto de electrodos segmentados.
2. El dispositivo de la reivindicación 1, que comprende además un electrodo anular en una tercera posición longitudinal del cable.
3. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones 1-2, que comprende además un electrodo de punta.
4. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, que comprende además un tercer conjunto de electrodos segmentados que comprende al menos dos electrodos segmentados dispuestos alrededor de una circunferencia del cable en una tercera posición longitudinal a lo largo del cable, y uno o más cables conductores que acoplan eléctricamente juntos todos los electrodos segmentados del tercer conjunto de electrodos segmentados.
5. El dispositivo de la reivindicación 4, que comprende además un cuarto conjunto de electrodos segmentados que comprende al menos dos electrodos segmentados dispuestos alrededor de una circunferencia del cable en una cuarta posición longitudinal a lo largo del cable.
6. El dispositivo de la reivindicación 5, en el que los electrodos segmentados individuales del segundo conjunto de electrodos segmentados están escalonados alrededor de la superficie longitudinal del cable con respecto a los electrodos segmentados individuales del cuarto conjunto de electrodos segmentados.
7. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que el segundo conjunto de electrodos segmentados comprende al menos tres electrodos segmentados.
8. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones 4-6, en el que el primer conjunto de electrodos segmentados y el tercer conjunto de electrodos segmentados comprenden cada uno dos electrodos segmentados.
9. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el cable está en una configuración 2-3-3-2 con dos electrodos segmentados en la primera posición longitudinal, tres electrodos segmentados en la segunda posición longitudinal, tres electrodos segmentados en una tercera posición longitudinal, y dos electrodos segmentados en una cuarta posición longitudinal, en el que los dos electrodos segmentados en la primera posición longitudinal están acoplados eléctricamente entre sí, y los dos electrodos segmentados en la cuarta posición longitudinal están acoplados eléctricamente entre sí.
10. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones 1-9, que comprende además uno o más conductores que acoplan eléctricamente entre sí todos los electrodos segmentados del primer conjunto de electrodos segmentados en el extremo distal del cable, en el que los uno o más conductores pasan a través de una región central del cable.
11. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el generador de pulsos implantable es un dispositivo de múltiples canales y corriente constante, con capacidad de programación independiente de cada canal de estimulación para proporcionar la conducción de la corriente.





