

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 734 359**

51 Int. Cl.:

A61N 1/08 (2006.01)

A61N 1/372 (2006.01)

G06F 19/00 (2008.01)

G16H 40/63 (2008.01)

A61N 1/05 (2006.01)

A61N 1/36 (2006.01)

A61N 1/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.08.2011** **E 13156700 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019** **EP 2630987**

54 Título: **Interfaz de usuario para cables de neuroestimulación segmentados**

30 Prioridad:

18.08.2010 US 374879 P

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

05.12.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MOFFITT, MICHAEL A.;
KOTHANDARAMAN, SRIDHAR y
MAKOUS, JAMES C.**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 734 359 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

Interfaz de usuario para cables de neuroestimulación segmentados

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a sistemas de estimulación de tejidos y, más particularmente, a interfaz de usuario y procedimientos para controlar la distribución de la corriente eléctrica en cables de neuroestimulación segmentados.

Antecedentes de la invención

10 Los sistemas de neuroestimulación implantables han probado ser terapéuticos en una amplia variedad de enfermedades y trastornos. Los marcapasos y los desfibriladores cardíacos implantables (ICDs) han demostrado ser altamente eficaces en el tratamiento de una serie de afecciones cardíacas (por ejemplo, arritmias). Los sistemas de estimulación de la médula espinal (SCS) han sido aceptados durante mucho tiempo como una modalidad terapéutica para el tratamiento de síndromes de dolor crónico, y la aplicación de estimulación tisular ha comenzado a expandirse a aplicaciones adicionales, como la angina de pecho y la incontinencia. Además, en investigaciones recientes, los sistemas de estimulación nerviosa periférica (SNP) han demostrado ser eficaces en el tratamiento de los síndromes de dolor crónico y la incontinencia, y actualmente se están investigando varias aplicaciones adicionales. Más pertinente a las presentes invenciones descritas en este documento, la estimulación cerebral profunda (DBS) se ha aplicado terapéuticamente durante más de una década para el tratamiento de trastornos neurológicos, incluida la enfermedad de Parkinson, el temblor esencial, la distonía y la epilepsia, por mencionar solo algunos. Los detalles adicionales que discuten el tratamiento de enfermedades utilizando DBS se describen en las patentes de los Estados Unidos Nos. 6,845,267, 6,845,267 y 6,950,707.

20 Cada uno de estos sistemas de neuroestimulación implantables típicamente incluye uno o más electrodos que llevan cables de estimulación, que se implantan en el sitio de estimulación deseado, y se coloca un neuroestimulador a distancia del sitio de estimulación, pero se acopla directamente al cable(s) de neuroestimulación o indirectamente al cable(s) de neuroestimulación a través de una extensión de cable. El sistema de neuroestimulación puede comprender además un dispositivo de control externo manual para mandar a distancia al neuroestimulador para que genere pulsos de estimulación eléctrica de acuerdo con los parámetros de estimulación seleccionados. Normalmente, los parámetros de estimulación programados en el neuroestimulador se pueden ajustar manipulando los controles del dispositivo de control externo para modificar la estimulación eléctrica proporcionada por el sistema neuroestimulador al paciente.

30 Por lo tanto, de acuerdo con los parámetros de estimulación programados por el dispositivo de control externo, se pueden administrar pulsos eléctricos desde el neuroestimulador al (los) electrodo(s) de estimulación para estimular o activar un volumen de tejido de acuerdo con un conjunto de parámetros de estimulación y proporcionar la terapia eficaz deseada al paciente. El mejor conjunto de parámetros de estímulo será generalmente uno que suministre energía de estimulación al volumen de tejido que debe estimularse para proporcionar el beneficio terapéutico (por ejemplo, tratamiento de trastornos del movimiento), mientras se minimiza el volumen de tejido no diana que se estimula. Un conjunto típico de parámetros de estimulación puede incluir los electrodos que actúan como ánodos o cátodos, así como la amplitud, la duración y la velocidad de los pulsos de estimulación.

35 Significativamente, las selecciones de los parámetros de estimulación y colocación no óptimos del electrodo pueden resultar en un consumo de energía excesivo debido a la estimulación que se establece en una amplitud demasiado alta, una duración de pulso demasiado amplia o una frecuencia demasiado rápida; tratamiento inadecuado o marginado debido a la estimulación que se establece en una amplitud demasiado baja, una duración del pulso demasiado estrecha o una frecuencia demasiado lenta; o la estimulación de poblaciones de células vecinas que pueden resultar en efectos secundarios indeseables.

40 Por ejemplo, se ha probado que el DBS bilateral del núcleo subtalámico proporciona una terapia eficaz para mejorar los principales signos motores de la enfermedad de Parkinson avanzada, y aunque la estimulación bilateral del núcleo subtalámico se considera segura, una preocupación emergente son las posibles consecuencias negativas que puede tener sobre el funcionamiento cognitivo y la calidad de vida en general (ver A.M.M. Frankemolle, et al., Deterioros en la inversión cognitivo-motor en pacientes con enfermedad de Parkinson que utilizan un enfoque de modelado computacional para la programación de estimulación cerebral profunda, Brain 2010; pp. 1-16). En gran parte, este fenómeno se debe al pequeño tamaño del núcleo subtalámico. Incluso cuando los electrodos se ubican predominantemente dentro del territorio sensoriomotor, el campo eléctrico generado por DBS no se aplica de manera discriminatoria a todos los elementos neurales que rodean los electrodos, lo que resulta en la propagación de la corriente a los elementos neuronales que afectan la cognición. Como resultado, la función cognitiva disminuida durante la estimulación del núcleo subtalámico se puede producir en la activación no selectiva de vías no motoras dentro o alrededor del núcleo subtalámico.

55 La gran cantidad de electrodos disponibles, combinada con la capacidad de generar una variedad de pulsos de estimulación complejos, presenta una gran selección de conjuntos de parámetros de estimulación para el médico o el paciente. En el contexto de DBS, los cables de neuroestimulación con una compleja disposición de electrodos que

no solo se distribuyen axialmente a lo largo de los cables, sino que también se distribuyen circunferencialmente alrededor de los cables de neuroestimulación como electrodos segmentados.

Para facilitar dicha selección, el médico generalmente programa el dispositivo de control externo y, si corresponde, el neuroestimulador, a través de un sistema de programación computarizado. Este sistema de programación puede ser un sistema de hardware/software autónomo, o puede definirse predominantemente mediante un software que se ejecuta en una computadora personal estándar (PC). La PC o el hardware personalizado pueden controlar activamente las características de la estimulación eléctrica generada por el neuroestimulador para permitir que los parámetros de estimulación óptimos se determinen en función de la retroalimentación del paciente y luego programar el dispositivo de control externo con los parámetros de estimulación óptimos.

Cuando se implantan cables eléctricos dentro del paciente, el sistema de programación computarizado se puede usar para instruir al neuroestimulador para que aplique la estimulación eléctrica para probar la colocación de los cables y/o electrodos, asegurando así que los cables y/o electrodos se implantan en ubicaciones efectivas dentro del paciente. Una vez que los cables están colocados correctamente, se puede realizar un procedimiento de ajuste, se puede realizar utilizando el sistema de programación computarizado para programar el dispositivo de control externo y, si corresponde, el neuroestimulador, con un conjunto de parámetros de estimulación que abordan mejor el (los) trastorno(s) neurológico(s).

A medida que los médicos y los clínicos se sienten más cómodos con la implantación de sistemas de neuroestimulación y el tiempo en el quirófano disminuye, las sesiones de programación posteriores al implante se están convirtiendo en una parte más importante del proceso. Además, como el cuerpo tiende a adaptarse a los parámetros de estimulación específicos actualmente programados en un sistema de neuroestimulación, o los efectos completos de la estimulación no se manifiestan en un corto período de tiempo (es decir, no se observan en una sesión de programación), a menudo se necesitan procedimientos de programación de seguimiento. Por ejemplo, el cerebro es dinámico (por ejemplo, debido a la progresión de la enfermedad, el nuevo aprendizaje motor u otros cambios) y un programa (es decir, un conjunto de parámetros de estimulación) que es útil durante un período de tiempo puede no mantener su efectividad y/o las expectativas del paciente pueden aumentar. Además, los médicos generalmente tratan al paciente con estimulación y medicación, y se requieren cantidades adecuadas de cada uno para una terapia óptima. Por lo tanto, después de que se haya implantado y ajustado el sistema DBS, el paciente puede tener que programar otra visita al médico para ajustar los parámetros de estimulación del sistema de DBS si el tratamiento proporcionado por el sistema de DBS implantado ya no es efectivo o de lo contrario no es terapéutica u operativamente óptimo debido a, por ejemplo, progresión de la enfermedad, reaprendizaje motor u otros cambios. Las estimaciones clínicas sugieren que se necesitan 18-36 horas por paciente para programar y evaluar a los pacientes con DBS con las técnicas actuales (Ver Hunka K., et al., Tiempo de enfermería para programar y evaluar estimuladores cerebrales profundos en pacientes con trastornos del movimiento, J. Neurosci Nurs. 37: 204-10).

El documento US 2009/0287271 A1 representa el estado de la técnica más cercano.

Por lo tanto, sigue existiendo la necesidad de una interfaz de usuario que permita de manera más eficiente la programación de sistemas de neuroestimulación que utilizan cables de neuroestimulación con disposiciones complejas de electrodos.

Sumario de la invención

La presente invención se define por las reivindicaciones adjuntas. Los ejemplos, realizaciones o aspectos de la presente descripción que no están dentro del alcance de dichas reivindicaciones se proporcionan simplemente con fines ilustrativos y no forman parte de la invención. Además, cualquier procedimiento quirúrgico, terapéutico o de diagnóstico presentado en la presente descripción se proporciona solo con fines ilustrativos y no forma parte de la presente invención.

Las presentes invenciones se dirigen a un dispositivo de control externo (por ejemplo, un programador clínico) para su uso con un sistema de neuroestimulación que tiene una pluralidad de electrodos (que pueden ser transportados por uno o más cables de neuroestimulación) capaces de transportar un campo de estimulación eléctrica en el tejido en el que se implantan los electrodos. El dispositivo de control externo comprende una interfaz de usuario que tiene uno o más elementos de control, un procesador configurado para generar parámetros de estimulación diseñados para modificar el campo de estimulación eléctrica en relación con el (los) cable(s) de neuroestimulación. En el caso de un solo cable de neuroestimulación, el conjunto de parámetros de estimulación está diseñado para modificar el campo de estimulación eléctrica en relación con el eje del cable de neuroestimulación. El dispositivo de control externo comprende además circuitos de salida (por ejemplo, circuitos de telemetría) configurados para transmitir los parámetros de estimulación al sistema de neuroestimulación. La interfaz de usuario puede incluir además una pantalla de visualización, en cuyo caso, los elementos de control pueden tomar la forma de íconos en la pantalla de visualización. El dispositivo de control externo puede comprender además una carcasa que contiene la interfaz de usuario, el procesador y los circuitos de salida.

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, la interfaz de usuario incluye un elemento de control de selección de modo y un elemento de control de modificación del campo de estimulación eléctrica, y el procesador está configurado para colocar selectivamente el elemento de control de modificación del campo de estimulación eléctrica entre un modo de desplazamiento del campo de estimulación eléctrica y un modo de configuración del campo de estimulación eléctrica cuando se acciona el elemento de control de selección de modo. El procesador está configurado además para generar un primer conjunto de parámetros de estimulación diseñados para desplazar un lugar del campo de estimulación eléctrica cuando el elemento de control de modificación del campo de estimulación eléctrica se activa en el modo de desplazamiento del campo de estimulación eléctrica, y para generar un segundo conjunto de parámetros de estimulación diseñados para dar forma al campo de estimulación eléctrica alrededor de su lugar cuando el elemento de control de modificación del campo de estimulación eléctrica se activa en el modo de configuración del campo de estimulación eléctrica.

En una realización, los electrodos están dispuestos axialmente a lo largo de uno o más cables de neuroestimulación, en cuyo caso, el primer conjunto de parámetros de estimulación puede diseñarse para desplazar el campo de estimulación eléctrica a lo largo del (de los) cable(s) de neuroestimulación, y el segundo conjunto de parámetros de estimulación puede diseñarse para expandir o contraer el campo de estimulación eléctrica a lo largo de los cables de neuroestimulación. En otra realización, los electrodos están dispuestos circunferencialmente alrededor de uno o más cables de neuroestimulación, en cuyo caso, el primer conjunto de parámetros de estimulación puede diseñarse para desplazar el campo de estimulación eléctrica sobre los cables de neuroestimulación, y el segundo conjunto de parámetros de estimulación puede diseñarse para expandir o contraer el campo de estimulación eléctrica sobre el cable(s) de neuroestimulación.

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, la interfaz de usuario incluye un elemento de control de modificación circunferencial configurado para ser activado (por ejemplo, un elemento de control de rotación configurado para ser girado alrededor de un punto), y el procesador está configurado para generar un conjunto de parámetros de estimulación diseñados para desplazar circunferencialmente un lugar del campo de estimulación eléctrica sobre el cable(s) de neuroestimulación cuando el elemento de control de rotación gira alrededor del punto.

En una realización opcional, la interfaz de usuario incluye un marcador asociado con el elemento de control de rotación. El marcador indica la posición circunferencial del lugar del campo de estimulación eléctrica. En otra realización opcional, la interfaz de usuario incluye un elemento de control de modificación radial, y el procesador está configurado además para generar otro conjunto de parámetros de estimulación diseñados para desplazar radialmente el lugar del campo de estimulación eléctrica cuando se acciona el elemento de control de modificación radial. El elemento de control de modificación radial puede estar ubicado en el elemento de control de rotación, en cuyo caso el elemento de control de modificación radial puede estar configurado para ser desplazado radialmente hacia y desde el punto del elemento de control de rotación.

De acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención, la interfaz de usuario incluye un elemento de control de modificación circunferencial configurado para ser continuamente (por ejemplo, continuamente o repetidamente) activado, y el procesador está configurado para generar conjuntos de parámetros de estimulación diseñados para desplazar circunferencialmente un lugar del campo de estimulación eléctrica alrededor del (los) cable(s) de neuroestimulación en una primera dirección de rotación en las respectivas posiciones angulares diferentes a medida que el elemento de control de modificación circunferencial se acciona continuamente. La interfaz de usuario puede incluir además otro elemento de control de modificación circunferencial configurado para ser activado continuamente, en cuyo caso, el procesador puede configurarse para generar otros conjuntos de parámetros de estimulación diseñados para desplazar circunferencialmente el lugar del campo de estimulación eléctrica alrededor del (los) cable(s) de neuroestimulación en una segunda dirección de rotación opuesta a la primera dirección de rotación en las respectivas posiciones angulares diferentes, como el otro elemento de control de modificación circunferencial es continuamente activado. En una realización opcional, la interfaz de usuario incluye un elemento de control de modificación radial, el procesador está configurado para generar otro conjunto de parámetros de estimulación diseñados para expandir o contraer radialmente el campo de estimulación eléctrica cuando se activa el elemento de control de modificación radial, y los circuitos de salida está configurada para transmitir el otro conjunto de parámetros de estimulación al sistema de neuroestimulación.