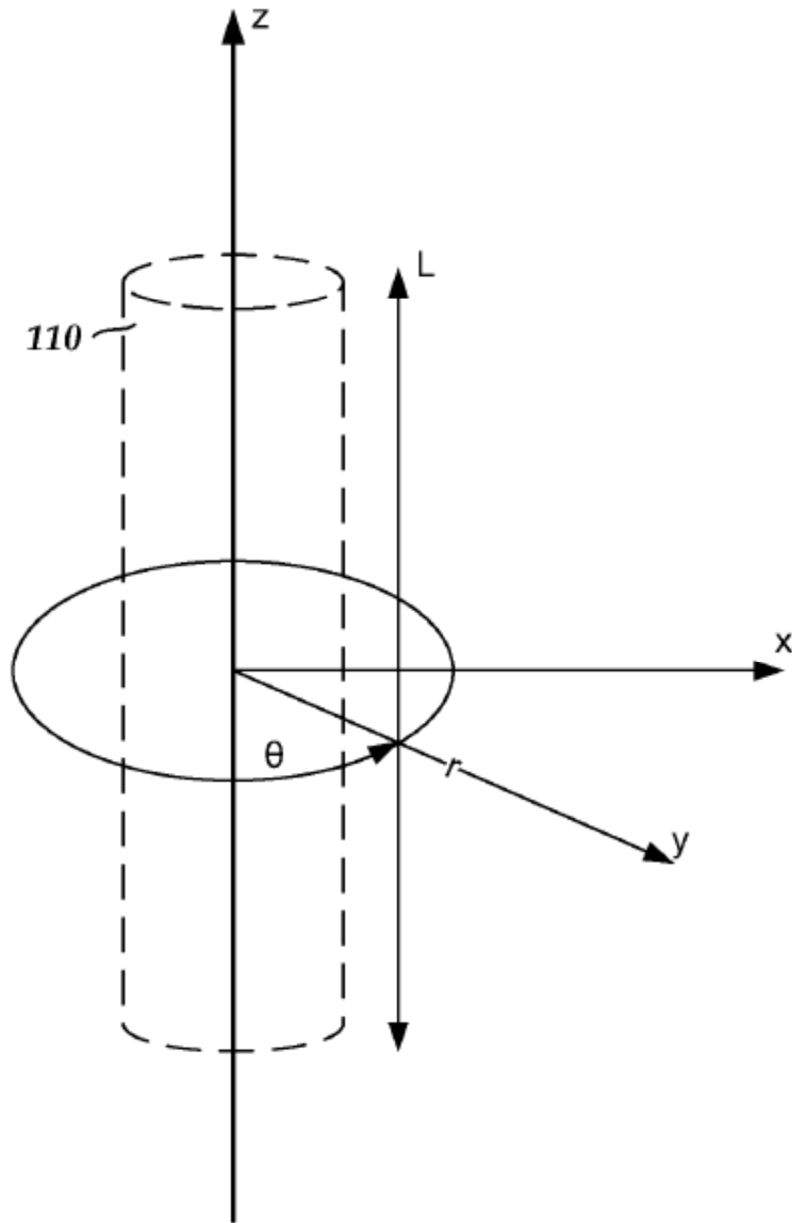


FIG. 4

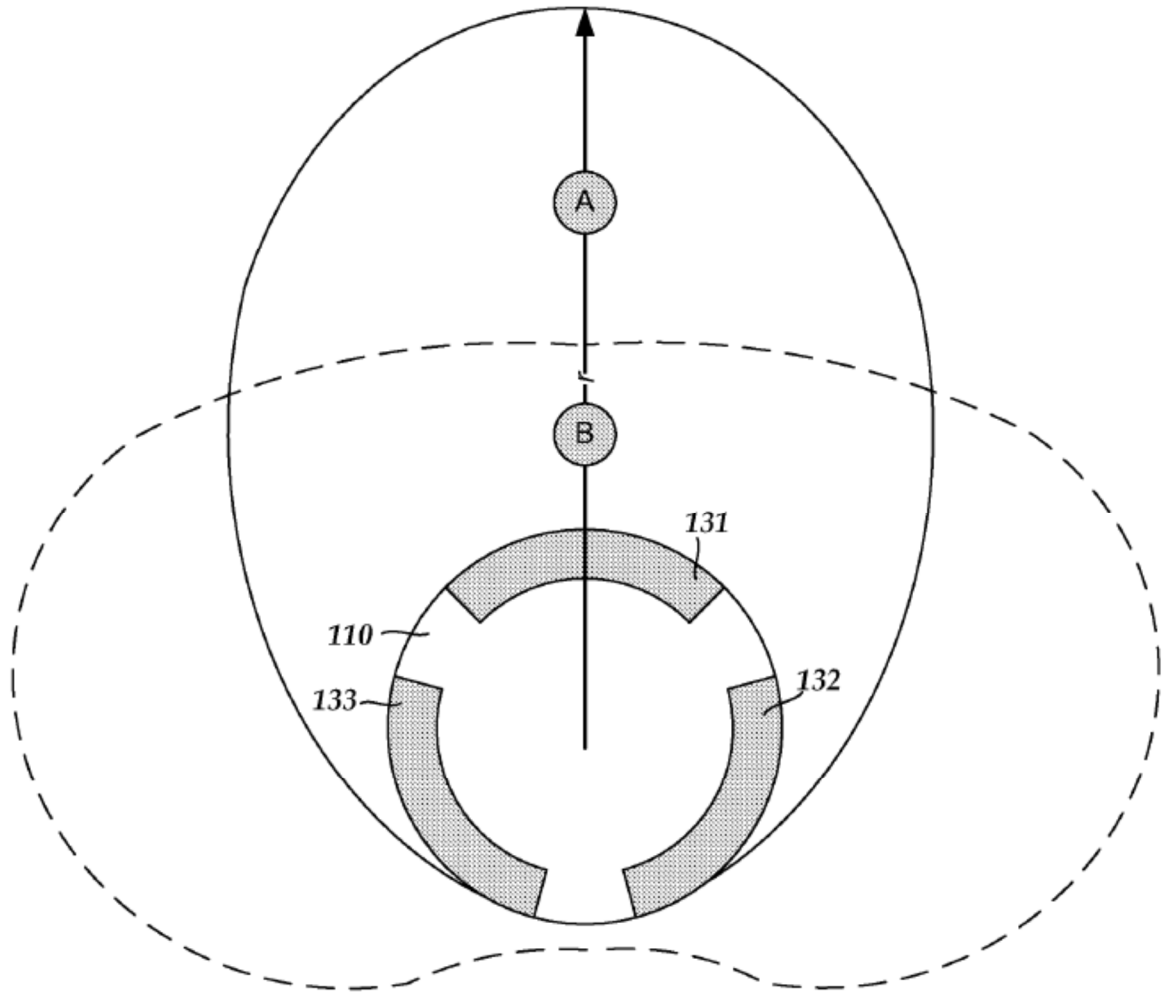


FIG. 5

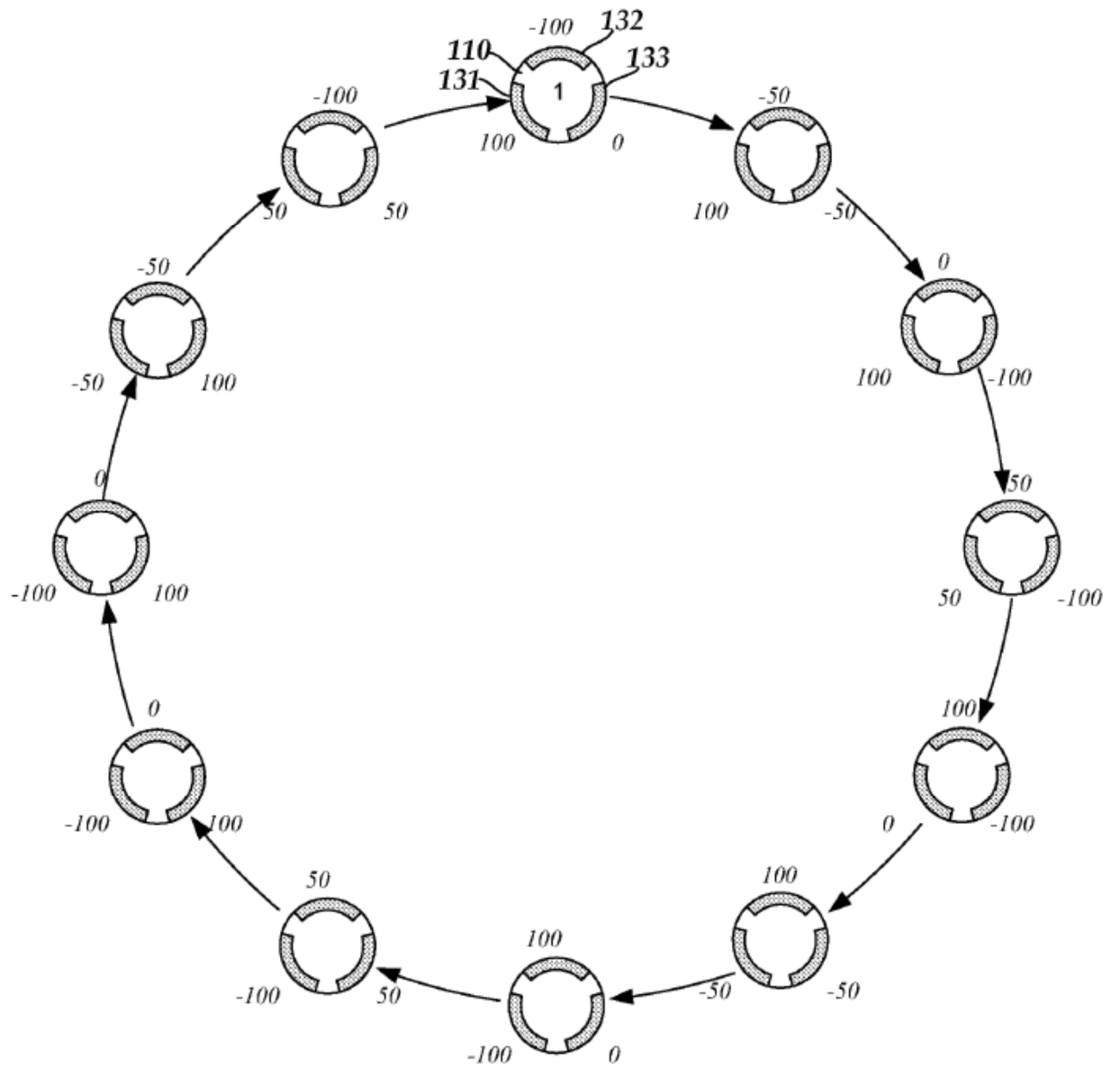


FIG. 6

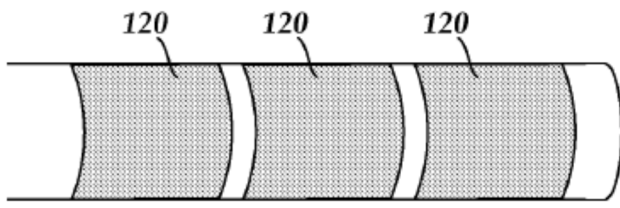


FIG. 7A

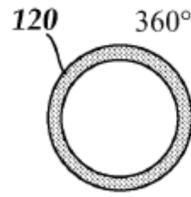


FIG. 7B