De acuerdo con un cuarto aspecto de la presente invención, la interfaz de usuario incluye una pantalla de visualización (por ejemplo, una pantalla táctil) configurada para mostrar representaciones gráficas tridimensionales y una pluralidad de elementos de control icónicos vinculados gráficamente a las representaciones tridimensionales de los electrodos. El procesador está configurado para generar parámetros de estimulación diseñados para modificar el campo de estimulación eléctrica cuando se activa uno de los elementos de control icónicos. En una realización, los parámetros de estimulación definen una amplitud de la corriente eléctrica que fluye a través del electrodo correspondiente a la representación gráfica del electrodo al que está enlazado gráficamente el elemento de control icónico accionado.

En otra realización, el procesador está configurado para estimar un volumen de activación de tejido en función de los parámetros de estimulación generados, y la pantalla de visualización está configurada para mostrar una estructura anatómica y el volumen de activación de tejido por separado de las representaciones gráficas tridimensionales de los electrodos. En este caso, la interfaz de usuario incluye un elemento de control de desplazamiento del cable

5 configurado para ser accionado, y el procesador está configurado para desplazar sincrónicamente (por ejemplo, axialmente y/o circunferencialmente) tanto la representación gráfica tridimensional de los electrodos como el volumen de activación del tejido en relación con la estructura anatómica en respuesta al accionamiento del elemento de control de desplazamiento del cable. La pantalla de visualización también puede configurarse para mostrar una
 10 representación gráfica tridimensional del cable de neuroestimulación con el volumen de activación tisular y la estructura anatómica, y el procesador está configurado para desplazar sincrónicamente la representación gráfica tridimensional de los electrodos y el volumen de activación tisular y la representación gráfica del cable de neuroestimulación en relación con la estructura anatómica en respuesta a la actuación del elemento de control de desplazamiento del cable. La estructura anatómica puede mostrarse en una de las vistas axial, coronal y sagital. En este caso, la interfaz de usuario puede incluir además otro elemento de control configurado para ser activado, y el procesador puede configurarse para seleccionar una de las vistas axial, coronal y sagital en respuesta al accionamiento del otro elemento de control.

Otros y adicionales aspectos y características de la invención serán evidentes al leer la siguiente descripción detallada de las realizaciones preferidas, que pretenden ilustrar, no limitar, la invención.

15 Los siguientes aspectos son realizaciones preferidas de la invención.

1. Un dispositivo de control externo para usar con un sistema de neuroestimulación que tiene una pluralidad de electrodos capaces de transportar un campo de estimulación eléctrica en el tejido en el que se implantan los electrodos, que comprende:

20 una interfaz de usuario que incluye un elemento de control de selección de modo y un elemento de control de modificación del campo de estimulación eléctrica;

un procesador configurado para colocar selectivamente el elemento de control de modificación del campo de estimulación eléctrica entre un modo de desplazamiento del campo de estimulación eléctrica y un modo de configuración del campo de estimulación eléctrica cuando se activa el elemento de control de selección de modo, y para generar un primer conjunto de parámetros de estimulación diseñados para desplazar un lugar del campo de estimulación eléctrica cuando el elemento de control de modificación del campo de estimulación eléctrica se activa en el modo de desplazamiento del campo de estimulación eléctrica, y para generar un segundo conjunto de parámetros de estimulación diseñados para dar forma al campo de estimulación eléctrica alrededor de su lugar cuando el elemento de control de modificación del campo de estimulación eléctrica se activa en el modo de configuración del campo de estimulación eléctrica; y

30 circuitos de salida configurados para transmitir el primer y segundo conjunto de parámetros de estimulación al sistema de neuroestimulación.

2. El dispositivo de control externo del aspecto 1, en donde los electrodos están dispuestos axialmente a lo largo de uno o más cables de neuroestimulación, y el primer conjunto de parámetros de estimulación está diseñado para desplazar el campo de estimulación eléctrica a lo largo de uno o más cables de neuroestimulación, y el segundo conjunto de parámetros de estimulación está diseñado para expandir o contraer el campo de estimulación eléctrica a lo largo de uno o más cables de neuroestimulación.

3. El dispositivo de control externo del aspecto 1, en donde los electrodos están dispuestos circunferencialmente alrededor de uno o más cables de neuroestimulación, y el primer conjunto de parámetros de estimulación está diseñado para desplazar el campo de estimulación eléctrica sobre uno o más cables de neuroestimulación, y el segundo conjunto de parámetros de estimulación está diseñado para expandir o contraer el campo de estimulación eléctrica sobre el uno o más cables de neuroestimulación.

4. El dispositivo de control externo del aspecto 1, en donde la interfaz de usuario incluye una pantalla de visualización y los elementos de control primero y segundo son iconos ubicados en la pantalla de visualización.

5. El dispositivo de control externo del aspecto 1, en donde los circuitos de salida comprenden circuitos de telemetría.

6. El dispositivo de control externo del aspecto 1, que comprende además una carcasa que contiene la interfaz de usuario, el procesador y los circuitos de salida.

50 7. Un dispositivo de control externo para usar con un sistema de neuroestimulación que tiene uno o más cables de neuroestimulación que llevan una pluralidad de electrodos capaces de transportar un campo de estimulación eléctrica en el tejido en el que se implantan los electrodos, que comprende:

una interfaz de usuario que incluye un elemento de control de modificación circunferencial configurado para ser accionado;

- un procesador configurado para generar un conjunto de parámetros de estimulación diseñados para desplazar circunferencialmente un lugar del campo de estimulación eléctrica alrededor de uno o más cables de neuroestimulación cuando se acciona el elemento de control de modificación circunferencial; y
- 5 circuito de salida configurado para transmitir el conjunto de parámetros de estimulación al sistema de neuroestimulación.
8. El dispositivo de control externo del aspecto 7, en donde el elemento de control de modificación circunferencial es un elemento de control de rotación configurado para ser activado girando el elemento de control de rotación alrededor de un punto.
9. El dispositivo de control externo del aspecto 8, en donde el elemento de control de rotación es un dial mecánico.
- 10 10. El dispositivo de control externo del aspecto 7, en donde la interfaz de usuario incluye una pantalla de visualización y el elemento de control es un icono ubicado en la pantalla de visualización.
11. El dispositivo de control externo del aspecto 7, en donde la interfaz de usuario incluye un marcador asociado con el elemento de control de modificación circunferencial, en donde el marcador indica la posición circunferencial del lugar del campo de estimulación eléctrica.
- 15 12. El dispositivo de control externo del aspecto 8, en donde la interfaz de usuario incluye un elemento de control de modificación radial, el procesador está configurado para generar otro conjunto de parámetros de estimulación diseñados para desplazar radialmente el lugar del campo de estimulación eléctrica cuando se activa el elemento de control de modificación radial, y los circuitos de salida están configurados para transmitir el otro conjunto de parámetros de estimulación al sistema de neuroestimulación.
- 20 13. El dispositivo de control externo del aspecto 12, en donde el elemento de control de modificación radial está ubicado en el elemento de control de rotación, el elemento de control de modificación radial configurado para ser desplazado radialmente hacia y desde el punto del elemento de control de rotación.
14. El dispositivo de control externo del aspecto 7, en donde uno o más cables de neuroestimulación es un cable de neuroestimulación único alrededor del cual la pluralidad de electrodos está dispuesta circunferencialmente, y el conjunto de parámetros de estimulación está diseñado para desplazar circunferencialmente el lugar del campo de estimulación eléctrica alrededor del eje del único cable de neuroestimulación.
- 25 15. El dispositivo de control externo del aspecto 7, en donde los circuitos de salida comprenden circuitos de telemetría.
- 30 16. El dispositivo de control externo del aspecto 7, que comprende además una carcasa que contiene la interfaz de usuario, el procesador y los circuitos de salida.
17. Un dispositivo de control externo para usar con un sistema de neuroestimulación que tiene uno o más cables de neuroestimulación que llevan una pluralidad de electrodos capaces de transportar un campo de estimulación eléctrica en el tejido en el que se implantan los electrodos, que comprende:
- 35 una interfaz de usuario que incluye un elemento de control de modificación circunferencial configurado para ser activado continuamente;
- un procesador configurado para generar conjuntos de parámetros de estimulación diseñados para desplazar circunferencialmente un lugar del campo de estimulación eléctrica alrededor de uno o más cables de neuroestimulación en una primera dirección de rotación en respectivas posiciones angulares diferentes a medida que el elemento de control de modificación circunferencial se acciona continuamente;
- 40 y
- circuitos de salida configurado para transmitir los conjuntos de parámetros de estimulación al sistema de neuroestimulación.
- 45 18. El dispositivo de control externo del aspecto 17, en donde el elemento de control de modificación circunferencial está configurado para ser activado continuamente, y los conjuntos de parámetros de estimulación están diseñados para desplazar circunferencialmente el campo de estimulación eléctrica alrededor de uno o más cables de neuroestimulación en la primera dirección de rotación en las diferentes posiciones angulares a medida que el elemento de control de modificación circunferencial se acciona continuamente.
- 50 19. El dispositivo de control externo del aspecto 17, en donde el elemento de control de modificación circunferencial está configurado para ser accionado repetidamente, y los conjuntos de parámetros de estimulación están diseñados para desplazar circunferencialmente el campo de estimulación eléctrica

alrededor de uno o más cables de neuroestimulación en la primera dirección de rotación en las diferentes posiciones angulares a medida que el elemento de control de modificación circunferencial se acciona repetidamente.

5 20. El dispositivo de control externo del aspecto 17, en donde la interfaz de usuario incluye además otro elemento de control de modificación circunferencial configurado para ser activado continuamente, el procesador está configurado para generar otros conjuntos de parámetros de estimulación diseñados para desplazar circunferencialmente el lugar del campo de estimulación eléctrica alrededor de uno o más cables de neuroestimulación en una segunda dirección de rotación opuesta a la primera dirección de rotación en las
10 respectivas posiciones angulares diferentes, ya que el otro elemento de control de modificación circunferencial se acciona continuamente, y el circuito de salida está configurado para transmitir los otros conjuntos de parámetros de estimulación al sistema de neuroestimulación.

21. El dispositivo de control externo del aspecto 20, en donde la interfaz de usuario incluye una pantalla de visualización y el elemento de control de modificación circunferencial es un icono ubicado en la pantalla de visualización.

15 22. El dispositivo de control externo del aspecto 17, en donde la interfaz de usuario incluye un elemento de control de modificación radial, el procesador está configurado para generar otro conjunto de parámetros de estimulación diseñados para desplazar radialmente el lugar del campo de estimulación eléctrica cuando se activa el elemento de control de modificación circunferencial, y los circuitos de salida está configurada para transmitir el otro conjunto de parámetros de estimulación al sistema de neuroestimulación.

20 23. El dispositivo de control externo del aspecto 17, en donde la interfaz de usuario incluye un elemento de control de modificación radial, el procesador está configurado para generar otro conjunto de parámetros de estimulación diseñados para expandir o contraer radialmente el campo de estimulación eléctrica cuando se activa el elemento de control de modificación radial, y los circuitos de salida está configurada para transmitir el otro conjunto de parámetros de estimulación al sistema de neuroestimulación.

25 24. El dispositivo de control externo del aspecto 17, en donde el uno o más cables de neuroestimulación es un cable de neuroestimulación único alrededor del cual la pluralidad de electrodos está dispuesta circunferencialmente, y los conjuntos de parámetros de estimulación están diseñados para desplazar circunferencialmente el lugar del campo de estimulación eléctrica alrededor del eje del único cable de neuroestimulación.

30 25. El dispositivo de control externo del aspecto 17, en donde los circuitos de salida comprenden circuitos de telemetría.

26. El dispositivo de control externo del aspecto 17, que comprende además una carcasa que contiene la interfaz de usuario, el procesador y los circuitos de salida.

35 27. Un dispositivo de control externo para usar con un sistema de neuroestimulación que tiene un cable de neuroestimulación y una pluralidad de electrodos dispuestos circunferencialmente alrededor del cable de neuroestimulación capaz de transportar un campo de estimulación eléctrica al tejido en el que se implantan los electrodos, que comprende:

40 una interfaz de usuario que incluye una pantalla de visualización configurada para mostrar representaciones gráficas tridimensionales y una pluralidad de elementos de control icónicos vinculados gráficamente a las representaciones tridimensionales de los electrodos;

un procesador configurado para generar parámetros de estimulación diseñados para modificar el campo de estimulación eléctrica cuando se acciona uno de los elementos de control icónicos; y

circuitos de salida configurado para transmitir los parámetros de estimulación al sistema de neuroestimulación.

45 28. El dispositivo de control externo del aspecto 27, en donde la pantalla de visualización es una pantalla táctil.

29. El dispositivo de control externo del aspecto 27, en donde los parámetros de estimulación definen una amplitud de la corriente eléctrica que fluye a través del electrodo correspondiente a la representación gráfica del electrodo al que está enlazado gráficamente el elemento de control icónico accionado.

50 30. El dispositivo de control externo del aspecto 27, en donde el procesador está configurado para estimar un volumen de activación del tejido en función de los parámetros de estimulación generados, en donde la pantalla de visualización está configurada para mostrar una estructura anatómica y el volumen de activación del tejido por separado de las representaciones gráficas tridimensionales de los electrodos, la interfaz de usuario incluye un elemento de control de desplazamiento del cable configurado para ser activado, y el

procesador está configurado para desplazar sincrónicamente tanto la representación gráfica tridimensional de los electrodos como el volumen de activación del tejido en relación con la estructura anatómica en respuesta a la actuación del elemento de control de desplazamiento del cable.

5 31. El dispositivo de control externo del aspecto 30, en donde la pantalla de visualización está configurada para mostrar una representación gráfica tridimensional del cable de neuroestimulación con el volumen de activación tisular y la estructura anatómica, y el procesador está configurado para desplazar sincrónicamente la representación gráfica tridimensional de los electrodos y el volumen de activación tisular y la representación gráfica del cable de neuroestimulación en relación con la estructura anatómica en respuesta a la actuación del elemento de control de desplazamiento del cable.

10 32. El dispositivo de control externo del aspecto 30, en donde el procesador está configurado para desplazar axialmente los electrodos gráficos y el volumen de activación del tejido en respuesta a la actuación del elemento de control de desplazamiento del cable.

15 33. El dispositivo de control externo del aspecto 30, en donde el procesador está configurado para desplazar circunferencialmente los electrodos gráficos y el volumen de activación del tejido en respuesta a la actuación del elemento de control de desplazamiento del cable.

34. El dispositivo de control externo del aspecto 30, en donde la estructura anatómica se muestra en una vista axial, una vista coronal y una vista sagital.

20 35. El dispositivo de control externo del aspecto 30, en donde la interfaz de usuario incluye otro elemento de control configurado para ser activado, y el procesador está configurado para seleccionar una de las vistas axial, coronal y sagital en respuesta a la actuación del otro elemento de control.