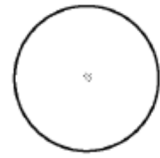


FIG. 7C

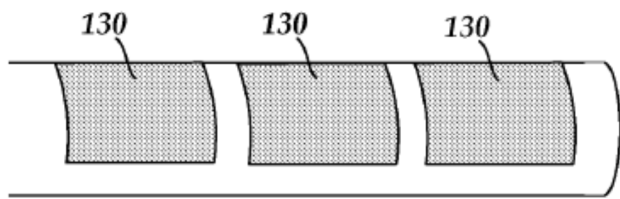


FIG. 8A

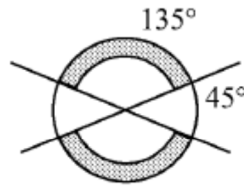


FIG. 8B

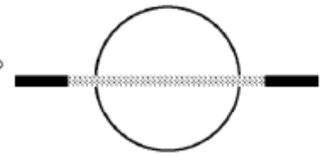


FIG. 8C

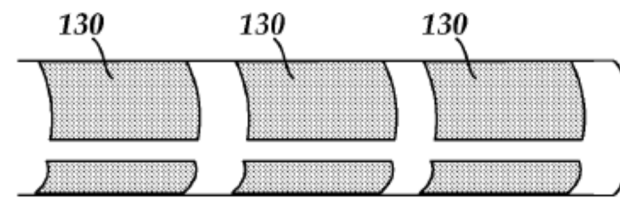


FIG. 9A

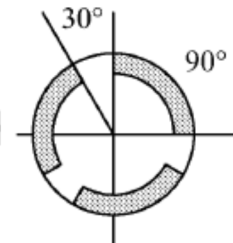


FIG. 9B

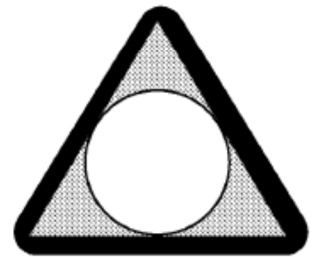


FIG. 9C

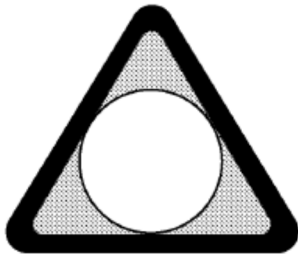


FIG. 10A

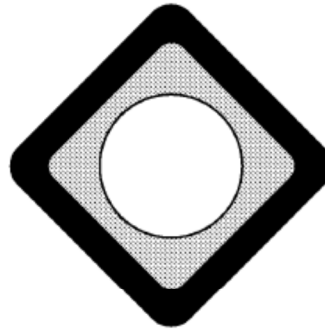


FIG. 10B

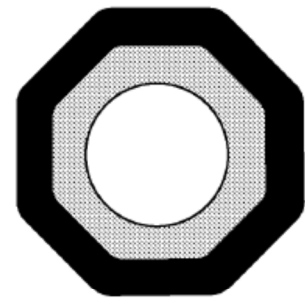


FIG. 10C

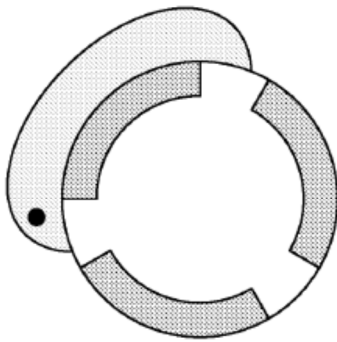