36. El dispositivo de control externo del aspecto 27, en donde los circuitos de salida comprenden circuitos de telemetría.

37. El dispositivo de control externo del aspecto 27, que comprende además una carcasa que contiene la interfaz de usuario, el procesador y los circuitos de salida.

25 Breve descripción de los dibujos

Los dibujos ilustran el diseño y la utilidad de las realizaciones preferidas de la presente invención, en las que se hace referencia a elementos similares mediante números de referencia comunes. Con el fin de apreciar mejor cómo se obtienen las ventajas y objetos de la presente invención, una descripción más particular de las presentes invenciones descritas con brevedad anteriormente, se presentarán con referencia a realizaciones específicas de la misma, que se ilustran en los dibujos adjuntos. Al comprender que estos dibujos representan solo realizaciones típicas de la invención y, por lo tanto, no deben considerarse limitativos de su alcance, la invención se describirá y explicará con mayor especificidad y detalle mediante el uso de los dibujos adjuntos, en los que:

La **figura 1** es una vista en planta de un sistema de estimulación cerebral profunda (DBS) construido de acuerdo con una realización de las presentes invenciones;

35 La **figura 2** es una vista de perfil de un generador de pulso implantable (IPG) y cables de neuroestimulación utilizados en el sistema DBS de la **figura 1**;

La **figura 3** es una vista en sección transversal de un cable de neuroestimulación utilizado en el sistema DBS de la **figura 1**;

40 La **figura 4** es una vista en sección transversal de la cabeza de un paciente que muestra la implantación de cables de estimulación y una IPG del sistema DBS de la **figura 1**;

La **figura 5** es una vista frontal de un control remoto (RC) utilizado en el sistema DBS de la **figura 1**;

La **figura 6** es un diagrama de bloques de los componentes internos del RC de la **figura 5**;

La **figura 7** es un diagrama de bloques de los componentes internos de un programador clínico (CP) utilizado en el sistema DBS de la **figura 1**;

45 Las **figuras 8A-8G** son vistas que muestran la activación de los electrodos para desplazar axial, circunferencial y radialmente el lugar del campo de estimulación eléctrica en relación con el cable de neuroestimulación;

Las **figuras 9A-9D** son vistas que muestran la activación de los electrodos para expandir/contraer axial y circunferencialmente el campo de estimulación eléctrica;

La **figura 10** es una vista en planta de una interfaz de usuario del CP de la **figura 7** para programar el IPG de la **figura 2**;

Las **figuras 11A-11C** son vistas en planta que ilustran elementos de control de modificación circunferenciales alternativos que se pueden usar en la interfaz de usuario de la **figura 10**;

5 Las **figuras 12A-12E** son vistas en planta que ilustran elementos de control de rotación que pueden utilizarse en la interfaz de usuario de la **figura 10**;

La **figura 13** es una vista en perspectiva de una representación tridimensional alternativa de los electrodos y elementos de control asociados gráficamente con las representaciones de los electrodos que se pueden usar con la interfaz de usuario de la **figura 10**;

10 La **figura 14** es una vista en perspectiva de un cerebro que puede mostrarse en cualquiera de una vista axial, coronal o sagital seleccionada generada por la interfaz de usuario de la **figura 10** para analizar un volumen de activación.

Descripción detallada de las realizaciones

15 Al principio, se observa que la presente invención se puede usar con un generador de pulso implantable (IPG), un transmisor de radiofrecuencia (RF) o un neuro estimulador similar, que se puede usar como componente de numerosos tipos diferentes de sistemas de estimulación. La descripción que sigue se relaciona con un sistema de estimulación cerebral profunda (DBS). Sin embargo, debe entenderse que, aunque la invención se presta bien para aplicaciones en DBS, la invención, en sus aspectos más amplios, puede no estar tan limitada. Más bien, la invención se puede usar con cualquier tipo de circuito eléctrico implantable utilizado para estimular el tejido. Por ejemplo, la
20 presente invención se puede usar como parte de un marcapasos, un desfibrilador, un estimulador coclear, un estimulador de la retina, un estimulador configurado para producir un movimiento coordinado de las extremidades, un estimulador cortical, un estimulador de la médula espinal, un estimulador de nervio periférico, un microestimulador o cualquier otro estimulador neural configurado para tratar la incontinencia urinaria, la apnea del sueño, la subluxación del hombro, el dolor de cabeza, etc.

25 Pasando primero a la **figura 1**, un ejemplo de sistema de neuroestimulación DBS 10 generalmente incluye al menos un cable 12 de estimulación implantable (en este caso, dos), un neuro estimulador en forma de un generador de pulso implantable (IPG) 14, un control remoto externo RC 16, un programador clínico (CP) 18, un estimulador de prueba externo (electrodos ETS) 20 y un cargador 22 externo.

30 El IPG 14 está conectado físicamente a través de una o más extensiones 24 de cable percutáneas a los cables 12 de neuroestimulación, que llevan una pluralidad de electrodos 26 dispuestos en una matriz. En la realización ilustrada, los cables 12 de neuroestimulación son cables percutáneos, y para este fin, los electrodos 26 pueden estar dispuestos en línea a lo largo de los cables 12 de neuroestimulación. En realizaciones alternativas, los electrodos 26 pueden estar dispuestos en un patrón bidimensional en un solo cable de pala. Como se describirá con más detalle a continuación, el IPG 14 incluye un circuito de generación de impulsos que suministra energía de estimulación
35 eléctrica en forma de una forma de onda eléctrica pulsada (es decir, una serie temporal de impulsos eléctricos) a la matriz de electrodos 26 de acuerdo con un conjunto de parámetros de estimulación.

40 El ETS 20 también se puede conectar físicamente a través de las extensiones 28 de cable percutáneas y el cable externo 30 a los cables 12 de neuroestimulación. El ETS 20, que tiene un circuito de generación de pulso similar al del IPG 14, también suministra energía de estimulación eléctrica en forma de onda eléctrica de pulso a la matriz de electrodos 26 de acuerdo con un conjunto de parámetros de estimulación. La principal diferencia entre el ETS 20 y el IPG 14 es que el ETS 20 es un dispositivo no implantable que se utiliza a modo de prueba después de que se hayan implantado los cables 12 de neuroestimulación y antes de la implantación del IPG 14, para probar la capacidad de respuesta de la estimulación que se va a proporcionar.

45 El RC 16 se puede usar para controlar teleméricamente el ETS 20 a través de un enlace 32 de comunicaciones de RF bidireccional. Una vez que el IPG 14 y los cables 12 de estimulación se implantan, el RC 16 se puede usar para controlar teleméricamente el IPG 14 a través de un enlace 34 de comunicaciones RF bidireccional. Dicho control permite que el IPG 14 se encienda o apague y se programe con diferentes conjuntos de parámetros de estimulación. El IPG 14 también puede operarse para modificar los parámetros de estimulación programados para controlar activamente las características de la energía eléctrica de estimulación producida por el IPG 14. Como se describirá con más detalle a continuación, el CP 18 proporciona parámetros de estimulación detallados por el médico para programar el IPG 14 y el ETS 20 en la sala de operaciones y en las sesiones de seguimiento.

50 El CP 18 puede realizar esta función mediante la comunicación indirecta con el IPG 14 o ETS 20, a través del RC 16, a través de un enlace de comunicaciones IR 36. Alternativamente, el CP 18 puede comunicarse directamente con el IPG 14 o ETS 20 a través de un enlace de comunicaciones de RF (no mostrado). Los parámetros de estimulación detallados por el médico proporcionados por el CP 18 también se utilizan para programar el RC 16, de modo que los parámetros de estimulación pueden modificarse posteriormente mediante el funcionamiento del RC 16 en un modo independiente (es decir, sin la asistencia del CP 18).

El cargador 22 externo es un dispositivo portátil que se utiliza para cargar de forma transcutánea el IPG 14 a través de un enlace 38 inductivo. A efectos de brevedad, los detalles del cargador 22 externo no se describirán aquí. Los detalles de las realizaciones ejemplares de cargadores externos se describen en la patente de los Estados Unidos No. 6,895,280. Una vez que el IPG 14 ha sido programado, y su fuente de energía ha sido cargada por el cargador externo 22 o se ha reemplazado, el IPG 14 puede funcionar como está programado sin que el RC 16 o el CP 18 estén presentes.

Con referencia a la **figura 2**, el IPG 14 comprende una caja 40 exterior para alojar los componentes electrónicos y otros (descritos con más detalle a continuación), y un conector 42 al cual el extremo proximal del cable 12 de neuroestimulación se acopla de una manera que acopla eléctricamente los electrodos 26 a la electrónica interna (que se describe con más detalle a continuación) dentro de la caja 40 exterior. La caja 40 exterior está compuesta por un cable eléctrico. Material conductor, biocompatible, como el titanio, y forma un compartimiento herméticamente sellado en donde la electrónica interna está protegida de los tejidos y fluidos del cuerpo. En algunos casos, la caja exterior 40 puede servir como un electrodo.

Cada uno de los cables 12 de neuroestimulación comprende un cuerpo 43 de cable cilíndrico alargado, y los electrodos 26 adoptan la forma de electrodos segmentados que están dispuestos circunferencial y axialmente alrededor del cuerpo 43 de cable. A modo de ejemplo no limitativo, y con referencia adicional a la **figura 3**, cada cable 12 de neuroestimulación puede llevar dieciséis electrodos, dispuestos como cuatro anillos de electrodos (el primer anillo consiste en electrodos E1-E4; el segundo anillo consiste en electrodos E5-E8; el tercer anillo consiste en electrodos E9-E12; y el cuarto anillo consistente en E13-E16) o cuatro columnas axiales de electrodos (la primera columna consiste en electrodos E1, E5, E9 y E13; la segunda columna consta de electrodos E2, E6, E10 y E14; la tercera columna consiste en los electrodos E3, E7, E11 y E15; y la cuarta columna que consiste en electrodos E4, E8, E12 y E16). El número real y la forma de los cables y electrodos, por supuesto, variarán de acuerdo con la aplicación prevista. Los detalles adicionales que describen la construcción y el procedimiento de fabricación de cables de estimulación percutánea se describen en la solicitud de patente de los Estados Unidos No. 11/689,918, titulada "Ensamblaje de cable y procedimiento para hacer el mismo", y la solicitud de patente de los Estados Unidos No. 11/565,547, titulada "Cable de electrodo de contacto múltiple cilíndrico para estimulación neural y procedimiento para hacer lo mismo".

Como se describirá con más detalle a continuación, el IPG 14 incluye una batería y un circuito de generación de impulsos que suministra la energía de estimulación eléctrica en forma de onda eléctrica pulsada a la matriz de electrodos 26 de acuerdo con un conjunto de parámetros de estimulación programados en el IPG 14. Dichos parámetros de estimulación pueden comprender combinaciones de electrodos, que definen los electrodos que se activan como ánodos (positivos), cátodos (negativo) y apagado (cero), porcentaje de energía de estimulación asignada a cada electrodo (configuraciones de electrodo fraccionado) y los parámetros de pulso eléctrico, que definen la amplitud del pulso (medido en miliamperios o voltios dependiendo de si el IPG 14 suministra corriente constante o voltaje constante a la matriz de electrodos 26), duración del pulso (medida en microsegundos), frecuencia del pulso (medida en pulsos por segundo) y velocidad de ráfaga (medida como la estimulación de la duración X y la duración de la estimulación desactivada Y).

La estimulación eléctrica ocurrirá entre dos (o más) electrodos activados, uno de los cuales puede ser el caso de IPG. La energía de simulación se puede transmitir al tejido en forma monopolar o multipolar (por ejemplo, bipolar, tripolar, etc.). La estimulación monopolar ocurre cuando se selecciona uno de los electrodos 26 de cable junto con el caso del IPG 14, de modo que la energía de estimulación se transmite entre el electrodo 26 seleccionado y el caso. La estimulación bipolar se produce cuando dos de los electrodos 26 de cable se activan como ánodo y cátodo, de modo que la energía de estimulación se transmite entre los electrodos 26 seleccionados. La estimulación tripolar se produce cuando se activan tres de los electrodos 26 de cable, dos como ánodos y el restante como cátodo, o dos como cátodos y el otro como ánodo.

En la realización ilustrada, IPG 14 puede controlar individualmente la magnitud de la corriente eléctrica que fluye a través de cada uno de los electrodos. En este caso, se prefiere tener un generador de corriente, en donde se puedan generar selectivamente amplitudes reguladas por corriente individuales desde fuentes de corriente independientes para cada electrodo. Aunque este sistema es óptimo para aprovechar la invención, otros estimuladores que pueden usarse con la invención incluyen estimuladores que tienen salidas reguladas por voltaje. Si bien las amplitudes de electrodos programables individualmente son óptimas para lograr un control preciso, también se puede usar una sola fuente de salida conmutada entre los electrodos, aunque con un control menos preciso en la programación. Los dispositivos regulados de voltaje y corriente mixta también pueden usarse con la invención. Los detalles adicionales que analizan la estructura detallada y la función de las IPG se describen más detalladamente en las patentes de los Estados Unidos Nos. 6,516,227 y 6,993,384.

Como se muestra en la **figura 4**, se introducen dos cables 12 de neuroestimulación percutánea a través de un orificio 46 (o, alternativamente, dos orificios respectivos) formados en el cráneo 48 de un paciente 44, e introducido en el parénquima del cerebro 49 del paciente 44 de una manera convencional, de modo que los electrodos 26 son adyacentes a una región del tejido objetivo, cuya estimulación tratará la disfunción (por ejemplo el tálamo ventrolateral, el segmento interno del globo pálido, la sustancia negra reticular, el núcleo subtalámico o el segmento externo del globo pálido). Por lo tanto, la energía de estimulación se puede transmitir desde los electrodos 26 a la

región del tejido objetivo para cambiar el estado de la disfunción. Debido a la falta de espacio cerca del lugar donde los cables 12 de neuroestimulación salen del orificio 46, el IPG 14 generalmente se implanta en un bolsillo quirúrgico en el pecho o en el abdomen. Por supuesto, el IPG 14 también puede implantarse en otras ubicaciones del cuerpo del paciente. La(s) extensión(es) del cable 24 facilita la ubicación del IPG 14 lejos del punto de salida de los cables 12 de neuroestimulación.

Con referencia ahora a la **figura 5**, ahora se describirá una realización ejemplar de un RC 16. Como se mencionó anteriormente, el RC 16 es capaz de comunicarse con el IPG 14, el CP 18 o el ETS 20. El RC 16 comprende una carcasa 50, que aloja componentes internos (incluida una placa de circuito impreso (PCB)), y una pantalla 52 iluminada y un botón 54 que lleva el exterior de la carcasa 50. En la realización ilustrada, la pantalla 52 de visualización es una pantalla de visualización de panel plano iluminada, y la almohadilla de botón 54 comprende un interruptor de membrana con cúpulas metálicas colocadas sobre un circuito flexible, y un conector de teclado conectado directamente a una PCB. En una realización opcional, la pantalla 52 de visualización tiene capacidades de pantalla táctil. El botón 54 incluye una multitud de botones 56, 58, 60 y 62, que permiten que el IPG 14 ser encendida y apagada, permite el ajuste o ajuste de los parámetros de estimulación dentro del IPG 14, y permite la selección entre pantallas.