FIG. 11A

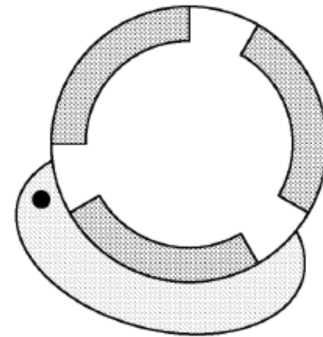


FIG. 11B

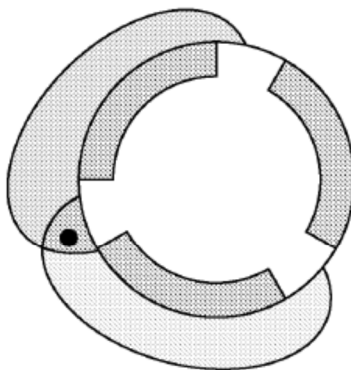


FIG. 11C

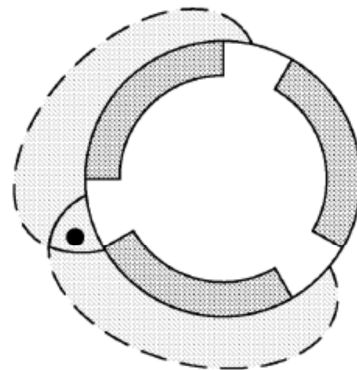


FIG. 11D

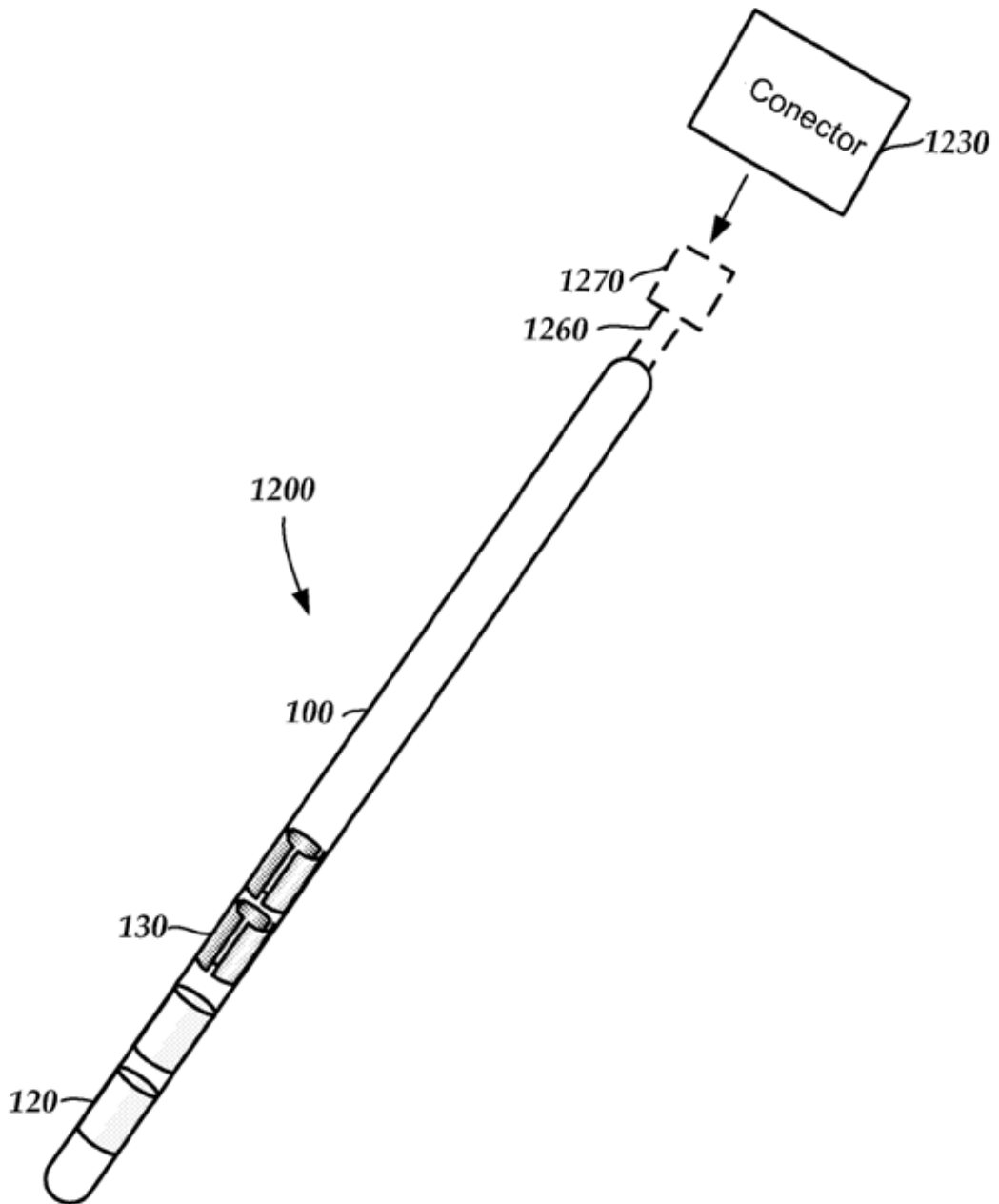


FIG. 12

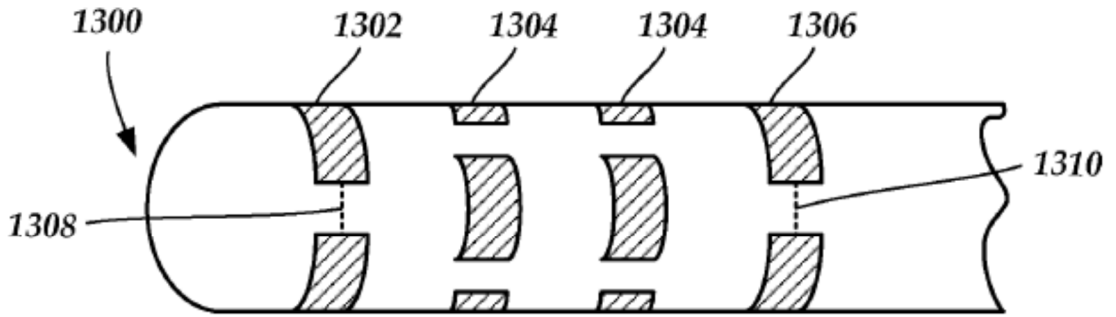


FIG. 13

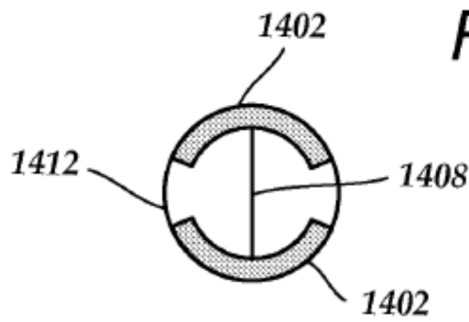


FIG. 14

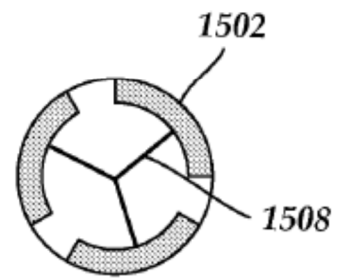


FIG. 15

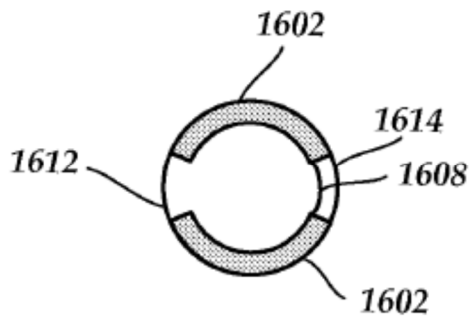


FIG. 16

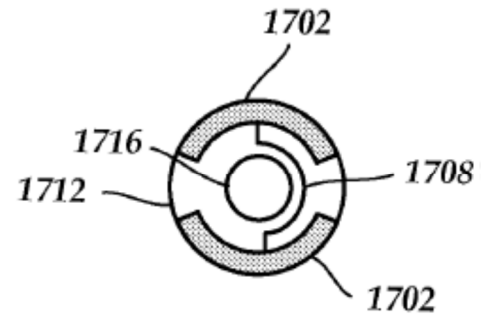


FIG. 17

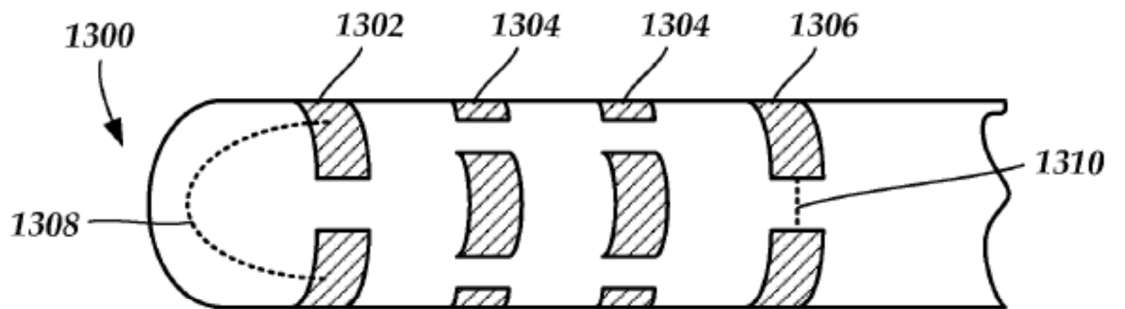


FIG. 18