En la realización ilustrada, el botón 56 sirve como un botón de encendido/apagado que se puede activar para encender y apagar el IPG 14. El botón 58 sirve como un botón de selección que permite al RC 16 cambiar entre las pantallas y/o los parámetros. Los botones 60 y 62 sirven como botones arriba/abajo que pueden activarse para aumentar o disminuir cualquiera de los parámetros de estimulación del pulso generado por el IPG 14, incluyendo la amplitud del pulso, el ancho del pulso y la frecuencia del pulso. Por ejemplo, el botón 58 de selección se puede activar para colocar el RC 16 en un "Modo de ajuste de amplitud de pulso", durante el cual se puede ajustar la amplitud del pulso mediante los botones arriba/abajo 60, 62, un "Modo de ajuste de ancho de pulso", durante el cual se puede ajustar el ancho de pulso mediante los botones arriba/abajo 60, 62, y un "Modo de ajuste de frecuencia de pulso", durante el cual se puede ajustar la frecuencia del pulso mediante los botones arriba/abajo 60, 62. Alternativamente, se pueden proporcionar botones dedicados hacia arriba/abajo para cada parámetro de estimulación. En lugar de usar los botones arriba/abajo, se puede usar cualquier otro tipo de actuador, como un dial, barra deslizante o teclado, para aumentar o disminuir los parámetros de estimulación. Detalles adicionales de la funcionalidad y los componentes internos del RC 16 se describen en la Patente de los Estados Unidos No. 6, 895,280.

Con referencia a la **figura 6**, ahora se describirán los componentes internos de un RC 16 ejemplar. El RC 16 generalmente incluye un procesador 64 (por ejemplo, un microcontrolador), una memoria 66 que almacena un programa operativo para ser ejecutado por el procesador 64, así como los conjuntos de parámetros de estimulación en una tabla de consulta (descrita a continuación), circuitos de entrada/salida y, en particular, circuitos 68 de telemetría para enviar los parámetros de estimulación al IPG 14 y recibir información de estado del IPG 14, y circuitos 70 de entrada/salida para recibir señales de control de estimulación del botón 54 y transmitir información de estado a la pantalla 52 de visualización (como se muestra en la **figura 5**). Además de controlar otras funciones del RC 16, que no se describirán aquí con propósitos de brevedad, el procesador 64 genera nuevos conjuntos de parámetros de estimulación en respuesta a la operación del usuario del botón del botón 54. Estos nuevos conjuntos de parámetros de estimulación serían luego transmitidos al IPG 14 (o ETS 20) a través del circuito 68 de telemetría. Más detalles de la funcionalidad y los componentes internos del RC 16 se describen en la Patente de Estados Unidos No. 6,895,280.

Como se explicó con brevedad anteriormente, el CP 18 simplifica enormemente la programación de múltiples combinaciones de electrodos, lo que permite al médico o al clínico determinar fácilmente los parámetros de estimulación deseados para ser programados en el IPG 14, así como el RC 16. Por lo tanto, la modificación de los parámetros de estimulación en la memoria programable del IPG 14 después de la implantación es realizada por un médico que usa el CP 18, que puede comunicarse directamente con el IPG 14 o indirectamente con el IPG 14 a través del RC 16. Es decir, el médico o el clínico puede usar el CP 18 para modificar los parámetros operativos de la matriz de electrodos 26 en el cerebro.

La apariencia general del CP 18 es la de una computadora personal portátil (PC), y, de hecho, se puede implantar utilizando una PC que haya sido configurada de manera apropiada para incluir un dispositivo de programación direccional y programada para realizar las funciones descritas en este documento. Alternativamente, el CP 18 puede tomar la forma de una minicomputadora, asistente personal digital (PDA), etc., o incluso un control remoto (RC) con funcionalidad expandida. Por lo tanto, las metodologías de programación pueden realizarse ejecutando instrucciones de software contenidas en el CP 18. Alternativamente, tales metodologías de programación pueden realizarse usando firmware o hardware. En cualquier caso, el CP 18 puede controlar activamente las características de la estimulación eléctrica generada por el IPG 14 (o ETS 20) para permitir que los parámetros de estimulación óptimos se determinen en función de la respuesta y retroalimentación del paciente y para programar posteriormente el IPG 14 (o ETS 20) con los parámetros de estimulación óptimos.

Para permitir al usuario realizar estas funciones, el CP 18 incluye un mouse 72, un teclado 74 y una pantalla 76 de visualización alojados en un estuche 78. En la realización ilustrada, la pantalla 76 de visualización es una pantalla convencional. Debe entenderse que además de, o en lugar de, el mouse 72, se pueden usar otros dispositivos de

- programación direccionales, como una rueda de desplazamiento, un tablero táctil o una palanca de mando. Alternativamente, en lugar de ser convencional, la pantalla 76 de visualización puede ser una pantalla digitalizadora, tal como una pantalla táctil) (no mostrada), se puede usar junto con un toque de dedo/lápiz digitalizador activo o pasivo. Como se muestra en la **figura 7**, el CP 18 generalmente incluye un procesador 80 (por ejemplo, una unidad central de procesamiento (CPU)) y una memoria 82 que almacena un paquete de programación de estimulación 84, que puede ser ejecutado por el procesador 80 para permitir al usuario programar el IPG 14 y el RC 16. El CP 18 incluye además el circuito de salida 86 (por ejemplo, a través del circuito de telemetría del RC 16) para descargar los parámetros de estimulación al IPG 14 y el RC 16 y para cargar los parámetros de estimulación ya almacenados en la memoria 66 del RC 16, a través del circuito de telemetría 68 del RC 16.
- La ejecución del paquete 84 de programación por el procesador 80 proporciona una multitud de pantallas de visualización (no mostradas) que se pueden navegar mediante el uso del mouse 72. Estas pantallas de visualización le permiten al médico, entre otras funciones, seleccionar o ingresar información del perfil del paciente (por ejemplo, nombre, fecha de nacimiento, identificación del paciente, médico, diagnóstico y dirección), ingrese la información del procedimiento (por ejemplo, programación/seguimiento, sistema de prueba de implantes, implante de IPG, implante de IPG y cable(s), reemplace el IPG, reemplace el IPG y los cables, reemplace o revise los cables, explante, etc.), genere un mapa del dolor del paciente, defina la configuración y la orientación de los cables, inicie y controle la salida de energía de estimulación eléctrica de los cables 12, y seleccione y programe el IPG 14 con parámetros de estimulación tanto en un entorno quirúrgico como clínico. Los detalles adicionales que discuten las funciones de CP descritas anteriormente se divulgan en la solicitud de patente de los Estados Unidos No. 12/501,282, titulado "Sistema y procedimiento para convertir programas de estimulación tisular en un formato utilizable por un navegador de dirección de corriente eléctrica", y el número de solicitud de patente de los Estados Unidos No. 12/614,942, titulado "Sistema y procedimiento para determinar las tablas de dirección apropiadas para distribuir energía de estimulación entre múltiples electrodos de neuroestimulación".
- Lo más pertinente a las presentes invenciones, la ejecución del paquete 84 de programación proporciona una interfaz de usuario más intuitiva que permite modificar el campo de estimulación eléctrica transportado por los electrodos 26 seleccionados, por ejemplo, desplazando axialmente, circunferencialmente y/o radialmente el locus del campo de estimulación circunferencialmente con respecto a un solo cable 12 de neuroestimulación o ambos cables 12 de neuroestimulación, y expandiendo o contrayendo axial y/o circunferencialmente el campo de estimulación eléctrica en torno a su lugar.
- Antes de analizar en detalle la interfaz de usuario intuitiva, será útil describir los diversos procedimientos que se pueden usar para modificar el campo de estimulación eléctrica transmitido por los electrodos 26. Para simplificar, los electrodos 26 se describirán como operados de manera monopolar, con uno o más de los electrodos 26 dispuestos como un cátodo estimulante (polaridad "-") y la caja 40 dispuesta como el ánodo (polaridad "+"), aunque los mismos principios descritos en este documento pueden aplicarse a los electrodos 26 cuando se operan de manera bipolar.
- En un procedimiento, se pueden seleccionar de forma discreta diferentes combinaciones de electrodos para desplazar el lugar del campo de estimulación eléctrica de una ubicación a otra ubicación dentro de la matriz 12 de electrodos.
- Por ejemplo, con referencia a las **figuras 8A y 8B**, un primer grupo estimulante de electrodos 26 que consiste en dos electrodos en el segundo anillo y respectivamente en la segunda y tercera columnas (electrodos E6, E7) se puede activar como cátodos. Esta polaridad y agrupación hace que la corriente eléctrica fluya desde el electrodo de la caja a los electrodos E6 y E7 de una manera monopolar, lo que resulta en un lugar del campo de estimulación eléctrica posicionado igualmente entre estos dos electrodos.
- Como se muestra en la **figura 8C**, un segundo grupo estimulante de electrodos 26 que consiste en dos electrodos en el tercer anillo (electrodos E10, E11) se puede activar como cátodos. Esta polaridad y agrupación hace que la corriente eléctrica fluya desde el electrodo de la caja a los electrodos E10 y E11 de una manera monopolar, lo que resulta en un lugar del campo de estimulación eléctrica posicionado igualmente entre estos dos electrodos. Por lo tanto, se puede apreciar de esto que el lugar del campo de estimulación eléctrica puede desplazarse axialmente en la dirección distal a lo largo del cable 12 al cambiar del primer grupo de electrodos estimulantes (electrodos E6, E7) al segundo grupo estimulante de electrodos (electrodos E10, E11), y puede desplazarse axialmente en la dirección proximal a lo largo del cable 12 al cambiar del segundo grupo de electrodos estimulantes (electrodos E10, E11) al primer grupo de electrodos estimulantes (electrodos E6, E7).
- Como se muestra en la **figura 8D**, un tercer grupo estimulante de electrodos 26 que consiste en un electrodo en la primera columna (electrodo E5) y un electrodo en la segunda columna (electrodo E6) se puede activar como cátodos. Esta polaridad y agrupación hace que la corriente eléctrica fluya desde el electrodo de la caja a los electrodos E5 y E6 de forma monopolar, lo que resulta en un lugar del campo de estimulación eléctrica posicionado igualmente entre estos dos electrodos. Por lo tanto, se puede apreciar de esto que el lugar del campo de estimulación eléctrica puede desplazarse circunferencialmente en sentido contrario a las agujas del reloj alrededor del cable 12 al cambiar del primer grupo de electrodos estimulantes (electrodos E6, E7) al cuarto grupo estimulante de electrodos (electrodos E5, E6), y pueden desplazarse circunferencialmente en el sentido de las agujas del reloj

alrededor del cable 12 al cambiar del tercer grupo de electrodos estimulantes (electrodos E6, E7) al primer grupo de electrodos estimulantes (electrodos E5, E6).

5 Como se muestra en la **figura 8E**, uno o más electrodos 26 opuestos al primer grupo estimulante de electrodos 26, y en este caso, los electrodos E5 y E8, se puede activar como un ánodo, y la amplitud de la corriente que fluye a través del primer grupo estimulante de electrodos (electrodos E6, E7) se puede aumentar para desplazar el lugar geométrico del campo de estimulación eléctrica desde el cable 12. Los electrodos E5 y E8 se pueden inactivar, y la amplitud de la corriente que fluye a través del primer grupo de electrodos estimulantes (electrodos E6, E7) se puede disminuir para desplazar el lugar del campo de estimulación eléctrica radialmente hacia adentro hacia el cable 12.

10 Por supuesto, se pueden seleccionar otras combinaciones de electrodos, incluidas combinaciones bipolares y tripolares, para desplazar electrónicamente el lugar del campo de estimulación eléctrica.

En otro procedimiento, en lugar de seleccionar de manera discreta diferentes combinaciones de electrodos, la corriente eléctrica puede ser "dirigida" gradualmente o desplazada entre los electrodos para desplazar el lugar del campo de estimulación eléctrica.

15 Por ejemplo, suponiendo que los electrodos E6 y E7 son los únicos electrodos en el grupo estimulante, el lugar del campo de estimulación eléctrica puede desplazarse gradualmente axialmente en la dirección distal a lo largo del cable 12 incluyendo gradualmente los electrodos E10 y E11 en el grupo de electrodos estimulantes y excluyendo gradualmente los electrodos E6 y E7 del grupo de electrodos estimulantes. Es decir, la corriente catódica fraccionada que fluye a través de cada uno de los electrodos E10 y E11 aumenta incrementalmente de 0% a 50%, mientras que la corriente catódica fraccionada que fluye a través de cada uno de los electrodos E6 y E7 disminuye progresivamente de 50% a 0%. Como resultado, el campo de estimulación eléctrica se mueve gradualmente desde su posición inicial, como se muestra en la **figura 8A**, a una posición desplazada axialmente, como se muestra en la **figura 8C**. Un paso incremental puede ser, por ejemplo, donde la corriente catódica fraccionada que fluye a través de cada uno de los electrodos E10 y E11 es del 15%, y la corriente catódica fraccionada que fluye a través de cada uno de los electrodos E6 y E7 es del 35%, en cuyo caso el campo de estimulación eléctrica puede estar en una posición desplazada axialmente, como se muestra en la **figura 8F**.

20 Suponiendo que los electrodos E10 y E11 son ahora los únicos electrodos en el grupo estimulante, el lugar del campo de estimulación eléctrica se puede desplazar gradualmente axialmente en la dirección proximal a lo largo del cable 12 incluyendo gradualmente los electrodos E6 y E7 en el grupo de electrodos estimulantes y excluyendo gradualmente los electrodos E10 y E11 del grupo de electrodos estimulantes. Es decir, la corriente catódica fraccionada que fluye a través de cada uno de los electrodos E6 y E7 se incrementa incrementalmente de 0% a 50%, mientras que la corriente catódica fraccionada que fluye a través de cada uno de los electrodos E10 y E11 se incrementa incrementalmente de 50% a 0%. Como resultado, el campo de estimulación eléctrica se mueve gradualmente desde la posición mostrada en la **figura 8C** a la posición desplazada axialmente mostrada en la **figura 8A**.

35 Suponiendo que los electrodos E6 y E7 son los únicos electrodos en el grupo estimulante, el lugar del campo de estimulación eléctrica puede desplazarse gradualmente circunferencialmente en sentido contrario a las agujas del reloj alrededor del cable 12, incluyendo gradualmente el electrodo E5 en el grupo de electrodos de estimulación y excluyendo gradualmente el electrodo E7 del grupo de electrodos de estimulación. Es decir, la corriente catódica fraccionada que fluye a través del electrodo E5 se incrementa incrementalmente de 0% a 50%, mientras que la corriente catódica fraccionada que fluye a través del electrodo E7 se incrementa incrementalmente de 50% a 0%. Como resultado, el campo de estimulación eléctrica se mueve gradualmente desde la posición que se muestra en la **figura 8B** a la posición de desplazamiento circunferencial que se muestra en la **figura 8D**. Un paso incremental puede ser, por ejemplo, donde la corriente catódica fraccionada que fluye a través del electrodo E6 permanece en un 50%, la corriente catódica fraccionada que fluye a través del electrodo E7 es del 15%, y la corriente catódica fraccionada que fluye a través del electrodo E5 es del 35%, en cuyo caso el campo de estimulación eléctrica puede estar en posición de desplazamiento circunferencial, como se muestra en la **figura 8G**.

50 Suponiendo que los electrodos E5 y E6 son ahora los únicos electrodos en el grupo estimulante, el lugar del campo de estimulación eléctrica puede desplazarse gradualmente circunferencialmente en el sentido de las agujas del reloj alrededor del cable 12 incluyendo gradualmente el electrodo E7 en el grupo de electrodos de estimulación y excluyendo gradualmente el electrodo E5 del grupo de electrodos de estimulación. Es decir, la corriente catódica fraccionada que fluye a través del electrodo E7 aumenta incrementalmente de 0% a 50%, mientras que la corriente catódica fraccionada que fluye a través del electrodo E5 disminuye incrementalmente de 50% a 0%. Como resultado, el campo de estimulación eléctrica se mueve gradualmente desde la posición que se muestra en la **figura 8D** a la posición de desplazamiento circunferencial que se muestra en la **figura 8B**.

55 En otro procedimiento más, el lugar del campo de estimulación eléctrica se desplaza electrónicamente utilizando múltiples canales de temporización. En particular, la energía eléctrica puede ser transportada entre diferentes combinaciones de electrodos de acuerdo con múltiples canales de temporización; es decir, se puede usar un primer grupo de electrodos de estimulación durante un primer canal de temporización, se puede usar un segundo grupo de electrodos de estimulación durante un segundo canal de temporización, y así sucesivamente, y los grupos pueden o

no solaparse. La magnitud de la energía eléctrica transportada de acuerdo con al menos uno de los múltiples canales de temporización puede modificarse para desplazar efectivamente el lugar de la región de estimulación.

Por ejemplo, durante un primer canal de temporización, un primer grupo estimulante de electrodos 26 que consiste en dos electrodos en el segundo anillo (electrodos E6, E7) se puede activar como cátodos. Durante un segundo canal de temporización, un segundo grupo estimulante de electrodos 26 que consiste en dos electrodos en el tercer anillo (electrodos E10, E11) se puede activar como cátodos. Esta polaridad y agrupación hace que la corriente eléctrica fluya desde el electrodo de caja a los electrodos E6 y E7 durante el primer canal de temporización de manera monopolar, y desde el electrodo de caja a los electrodos E10 y E11 durante el segundo canal de temporización de manera monopolar.

El primer y segundo canales de temporización se operan simultáneamente de manera simultánea, de modo que los impulsos eléctricos generados en los electrodos E6 y E7 se intercalan entre los impulsos eléctricos generados en los electrodos E10 y E11. Si la amplitud de la corriente del primer canal de sincronización (que controla E6 y E7) y la amplitud de la corriente del segundo canal de sincronización (que controla E10 y E11) son iguales, el resultado es efectivamente una región general de la región de estimulación que abarca tanto el campo de estimulación como se muestra en la **figura 8A** como el campo de estimulación como se muestra en la **figura 8C**, con una posición central general entre los pares de contactos E6/E7 y E10/E11.

De esto se puede apreciar que la magnitud de la energía eléctrica en los electrodos E6 y E7 durante el primer canal de temporización y/o la energía eléctrica en los electrodos E10 y E11 durante el segundo canal de temporización se puede modificar para desplazar gradualmente el lugar del campo de estimulación eléctrica a lo largo del cable 12. Por ejemplo, si la amplitud del pulso y/o la duración del pulso de la energía eléctrica en los electrodos E10 y E11 durante el segundo canal de temporización se incrementa en relación con la amplitud del pulso y/o la duración del pulso de la energía eléctrica en los electrodos E6 y E7 durante el primer canal de temporización, el lugar del campo de estimulación eléctrica se desplazará efectivamente axialmente en la dirección distal más cerca de la posición equidistante entre los electrodos E10 y E11. Por el contrario, si la amplitud del pulso y/o la duración del pulso de la energía eléctrica en los electrodos E10 y E11 durante el segundo canal de temporización disminuye en relación con la amplitud del pulso y/o la duración del pulso de la energía eléctrica en los electrodos E6 y E7 durante el primer canal de temporización, el lugar del campo de estimulación eléctrica se desplazará de manera efectiva axialmente en la dirección proximal más cerca de la posición equidistante entre los electrodos E6 y E7. Se aprecia que, si hay tejido neural que se ve afectado por ambos canales de sincronización, la tasa de estimulación será un compuesto de los efectos de los dos canales de sincronización en esa región del tejido.

Como otro ejemplo más, durante un primer canal de temporización, un primer grupo estimulante de electrodos 26 que consiste en un electrodo en la segunda columna (electrodo E6) y un electrodo en la tercera columna (electrodo E7) puede activarse como cátodos. Durante un segundo canal de temporización, un segundo grupo estimulante de electrodos 26 que consiste en un electrodo en la primera columna (electrodo E5) y un electrodo en la segunda columna (electrodo E6) se puede activar como cátodos. Esta polaridad y agrupación hace que la corriente eléctrica fluya desde el electrodo de caja a los electrodos E6 y E7 durante el primer canal de temporización de forma monopolar, y desde el electrodo de caja a los electrodos E5 y E6 durante el segundo canal de temporización de manera monopolar.

El primer y segundo canales de temporización se operan simultáneamente juntos, de manera que los impulsos eléctricos generados en los electrodos E6 y E7 se intercalan entre los impulsos eléctricos generados en los electrodos E5 y E6. Si la amplitud de la corriente del primer canal de temporización (que controla E6 y E7) y la amplitud de la corriente del segundo canal de temporización (que controla E5 y E6) son iguales, el resultado es efectivamente una región general de la región de estimulación que abarca tanto el campo de estimulación como se muestra en la **figura 8B** como el campo de estimulación como se muestra en la **figura 8D**, con una posición central general entre los pares de contactos E6/E7 y E5/E6.

A partir de esto, puede apreciarse que la magnitud de la energía eléctrica en los electrodos E6 y E7 durante el primer canal de temporización y/o la energía eléctrica en los electrodos E5 y E6 durante el segundo canal de temporización se puede modificar para desplazar gradualmente el lugar del circuito. Campo de estimulación eléctrica sobre el cable 12. Por ejemplo, si la amplitud del pulso y/o la duración del pulso de la energía eléctrica en los electrodos E5 y E6 durante el segundo canal de temporización se incrementa en relación con la amplitud del pulso y/o la duración del pulso de la energía eléctrica en los electrodos E6 y E7 durante el primer canal de temporización, el lugar del campo de estimulación eléctrica será efectivamente desplazado circunferencialmente en sentido contrario a las agujas del reloj más cerca de la posición equidistante entre los electrodos E5 y E6. Si la amplitud del pulso y/o la duración del pulso de la energía eléctrica en los electrodos E5 y E6 durante el segundo canal de temporización disminuye en relación con la amplitud del pulso y/o la duración del pulso de la energía eléctrica en los electrodos E6 y E7 durante el primer canal de temporización, el lugar del campo de estimulación eléctrica será efectivamente desplazado circunferencialmente en el sentido de las agujas del reloj más cerca de la posición equidistante entre los electrodos E6 y E7. También se debe tener en cuenta que los canales de tiempo pueden estimular múltiples loci que no son espacialmente contiguos, y el cambio de las amplitudes relativas puede cambiar la cantidad de tejido estimulado en cada uno de los múltiples loci.

El campo de estimulación eléctrica puede modificarse de maneras distintas al desplazamiento de su lugar desde una ubicación a otra ubicación dentro de la matriz 12 de electrodos. Por ejemplo, el campo de estimulación eléctrica puede modificarse expandiendo o contactando el campo de estimulación eléctrica en torno a su lugar.

5 En un procedimiento, diferentes electrodos pueden seleccionarse de manera discreta de la misma manera discutida anteriormente con respecto al desplazamiento del lugar del campo de estimulación eléctrica, con la excepción de que el tamaño del campo de estimulación eléctrica se expande o contrae.

Por ejemplo, como se muestra en las **figuras 9A y 9B**, un primer grupo estimulante de electrodos 26 que consiste en un electrodo en el segundo anillo y la segunda columna (electrodo E6) se puede activar como un cátodo. Esta polaridad y agrupación hace que la corriente eléctrica fluya desde el electrodo de la caja al electrodo E6 de forma monopolar, lo que da como resultado un campo de estimulación eléctrica adyacente a este electrodo.

10 Como se muestra en la **figura 9C**, un segundo grupo estimulante de electrodos 26 que consiste en tres electrodos en la segunda columna (electrodos E2, E6, E10) se puede activar como cátodos. Esta polaridad y agrupación hace que la corriente eléctrica fluya desde el electrodo de la caja a los electrodos E2, E6 y E10 de forma monopolar, lo que da como resultado un campo de estimulación eléctrica que se extiende sobre estos tres electrodos. Por lo tanto, se puede apreciar de esto que el campo de estimulación eléctrica puede expandirse axialmente a lo largo del cable 12 al cambiar del primer grupo estimulante de electrodos (electrodos E6) al segundo grupo estimulante de electrodos (electrodos E2, E6, E10). Por el contrario, el campo de estimulación eléctrica puede contraerse axialmente a lo largo del cable 12 al cambiar del segundo grupo de electrodos de estimulación (electrodo E2, E6, E10) al primer grupo de electrodos de estimulación (electrodo E6).

20 Como se muestra en la **figura 9D**, un tercer grupo estimulante de electrodos 26 que consiste en tres electrodos en el segundo anillo (electrodos E5, E6, E7) puede activarse como cátodos. Esta polaridad y agrupación hace que la corriente eléctrica fluya desde el electrodo de la caja a los electrodos E5, E6 y E7 de forma monopolar, lo que da como resultado un campo de estimulación eléctrica que se extiende a estos tres electrodos. Por lo tanto, se puede apreciar de esto que el campo de estimulación eléctrica puede expandirse circunferencialmente alrededor del cable 12 al cambiar del primer grupo de electrodos estimulantes (electrodo E6) al tercer grupo de electrodos estimulantes (electrodos E5, E6, E7). En contraste, el campo de estimulación eléctrica se puede contraer circunferencialmente sobre el cable 12 al cambiar del segundo grupo de electrodos estimulantes (electrodos E5, E6, E7) al primer grupo de electrodos estimulantes (E6).

Aunque el campo de estimulación eléctrica se ha descrito anteriormente como expandido o contraído igualmente alrededor de su locus, debe notarse que el campo de estimulación eléctrica puede expandirse o contraerse de manera asimétrica alrededor del locus inicial. Por ejemplo, un campo de estimulación eléctrica puede expandirse axialmente o contraerse en dirección distal sin expandirse o contraerse en la dirección proximal, o el campo de estimulación eléctrica puede expandirse circunferencialmente o contraerse en sentido contrario a las agujas del reloj sin expandirse o contraerse en el sentido de las agujas del reloj.

35 En otro procedimiento, la corriente eléctrica puede ser "dirigida" o desplazada gradualmente entre los electrodos para expandir y contraer el campo de estimulación eléctrica de una manera similar a la descrita anteriormente con respecto al desplazamiento del lugar del campo de estimulación eléctrica, con la excepción de que el lugar del campo de estimulación eléctrica se mantiene, y en su lugar, el campo de estimulación eléctrica se expande o contrae.

40 Por ejemplo, suponiendo que el electrodo E6 es el único electrodo en el grupo estimulante, el campo de estimulación eléctrica puede expandirse gradualmente axialmente a lo largo del cable 12 incluyendo gradualmente los electrodos E2 y E10 en el grupo de electrodos estimulantes. Es decir, la corriente catódica fraccionada que fluye a través de cada uno de los electrodos E2 y E10 aumenta incrementalmente de 0% a 33 1/3%, mientras que la corriente catódica fraccionada que fluye a través del electrodo E6 disminuye gradualmente de 100% a 33 1/3%. Como resultado, el campo de estimulación eléctrica se expande gradualmente desde su huella, como se muestra en la **figura 9A**, a una huella axialmente expandida, como se muestra en la **figura 9C**. Suponiendo que los electrodos E2, E6 y E10 son ahora los únicos electrodos en el grupo estimulante, el campo de estimulación eléctrica puede contraerse gradualmente axialmente a lo largo del cable 12 al excluir gradualmente los electrodos E2 y E10 del grupo de electrodos estimulantes. Es decir, la corriente catódica fraccionada que fluye a través de cada uno de los electrodos E2 y E10 disminuye gradualmente de 33 1/3% a 0%, mientras que la corriente catódica fraccionada que fluye a través del electrodo E6 aumenta incrementalmente de 33 1/3% a 100%. Como resultado, el campo de estimulación eléctrica se contrae gradualmente desde su huella, como se muestra en la **figura 9C**, a una huella axialmente contraída, como se muestra en la **figura 9A**.

55 Como otro ejemplo, asumiendo que el electrodo E6 es el único electrodo en el grupo estimulante, el campo de estimulación eléctrica puede expandirse gradualmente circunferencialmente alrededor del cable 12 al incluir gradualmente los electrodos E5 y E7 en el grupo de electrodos estimulantes. Es decir, la corriente catódica fraccionada que fluye a través de cada uno de los electrodos E5 y E7 se incrementa incrementalmente de 0% a 33 1/3%, mientras que la corriente catódica fraccionada que fluye a través del electrodo E6 se incrementa incrementalmente de 100% a 33 1/3%. Como resultado, el campo de estimulación eléctrica se expande

gradualmente desde su huella, como se muestra en la **figura 9B**, a una huella expandida axialmente, como se muestra en la **figura 9D**. Suponiendo que los electrodos E5, E6 y E7 son ahora los únicos electrodos en el grupo estimulante, el campo de estimulación eléctrica puede contraerse gradualmente circunferencialmente alrededor del cable 12 al excluir gradualmente los electrodos E5 y E7 del grupo de electrodos estimulantes. Es decir, la corriente catódica fraccionada que fluye a través de cada uno de los electrodos E5 y E7 disminuye gradualmente de 33 1/3% a 0%, mientras que la corriente catódica fraccionada que fluye a través del electrodo E6 aumenta incrementalmente de 33 1/3% a 100%. Como resultado, el campo de estimulación eléctrica se contrae gradualmente desde su huella, como se muestra en la **figura 9D**, a una huella contraída axialmente, como se muestra en la **figura 9B**.

Aún en otro procedimiento, el campo de estimulación eléctrica puede expandirse o contraerse gradualmente utilizando múltiples canales de temporización.