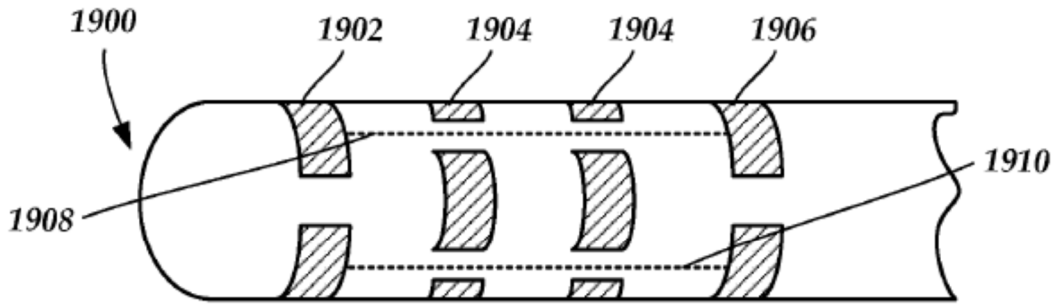


FIG. 19

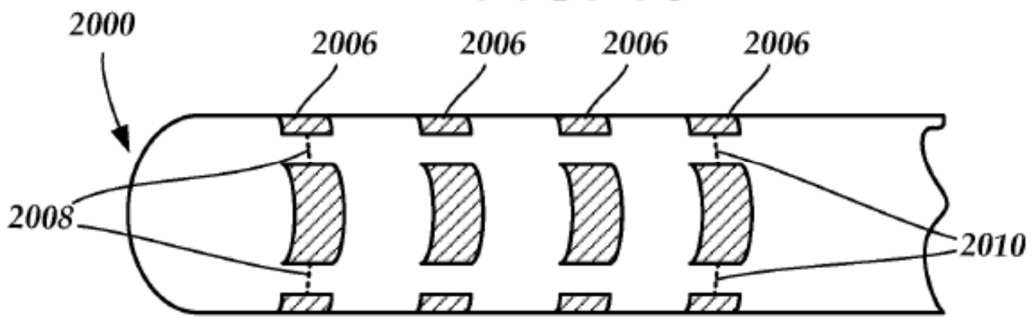


FIG. 20

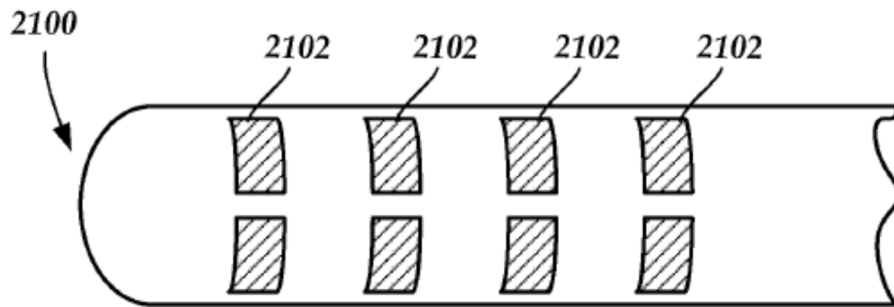


FIG. 21

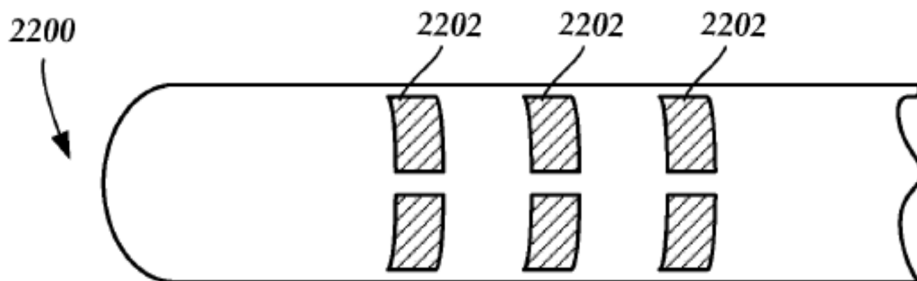


FIG. 22

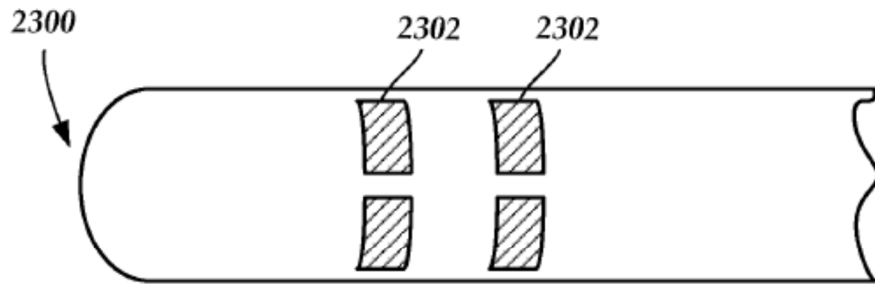


FIG. 23

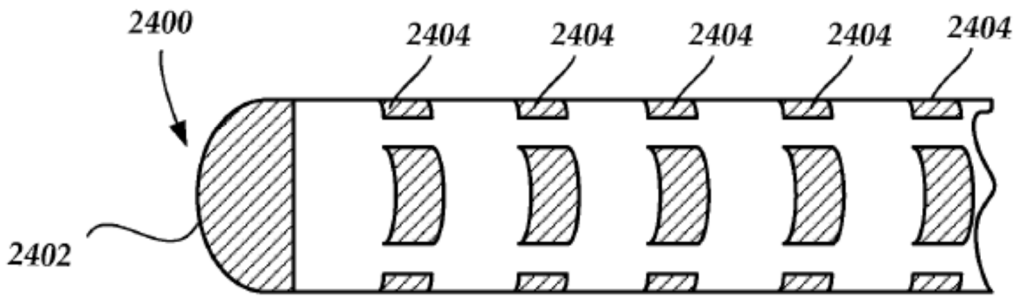