Por ejemplo, durante un primer canal de temporización, un primer grupo estimulante de electrodos 26 que consiste en un electrodo en el segundo anillo (electrodo E6) se puede activar como un cátodo. Durante un segundo canal de temporización, un segundo grupo estimulante de electrodos 26 que consiste en tres electrodos respectivamente en el primer, segundo y tercer anillo (electrodos E2, E6, E10) se puede activar como cátodos. Esta polaridad y agrupación hace que la corriente eléctrica fluya desde el electrodo de la caja a los electrodos E6 durante el primer canal de temporización de forma monopolar, y desde el electrodo de la caja a los electrodos E2, E6 y E10 durante el segundo canal de temporización de una manera monopolar.

El primer y segundo canales de temporización se operan simultáneamente de manera simultánea, de tal manera que los impulsos eléctricos generados en el electrodo E6 se intercalan entre los impulsos eléctricos generados en los electrodos E2, E6 y E10, resultando efectivamente en un solo campo de estimulación eléctrica que cubre un área que abarca solo el electrodo E6 a un área que abarca los electrodos E2, E6 y E10, aunque en cualquier instante dado, el campo de estimulación eléctrica abarcará solo el electrodo E6, como se muestra en la **figura 9A**, o abarcará los electrodos E2, E6 y E10, como se muestra en la **figura 9C**.

De esto se puede apreciar que la magnitud de la energía eléctrica en los electrodos E6 durante el primer canal de tiempo y/o la energía eléctrica en los electrodos E2, E6 y E10 durante el segundo canal de tiempo se puede modificar para expandir o contraer gradualmente el campo de estimulación eléctrica axialmente a lo largo del cable 12. Por ejemplo, si la amplitud del pulso y/o la duración del pulso de la energía eléctrica en los electrodos E2, E6 y E10 durante el segundo canal de sincronización se incrementa en relación con la amplitud del impulso y/o la duración del impulso de la energía eléctrica en el electrodo E6 durante el primer canal de sincronización, el campo de estimulación eléctrica se expandirá axialmente de manera efectiva a lo largo del cable 12. Por el contrario, si la amplitud del pulso y/o la duración del pulso de la energía eléctrica en los electrodos E2, E6 y E10 durante el segundo canal de temporización disminuye en relación con la amplitud del pulso y/o la duración del pulso de la energía eléctrica en el electrodo E6 durante el primer canal de temporización, el campo de estimulación eléctrica se contraerá efectivamente de manera axial a lo largo del cable 12.

Como otro ejemplo, durante un primer canal de temporización, un primer grupo estimulante de electrodos 26 que consiste en un electrodo en la segunda columna (electrodo E6) puede activarse como un cátodo. Durante un segundo canal de temporización, un segundo grupo estimulante de electrodos 26 que consiste en tres electrodos respectivamente en la primera, segunda y tercera columnas (electrodos E5, E6, E7) se puede activar como cátodos. Esta polaridad y agrupación hace que la corriente eléctrica fluya desde el electrodo de la caja a los electrodos E6 durante el primer canal de temporización de manera monopolar, y desde el electrodo de la caja a los electrodos E5, E6 y E7 durante el segundo canal de temporización de una manera monopolar.

El primer y segundo canales de temporización se operan simultáneamente de manera simultánea, de manera que los impulsos eléctricos generados en el electrodo E6 se intercalan entre los impulsos eléctricos generados en los electrodos E5, E6 y E7, lo que resulta en un único campo de estimulación eléctrica que cubre un área que abarca solo el electrodo E6 a un área que abarca electrodos E5, E6 y E7, aunque en cualquier momento dado del tiempo, el campo de estimulación eléctrica abarcará solo el electrodo E6, como se muestra en la **figura 9B**, o abarcará los electrodos E5, E6 y E7, como se muestra en la **figura 9D**.

De esto se puede apreciar que la magnitud de la energía eléctrica en los electrodos E6 durante el primer canal de tiempo y/o la energía eléctrica en los electrodos E2, E6 y E10 durante el segundo canal de tiempo se puede modificar para expandir o contraer gradualmente el campo de estimulación eléctrica circunferencialmente alrededor del cable 12. Por ejemplo, si la amplitud del pulso y/o la duración del pulso de la energía eléctrica en los electrodos E5, E6 y E7 durante el segundo canal de temporización se incrementa en relación con la amplitud del pulso y/o la duración del pulso de la energía eléctrica en el electrodo E6 durante el primer canal de temporización, el campo de estimulación eléctrica se expandirá de manera circunferencial de manera efectiva alrededor del cable 12. Por el contrario, si la amplitud del pulso y/o la duración del pulso de la energía eléctrica en los electrodos E5, E6 y E7 durante el segundo canal de temporización disminuye en relación con la amplitud del pulso y/o la duración del pulso de la energía eléctrica en el electrodo E6 durante el primer canal de temporización, el campo de estimulación eléctrica se contraerá de manera efectiva circunferencial alrededor del cable 12.

Se debe tener en cuenta que, aunque la modificación del campo de estimulación eléctrica se ha descrito con respecto a un solo cable, el campo de estimulación eléctrica puede modificarse en relación con múltiples cables al asumir los polos ideales y determinar de manera computacional los parámetros de estimulación necesarios para emular los polos ideales, como se describe en la Solicitud Provisional de Estados Unidos No. 61/257,753, titulado "Sistema y procedimiento para mapear campos eléctricos arbitrarios a electrodos de cable preexistentes".

Volviendo ahora al funcionamiento de la interfaz de usuario del CP 16, el CP 16 puede generar una pantalla 100 de programación, como se muestra en la **figura 10**. La pantalla 100 de programación permite al usuario realizar pruebas de parámetros de estimulación.

La pantalla 100 de programación comprende además un control de activación/desactivación de estimulación 102 que se puede hacer clic alternativamente para activar o desactivar la estimulación. La pantalla 100 de programación incluye además varios controles de parámetros de estimulación que pueden ser operados por el usuario para ajustar manualmente los parámetros de estimulación. En particular, la pantalla 100 de programación incluye un control 104 de ajuste de ancho de pulso (expresado en microsegundos (μs)), un control 106 de ajuste de frecuencia de pulso (expresado en pulsos por segundo (pps)) y un control 108 de ajuste de amplitud de pulso (expresado en miliamperios (mA)). Cada control incluye una primera flecha en la que se puede hacer clic para disminuir el valor del parámetro de estimulación respectivo y una segunda flecha en la que se puede hacer clic para aumentar el valor del parámetro de estimulación respectivo. La pantalla 100 de programación también incluye el control 110 de selección de estimulación multipolar/monopolar, que incluye casillas de verificación en las que el usuario puede hacer clic alternativamente para proporcionar estimulación multipolar o monopolar. En una realización opcional, la caja 40 del IPG 14 puede tratarse como uno de los electrodos 26 de cable, de manera que tanto el electrodo de caja 40 como al menos uno de los electrodos 26 de cable se pueden usar para transmitir corriente eléctrica anódica al mismo tiempo.

La pantalla 100 de programación también incluye un control de combinación de electrodos 112 que tiene flechas en las que el usuario puede hacer clic para seleccionar una de las tres combinaciones 1-4 de electrodos diferentes. Cada una de las combinaciones 1-4 de electrodos puede crearse utilizando una variedad de elementos de control.

La interfaz de usuario incluye un elemento 114 de control de selección de modo y dos conjuntos de elementos de control de modificación del campo de estimulación eléctrica: un conjunto de elementos 116 de control de modificación axial y un conjunto de elementos 118 de control de modificación circunferencial. En las realizaciones ilustradas, el elemento 114 de control de selección de modo y los conjuntos de elementos 116, 118 de control de modificación de campo, Además de los otros elementos de control descritos en este documento, se implementan como un icono gráfico que se puede hacer clic con el mouse o tocar con el dedo en el caso de una pantalla táctil. Alternativamente, los elementos de control descritos aquí pueden implementarse como botones mecánicos, teclas, deslizadores, etc. que pueden presionarse o moverse de otra manera para activar los elementos de control.

Cuando se activa el elemento 114 de control de selección de modo, el procesador 80 está configurado para colocar selectivamente los elementos de control de modificación de campo en un modo de desplazamiento del campo de estimulación eléctrica, durante el cual el procesador 80 genera conjuntos de parámetros de estimulación diseñados para desplazar axialmente y/o circunferencialmente el lugar del campo de estimulación eléctrica en relación con el eje del (los) cable(s) 12, como se discutió anteriormente con respecto a las **figuras 8A-8D**, o en un modo de configuración de campo de estimulación de campo eléctrico, durante el cual el procesador 80 genera conjuntos de parámetros de estimulación diseñados para expandir/contraer axialmente o circunferencialmente el campo de estimulación eléctrica en relación con el eje del (los) cable(s) 12, como se discutió anteriormente con respecto a las **figuras 9A-9D**. El circuito 86 de telemetría de salida está configurado para transmitir estos conjuntos de parámetros de estimulación al IPG 14.

En la realización ilustrada, el elemento 114 de control de selección de modo incluye casillas de verificación en las que el usuario puede hacer clic alternativamente para colocar selectivamente los elementos de control de modificación de campo entre el modo de desplazamiento del campo de estimulación eléctrica y el modo de configuración del campo de estimulación eléctrica. Alternativamente, el elemento 114 de control de selección de modo toma la forma de un botón que se puede hacer clic repetidamente para alternar los elementos 116, 118 de control de modificación de campo entre los modos.

Cada uno de los conjuntos de elementos 116, 118 de control de modificación de campo toma la forma de una flecha doble (es decir, dos flechas de elemento de control que apuntan de manera opuesta) que pueden activarse para modificar el campo de estimulación eléctrica dependiendo del modo de operación.

Por ejemplo, en el modo de desplazamiento de campo, se puede hacer clic en un elemento 116a de control de flecha superior del conjunto de elementos de control de modificación axial para desplazar axialmente el lugar del campo de estimulación eléctrica (es decir, a lo largo del eje del (los) cable(s) 12) en la dirección proximal; se puede hacer clic en un elemento 116b de control de flecha inferior del conjunto de elementos de control de modificación axial para desplazar axialmente el lugar del campo de estimulación eléctrica (es decir, a lo largo del eje del (los) cable(s) 12) en la dirección distal; se puede hacer clic en un elemento 118a de control de flecha izquierda del conjunto de elementos de control circunferencial para desplazar circunferencialmente el lugar del campo de estimulación eléctrica (es decir, alrededor del eje de los cable(s) 12) en sentido contrario a las agujas del reloj; y se

puede hacer clic en un elemento 118b de control de flecha hacia la derecha del conjunto de elementos de control circunferencial para desplazar circunferencialmente el lugar del campo de estimulación eléctrica (es decir, alrededor del eje del (los) cable(s) 12) en el sentido de las agujas del reloj.

5 En el modo de configuración de campo, se puede hacer clic en el elemento 116a de control de flecha inferior del conjunto de elementos de control de modificación axial para contraer axialmente el campo de estimulación eléctrica alrededor de su lugar; se puede hacer clic en el elemento 116b de control de flecha superior del conjunto de elementos de control de modificación axial para expandir axialmente el campo de estimulación eléctrica alrededor de su lugar; se puede hacer clic en el elemento 118a de control de flecha izquierda del conjunto de elementos de control circunferencial para contraer circunferencialmente el campo de estimulación eléctrica alrededor de su lugar; y
10 se puede hacer clic en el elemento 118b de control de la flecha derecha del conjunto de elementos de control circunferencial para expandir circunferencialmente el campo de estimulación eléctrica alrededor de su lugar.

Por lo tanto, se puede apreciar que en virtud del elemento 114 de control de selección de modo, los conjuntos de elementos 116, 118 de control de modificación de campo pueden tener una doble función; es decir, el mismo elemento de control puede operarse tanto para desplazar el lugar del campo de estimulación eléctrica como para dar
15 forma al campo de estimulación eléctrica alrededor de su lugar.

Además, y en particular con respecto al conjunto de elementos 118 de control de modificación circunferencial, el procesador 80 genera conjuntos de parámetros de estimulación diseñados para desplazar circunferencialmente el lugar del campo de estimulación eléctrica sobre el (los) cable(s) 12 en una primera dirección de rotación en las respectivas posiciones angulares diferentes cuando uno de los elementos 118a, 118b de control de modificación circunferencial se acciona continuamente; es decir, accionando continuamente uno de los elementos 118a, 118b de control, por ejemplo, haciendo clic en la sujeción de uno de los elementos 118a, 118b de control hacia abajo, o presionando repetidamente uno de los elementos 118a, 118b de control, por ejemplo, haciendo clic y soltando repetidamente uno de los elementos 118a, 118b de control.
20

Por lo tanto, se puede apreciar que el elemento 118a de control de la flecha izquierda puede ser activado continuamente, de manera que el lugar del campo de estimulación eléctrica se desplace circunferencialmente alrededor del (los) cable(s) 12 en sentido contrario a las agujas del reloj en diferentes posiciones angulares, y el elemento 118b de control de la flecha derecha puede ser activado continuamente, de tal manera que el lugar del campo de estimulación eléctrica se desplace circunferencialmente alrededor del (los) cable(s) 12 en dirección de las agujas del reloj en diferentes posiciones angulares.
25

La interfaz de usuario del CP 18 incluye opcionalmente un conjunto de elementos 120 de control de modificación radial que toman la forma de una flecha doble (es decir, dos flechas de elemento de control que apuntan de manera opuesta). Cuando se activa el conjunto de elementos 120 de control de modificación radial, el procesador 80 está configurado para generar conjuntos de parámetros de estimulación diseñados para desplazar radialmente el lugar del campo de estimulación eléctrica en relación con el eje de los cable(s) 12, como se discutió anteriormente con respecto a las **figuras 8B y 8E**. En particular, se puede hacer clic en un elemento 120a de control de flecha superior del conjunto de elementos de control de modificación radial para desplazar radialmente el lugar geométrico del campo de estimulación eléctrica hacia el eje de los cable(s) 12, y se puede hacer clic en un elemento 120b de control de flecha inferior del conjunto de elementos de control de modificación radial para desplazar radialmente el lugar del campo de estimulación eléctrica hacia afuera del eje de los cable(s) 12. El circuito de telemetría de salida 86 está configurado para transmitir los conjuntos de parámetros de estimulación generados por el procesador 80 al IPG 14.
30
35
40

Si bien los indicadores de los elementos 118a, 118b de control de la modificación circunferencial, respectivamente, toman la forma de flechas hacia la izquierda y hacia la derecha, otros indicadores se pueden utilizar para los elementos de control de la modificación circunferencial dedicados al desplazamiento del lugar del campo de estimulación eléctrica.
45

Por ejemplo, como se muestra en la **figura 11A**, el elemento 118c de control puede indicarse como una flecha circular en sentido contrario a las agujas del reloj que indica que el lugar del campo de estimulación eléctrica se desplazará circunferencialmente en diferentes posiciones angulares en la dirección hacia la izquierda cuando se acciona continuamente, y el elemento 118d de control puede indicarse como una flecha circular en el sentido de las agujas del reloj que indica que el lugar del campo de estimulación eléctrica se desplazará circunferencialmente en diferentes posiciones angulares en el sentido de las agujas del reloj cuando se accione continuamente.
50

Como se muestra en la **figura 11B**, el elemento 118e de control puede indicarse como un ángulo decreciente que indica que el lugar del campo de estimulación eléctrica se desplazará circunferencialmente en diferentes posiciones angulares en el sentido de las agujas del reloj cuando se accione continuamente hasta que el ángulo nominal del campo de estimulación eléctrica se reduzca a 0 grados, y el elemento 118f de control puede indicarse como un ángulo creciente que indica que el lugar del campo de estimulación eléctrica se desplazará circunferencialmente en diferentes posiciones angulares en la dirección contraria a las manecillas del reloj cuando se accione continuamente hasta que el ángulo nominal del campo de estimulación eléctrica se incremente a 360 grados. Es de destacar que el indicador en el elemento de control puede cambiar cuando se cambia la selección de modo. Por ejemplo, en el modo
55

de desplazamiento, los indicadores pueden ser los de la **figura 11A**, mientras que en el modo de forma los indicadores pueden ser los de la **figura 11B**.

Como se muestra en la **figura 11C**, un elemento 118g de control puede indicarse como un ángulo que indica que el lugar del campo de estimulación eléctrica se desplazará circunferencialmente en diferentes posiciones angulares en el sentido de las agujas del reloj cuando se accione continuamente. En este caso, el ángulo del campo de estimulación eléctrica se envuelve, de manera que no hay principio ni final del ángulo.

En una realización opcional mostrada en la **figura 12A**, la interfaz de usuario del CP 18 comprende opcionalmente un elemento 122a de control de rotación capaz de girar alrededor de un punto. El procesador 80 genera un conjunto de parámetros de estimulación diseñados para desplazar circunferencialmente un lugar del campo de estimulación eléctrica sobre el (los) cable(s) 12 cuando el elemento 122a de control de rotación gira alrededor del punto 124, el conjunto de parámetros de estimulación se transmite luego desde el circuito de salida 86 del CP 18 al IPG 14. En la realización ilustrada, el elemento 122a de control de rotación se implementa como un icono gráfico. En este caso, el elemento 122a de control de rotación puede simplemente hacer clic con un cursor (o tocarlo) y arrastrarlo para girarlo. Alternativamente, el elemento 122a de control de rotación puede ser un dial mecánico que puede ser girado físicamente por el usuario.

La interfaz de usuario incluye opcionalmente un marcador 126 asociado con el elemento 122a de control de rotación para indicar la posición circunferencial del lugar del campo de estimulación eléctrica. En la realización ilustrada, el marcador 126 toma la forma de una flecha que gira con el elemento 122a de control de rotación. Alternativamente, el elemento de control giratorio toma la forma de una flecha 122b, como se muestra en la **figura 12B**, o una flecha 122c, como se muestra en la **figura 12C**, en cuyo caso, El elemento 122 de control rotativo, en sí mismo, proporciona un indicador de la posición circunferencial del lugar del campo de estimulación eléctrica. En otra realización alternativa mostrada en la **figura 12D**, el elemento 122 de control rotacional está segmentado en secciones en forma de pie. En este caso, el marcador 126 toma la forma de una o más secciones con forma circular que se resaltan cuando están adyacentes a un elemento 126 fijo para indicar la posición circunferencial del lugar del campo de estimulación eléctrica. Como se muestra en la **figura 12E**, el elemento 122e de control de rotación toma la forma de un anillo segmentado, con uno o más de los segmentos resaltados cuando está adyacente a un elemento 126 fijo para indicar la posición circunferencial del lugar del campo de estimulación eléctrica.

Con referencia a la **figura 12A**, la interfaz de usuario del CP 18 incluye opcionalmente un elemento 128 de control de modificación radial que puede desplazarse a lo largo del radio del elemento 122a de control de rotación. El procesador 80 genera un conjunto de parámetros de estimulación diseñados para desplazar radialmente el lugar del campo de estimulación eléctrica cuando se activa el elemento 128 de control de modificación radial, el conjunto de parámetros de estimulación se transmite entonces desde el circuito 86 de salida del CP 18 al IPG 14. En la realización ilustrada, el elemento 128 de control de modificación radial se implementa como un icono gráfico. En este caso, el elemento 128 de control de modificación radial puede simplemente hacer clic y arrastrarlo para desplazarlo radialmente hacia adentro o hacia afuera. El desplazamiento radialmente hacia el interior del elemento 128 de control de modificación radial desplaza el locus del campo de estimulación eléctrica hacia el punto alrededor del cual gira el elemento 122a de control de rotación, mientras que el desplazamiento radialmente hacia afuera del elemento 128 de control de modificación radial desplaza el lugar del campo de estimulación eléctrica hacia afuera radialmente desde el punto alrededor del cual gira el elemento 122a de control de rotación.

Con referencia a la **figura 10**, la pantalla 100 de programación del CP 18 muestra opcional o alternativamente representaciones gráficas tridimensionales del cable 12' y los electrodos 26' y una pluralidad de elementos 130 de control icónicos vinculados gráficamente a las representaciones de electrodos tridimensionales 26'. En la realización ilustrada, los elementos 130 de control están directamente vinculados a las representaciones 26' del electrodo. Alternativamente, como se muestra en la **figura 13**, los elementos 130 de control están vinculados indirectamente a las representaciones del electrodo 26' a través de las líneas 132 de referencia. En cualquier caso, el procesador 80 genera parámetros de estimulación diseñados para modificar el campo de estimulación eléctrica cuando se activa cualquiera de estos elementos 130 de control, cuyos parámetros de estimulación se transmiten desde los circuitos de salida 86 del CP 18 al IPG 14. En la realización ilustrada, cada uno de los elementos 130 de control tiene una flecha hacia arriba y una flecha hacia abajo que pueden activarse respectivamente (p. ej., al hacer clic) para aumentar o disminuir, respectivamente, la corriente eléctrica que fluye a través del electrodo 26 correspondiente a la representación gráfica del electrodo 26' a la que el elemento 130 de control accionado está vinculado gráficamente. El elemento 130 de control también incluye un indicador que proporciona una indicación de la cantidad de corriente eléctrica que fluye a través de cada uno de los electrodos 26 en términos de un valor de corriente fraccionada. Los indicadores pueden realizar esta función cuando se activan los respectivos elementos 130 de control o cuando se activan los elementos 116 de control de modificación axial, los elementos 118 de control de modificación circunferencial o los elementos 120 de control de modificación radial.

La pantalla 100 de programación del CP 18 también muestra otras representaciones gráficas tridimensionales del cable 12" y los electrodos 26" en relación con una estructura 200 anatómica gráfica que es preferiblemente el objetivo de estimulación. Por ejemplo, si la indicación DBS es la enfermedad de Parkinson, la estructura anatómica 200 es preferiblemente el núcleo subtalámico (STN) o el globo pálido (GPi). Si la indicación DBS es Temblor esencial, la estructura 200 anatómica es preferiblemente el tálamo. Si la indicación de DBS es depresión, la

- estructura 200 anatómica es uno o más del núcleo acumbens, el estriado ventral, la cápsula ventral, cápsula anterior, o el área de Brodmann 25. Si la indicación de DBS es epilepsia, la estructura 200 anatómica es preferiblemente el núcleo anterior. Si la indicación de DBS es un trastorno de la marcha, la estructura 200 anatómica es preferiblemente la pedunculopontina (PPN). Si la indicación DBS es demencia, enfermedad de Alzheimer o trastornos de la memoria, la estructura 200 anatómica se encuentra preferiblemente en cualquier lugar del circuito de Papez. La estructura 200 anatómica se puede obtener de cualquier atlas cerebral disponible, o de un atlas cerebral específico del paciente derivado de, por ejemplo, un generador de imágenes de resonancia magnética (IRM), Tomografía computarizada (TC), rayos X, fluoroscopia, ventriculografía, ecografía o cualquier otra modalidad de imagen o una combinación de cualquiera o todas estas modalidades.
- 5 Basado en el conjunto de parámetros de estimulación actual, el procesador 80 estima un volumen resultante de activación tisular (VTA) 202, y lo muestra con el cable 12" gráfico y la estructura 200 anatómica gráfica. En la realización preferida, el VTA 202 se superpone sobre la estructura 200 gráfica anatómica. En la realización ilustrada, aunque el cable 12" gráfico, la estructura 200 anatómica gráfica y el VTA 202 se muestran en una vista oblicua, como alternativa, se pueden mostrar en uno o más de los planos tradicionales de sección (por ejemplo, axial, coronal y sagital), como se muestra en la **figura 14**. El usuario puede especificar la forma general del VTA 202 (por ejemplo, esférico, ovoide, etc.) en cualquier espacio de coordenadas deseado, por ejemplo, Tailerach, Horsely-Clark, Cartesiano, etc. O puede hacer clic en los márgenes del VTA 202 y arrastrarlos a las especificaciones del usuario. En una realización opcional, el usuario puede hojear las imágenes en cada plano simultáneamente o a través de un plano de sección a la vez seleccionando una de las casillas de verificación en un elemento de control de vista 140.
- 10 En una realización, el usuario puede eliminar diferentes secciones (octantes) del cerebro, por ejemplo, el más cercano al espectador en la **figura 14** y demarcado (delineado) por los planos A (axial), B (coronal) y C (sagital). El usuario puede eliminar uno o varios de estos 8 "bloques" de tejido para visualizar el tejido objetivo o VTA 202. El usuario puede luego visualizar el objetivo o VTA 202 proyectado sobre uno, dos o los tres planos de sección. El usuario puede mover los planos de forma independiente para desplazarse por las secciones de cada plano. Por ejemplo, el usuario podría mover el plano A hacia arriba y hacia abajo independientemente de las otras secciones para ver el objetivo o la proyección VTA 202 en diferentes secciones adyacentes. De manera similar, el usuario podría mover los planos B o C independientemente de los otros dos planos para visualizar el objetivo o VTA 202 en secciones adyacentes. El usuario también puede rotar toda la estructura 3D para ver el objetivo o VTA 202 desde cualquier ángulo.
- 15 La pantalla 100 de programación incluye además un conjunto de elementos 136 de control de desplazamiento del cable axial y un conjunto de elementos 138 de control de desplazamiento de cable circunferenciales que pueden accionarse para desplazar sincrónicamente tanto el cable 12' gráfico con los elementos 130 de control como el cable 12" gráfico y el VTA 202 asociado en relación con la estructura 200 anatómica gráfica.
- 20 Cuando se activa el conjunto de elementos 136 de control de desplazamiento axial del cable, el procesador 80 está configurado para desplazar de forma síncrona y axial tanto el cable 12' gráfico como el cable 12" gráfico y el VTA 202 asociado en la misma dirección en la misma distancia (es decir, moviendo los cables 12', 12" gráficos y VTA 202 a lo largo de los respectivos ejes de los cables gráficos a la misma distancia lineal). En particular, un elemento 136a de control de flecha superior del conjunto de elementos de control de desplazamiento axial del cable se puede hacer clic para desplazar axialmente el cable 12' gráfico y el cable 12" gráfico y el VTA 202 asociado en relación con la estructura 200 anatómica en la dirección proximal, y se puede hacer clic en un elemento de control de flecha inferior 136b del conjunto de elementos de control de desplazamiento axial del cable para desplazar axialmente el cable 12' gráfico y el cable 12" gráfico y el VTA 202 asociado con respecto a la estructura 200 anatómica en la dirección distal.
- 25 Cuando se activa el conjunto de elementos 138 de control de desplazamiento del cable circunferencial, el procesador 80 está configurado para desplazar de forma síncrona y circunferencial tanto el cable 12' gráfico como el cable 12" gráfico y el VTA 202 asociado en la misma dirección en la misma dirección (es decir, girando los cables 12', 12" gráficos y VTA 202 alrededor de los ejes respectivos de los cables gráficos de la misma distancia angular). En particular, se puede hacer clic en un elemento 138a de control de flecha superior del conjunto de elementos de control de desplazamiento del cable circunferencial para desplazar circunferencialmente el cable 12' gráfico y el cable 12" gráfico y el VTA 202 asociado con respecto a la estructura 200 anatómica en el sentido contrario a las agujas del reloj, y se puede hacer clic en un elemento 138b de control de flecha inferior del conjunto de elementos de control de desplazamiento del cable circunferencial para desplazar circunferencialmente el cable 12' gráfico y el cable 12" gráfico y el VTA 202 asociado con respecto a la estructura 200 anatómica en el sentido de las agujas del reloj.
- 30 Aunque las técnicas anteriores se han descrito como implementadas en el CP 16, se debe tener en cuenta que esta técnica puede implementarse alternativa o adicionalmente en el RC 14.
- 35 Aunque se han mostrado y descrito realizaciones particulares de las presentes invenciones, Se entenderá que no se pretende limitar las presentes invenciones a las realizaciones preferidas, y será obvio para los expertos en la materia que pueden realizarse diversos cambios y modificaciones sin apartarse del alcance de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (18) de control externo para uso con un sistema (10) de neuroestimulación que tiene un cable (12) de neuroestimulación y una pluralidad de electrodos (26) dispuesto circunferencialmente alrededor del cable (12) de neuroestimulación capaz de transportar un campo de estimulación eléctrica al tejido en el que se implantan los electrodos (26), que comprende:
- 5 una interfaz de usuario que incluye una pantalla (100) de visualización configurada para mostrar representaciones gráficas tridimensionales de los electrodos (26'), una pluralidad de elementos (130) de control icónicos vinculados gráficamente a las representaciones gráficas de los electrodos (26') e indicando una cantidad de corriente a través del electrodo (26') correspondiente en términos de un valor de corriente fraccionada para un conjunto visualizado de parámetros de estimulación, y un primer elemento (118a) de control de modificación circunferencial y un segundo elemento (118b) de control de modificación circunferencial configurados para ser accionados;
- 10 un procesador (80) configurado para generar parámetros de estimulación diseñados para modificar el campo de estimulación eléctrica cuando el primer elemento (118a) de control de modificación circunferencial se activa para contraer circunferencialmente el campo de estimulación eléctrica alrededor de un lugar del campo de estimulación eléctrica y cuando el segundo elemento (118b) de control de modificación circunferencial se acciona para expandir circunferencialmente el campo de estimulación eléctrica sobre el lugar del campo de estimulación eléctrica; y
- 15 circuitos (86) de salida configurados para transmitir los parámetros de estimulación al sistema (10) de neuroestimulación.
- 20
2. El dispositivo (18) de control externo de la reivindicación 1, en el que la pantalla (100) de visualización es una pantalla táctil.
3. El dispositivo (18) de control externo de la reivindicación 1, en el que los parámetros de estimulación definen una amplitud de la corriente eléctrica que fluye a través del electrodo (26) correspondiente a la representación gráfica tridimensional del electrodo (26') a la que el elemento (130) de control accionado está enlazado gráficamente.
- 25
4. El dispositivo (18) de control externo de la reivindicación 1, en el que el procesador (80) está configurado para estimar un volumen de activación (202) de tejido en función de los parámetros de estimulación generados, en el que la pantalla (100) de visualización está configurado para mostrar una estructura (200) anatómica y el volumen de activación (202) del tejido por separado de las representaciones gráficas tridimensionales de los electrodos (26'), la interfaz de usuario incluye un elemento (136, 138) de control configurado para ser accionado, y el procesador (80) está configurado para desplazar sincrónicamente tanto las representaciones gráficas tridimensionales de los electrodos (26') y el volumen de activación (202) del tejido en relación con la estructura (200) anatómica en respuesta a la actuación del elemento (136, 138) de control.
- 30
5. El dispositivo (18) de control externo de la reivindicación 4, en el que la pantalla (100) de visualización está configurada para mostrar una representación gráfica tridimensional del cable (12') de neuroestimulación con el volumen de activación (202) del tejido y la estructura (200) anatómica, y el procesador (80) está configurado para desplazar sincrónicamente las representaciones gráficas tridimensionales de los electrodos (26') y el volumen de activación (202) del tejido y la representación gráfica del cable (12') de neuroestimulación en relación con la estructura (200) anatómica en respuesta a la actuación del elemento (136, 138) de control.
- 35
6. El dispositivo (18) de control externo de la reivindicación 4, en el que el procesador (80) está configurado para desplazar axialmente las representaciones gráficas tridimensionales de los electrodos (26') y el volumen de activación (202) del tejido en respuesta a la actuación del elemento (136) de control.
- 40
7. El dispositivo (18) de control externo de la reivindicación 4, en el que el procesador (80) está configurado para desplazar circunferencialmente las representaciones gráficas tridimensionales de los electrodos (26') y el volumen de activación (202) del tejido en respuesta a la actuación del elemento (138) de control.
- 45
8. El dispositivo (18) de control externo de la reivindicación 4, en el que la estructura (200) anatómica se muestra en una vista axial, una vista coronal y una vista sagital.
9. El dispositivo (18) de control externo de la reivindicación 8, en el que la interfaz de usuario incluye otro elemento (140) de control configurado para ser activado, y el procesador (80) está configurado para seleccionar una de las vistas axial, coronal y sagital en respuesta a la actuación del otro elemento de control.
- 50
10. El dispositivo (18) de control externo de la reivindicación 1, en el que los circuitos (86) de salida comprenden circuitos de telemetría.
11. El dispositivo (18) de control externo de la reivindicación 1, que comprende además una carcasa que contiene la interfaz de usuario, el procesador (80) y el circuito (86) de salida.