FIG. 24

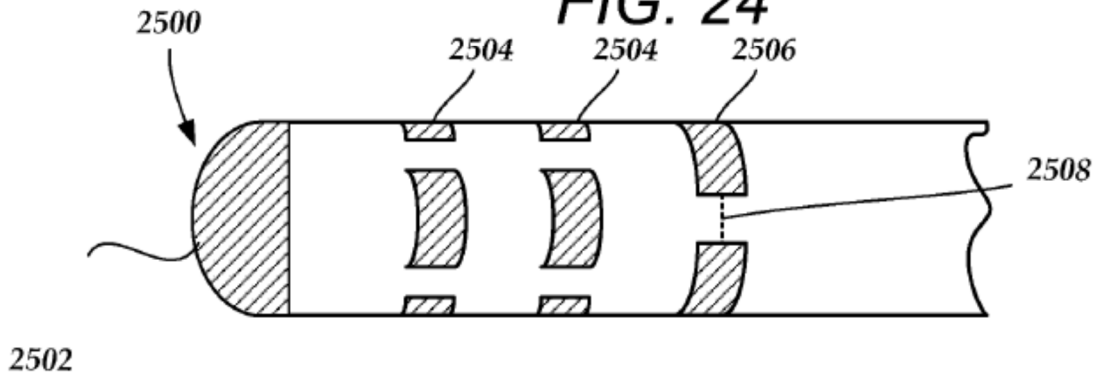


FIG. 25

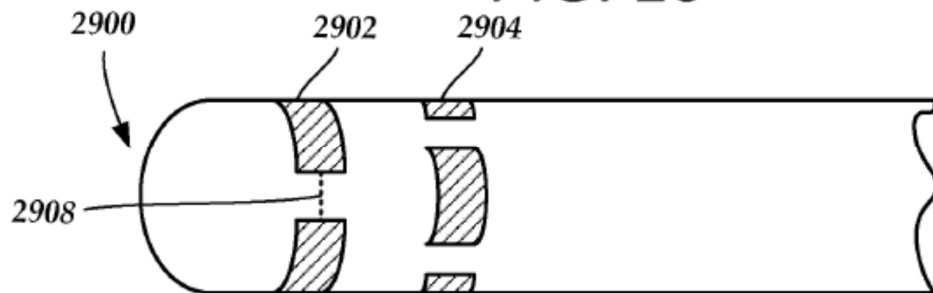


FIG. 29

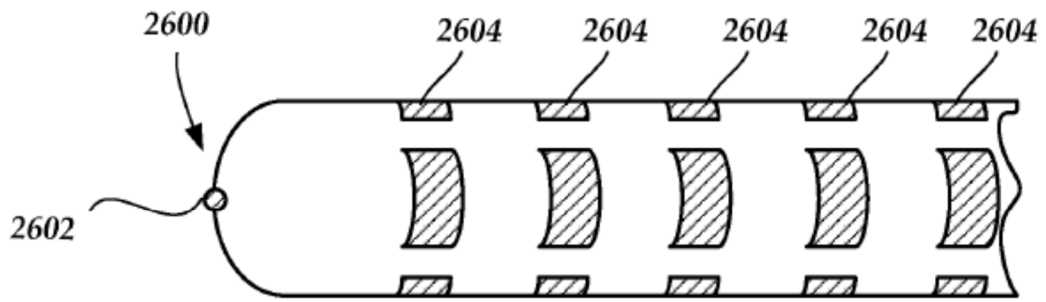


FIG. 26

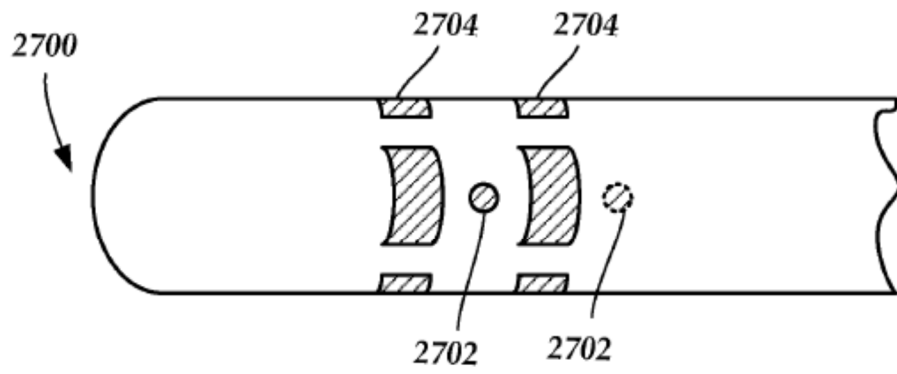


FIG. 27

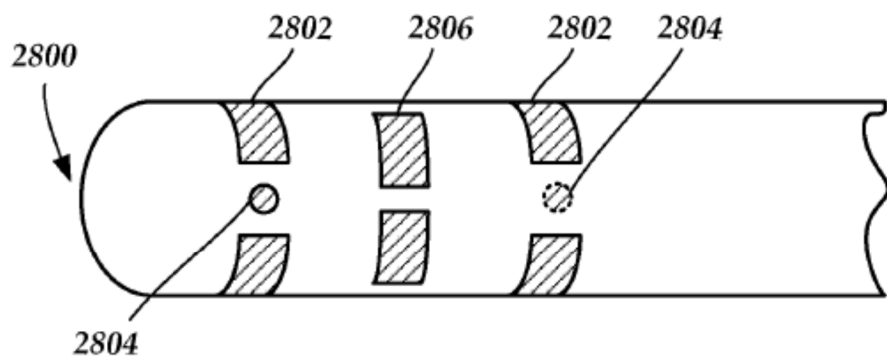


FIG. 28