12. El dispositivo (18) de control externo de la reivindicación 1, en el que la interfaz de usuario comprende además un elemento (114) de control de selección de modo para seleccionar entre un modo de desplazamiento del campo de estimulación eléctrica y un modo de configuración del campo de estimulación eléctrica.
- 5 13. El dispositivo (18) de control externo de la reivindicación 12, en el que, cuando se selecciona el modo de configuración del campo de estimulación eléctrica, el primero y el segundo elemento (118a, 118b) de control de modificación circunferencial, cuando se activan, se contraen o expanden circunferencialmente, respectivamente, el campo de estimulación eléctrica sobre el lugar del campo de estimulación eléctrica y cuando se selecciona el modo de desplazamiento del campo de estimulación eléctrica, los elementos (118a, 118b) de control de modificación circunferencial primero y segundo, cuando se activan, desplazan circunferencialmente el lugar del campo de estimulación eléctrica.
- 10 14. El dispositivo (18) de control externo de la reivindicación 12, en el que la interfaz de usuario comprende además un primer elemento (116a) de control de modificación axial y un segundo elemento (116b) de control de modificación axial, en el que cuando se selecciona el modo de configuración del campo de estimulación eléctrica, los elementos (116a, 116b) de control de modificación axial primero y segundo, cuando se activan, expanden o contraen axialmente, respectivamente, el campo de estimulación eléctrica sobre el lugar del campo de estimulación eléctrica y cuando se selecciona el modo de desplazamiento del campo de estimulación eléctrica, los elementos (116a, 116b) de control de modificación axial primero y segundo, cuando se activan, desplazan axialmente el lugar del campo de estimulación eléctrica.
- 15 15. El dispositivo (18) de control externo de la reivindicación 12, en el que la interfaz de usuario comprende además un primer elemento (120a) de control de modificación radial y un segundo elemento (120b) de control de modificación radial que, cuando se accione, desplace radialmente el lugar del campo de estimulación eléctrica hacia adentro o hacia afuera, respectivamente, con respecto a un eje del cable.
- 20

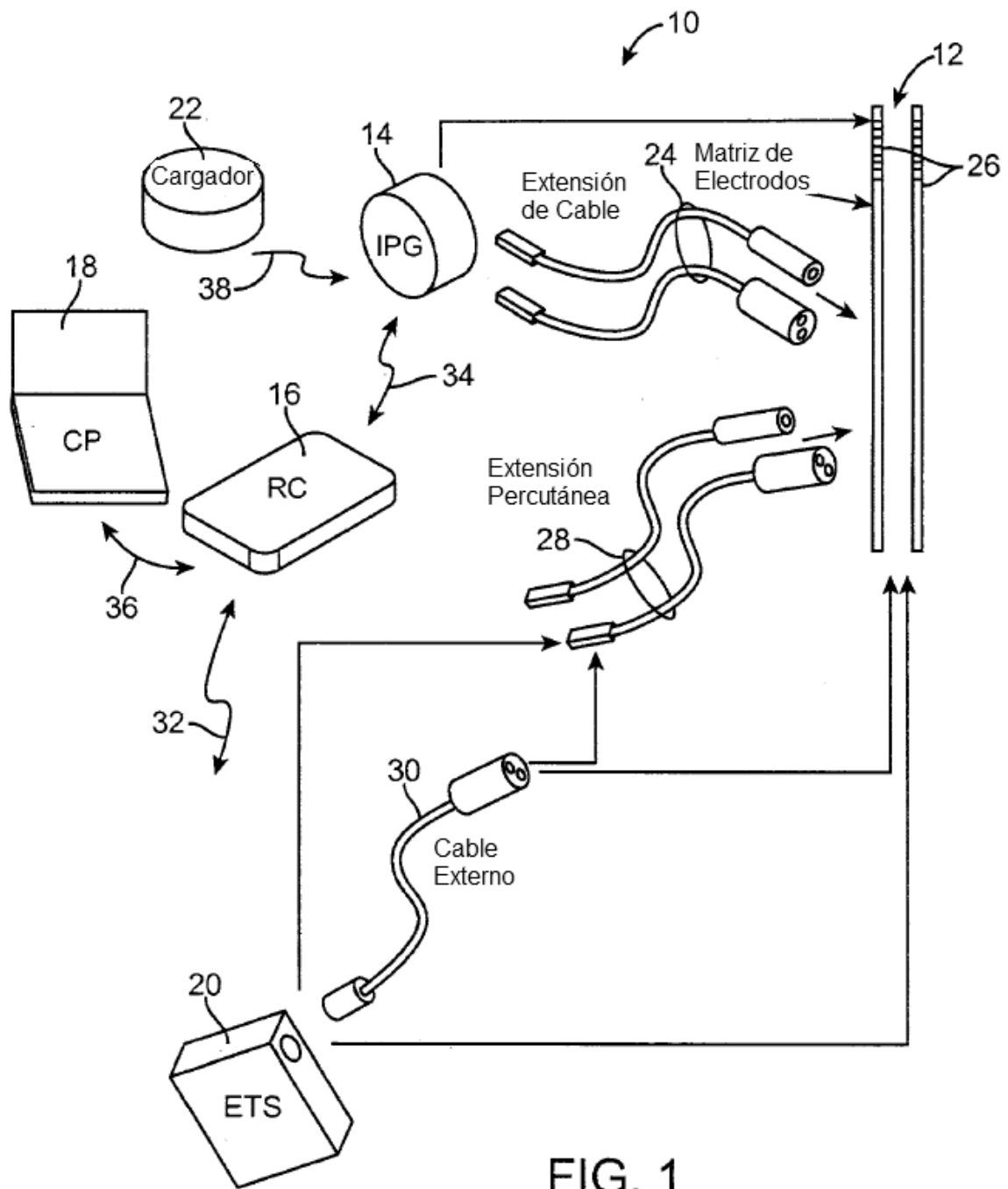
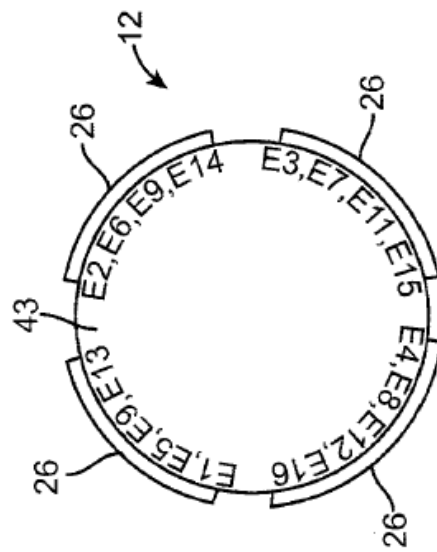
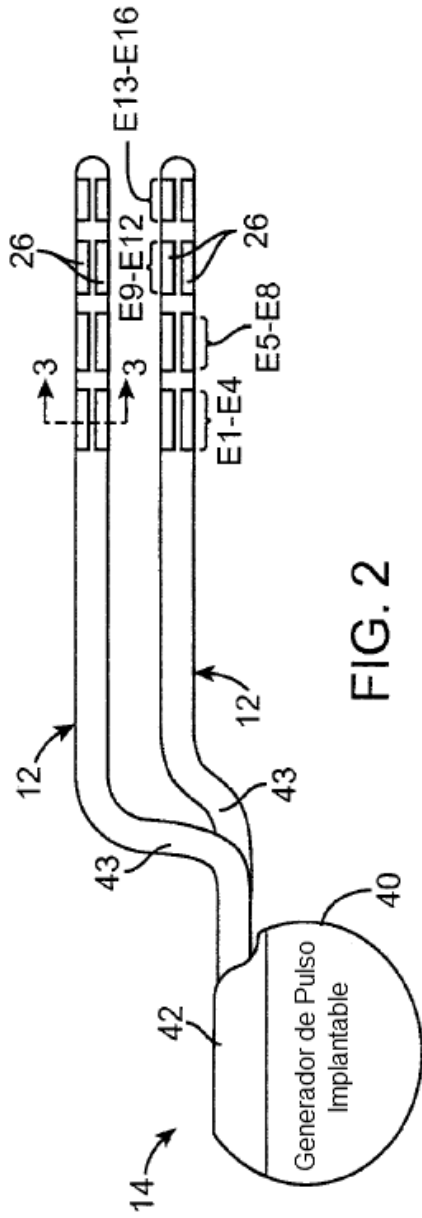


FIG. 1



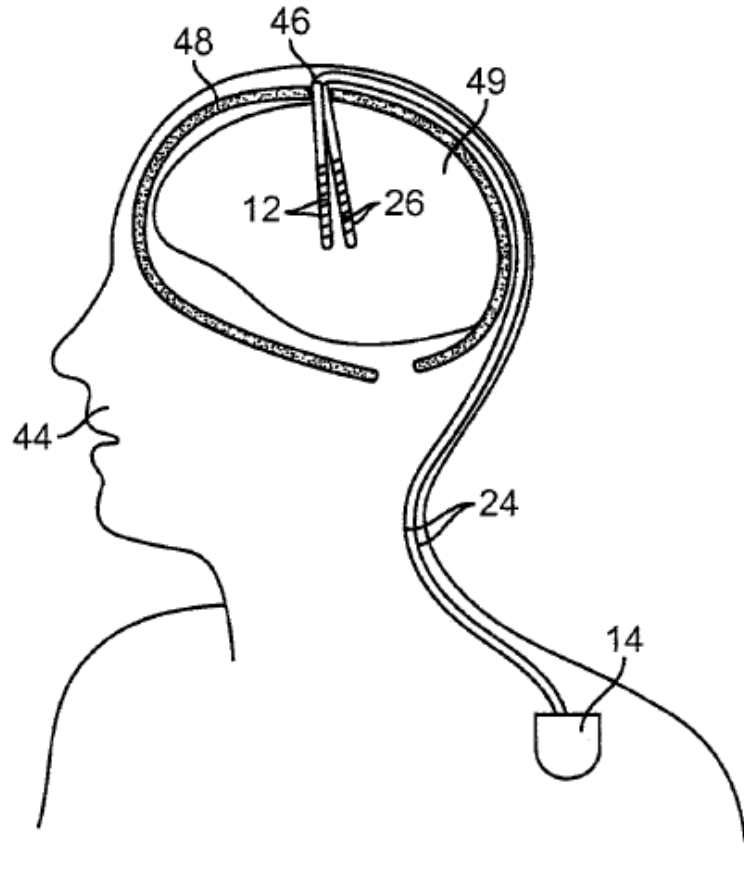


FIG. 4

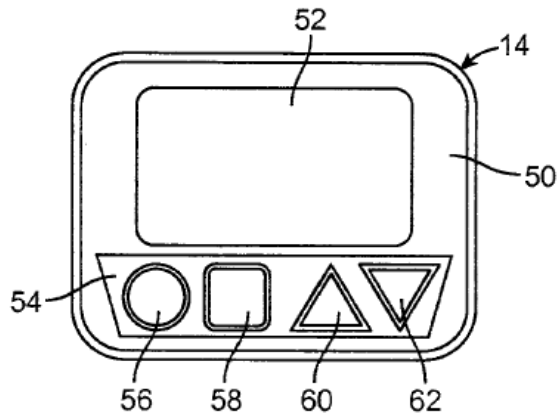


FIG. 5

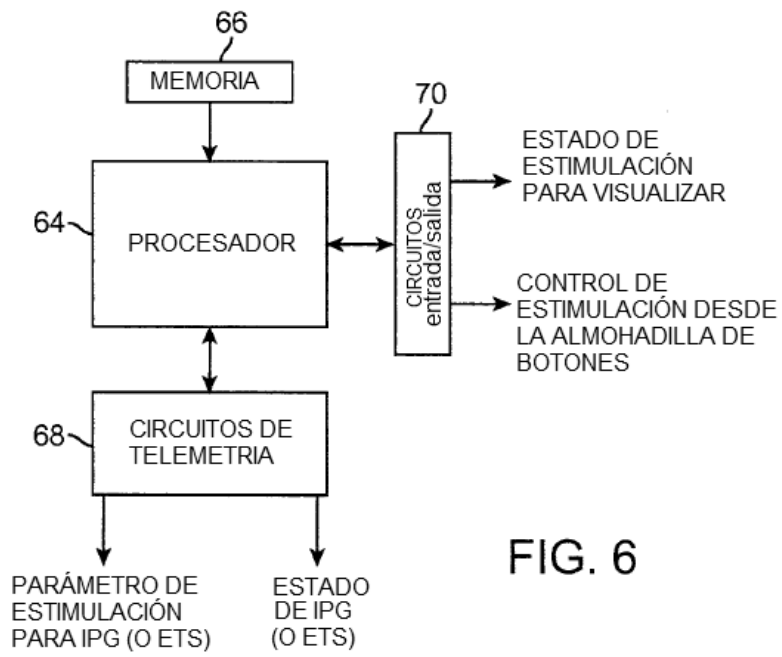


FIG. 6

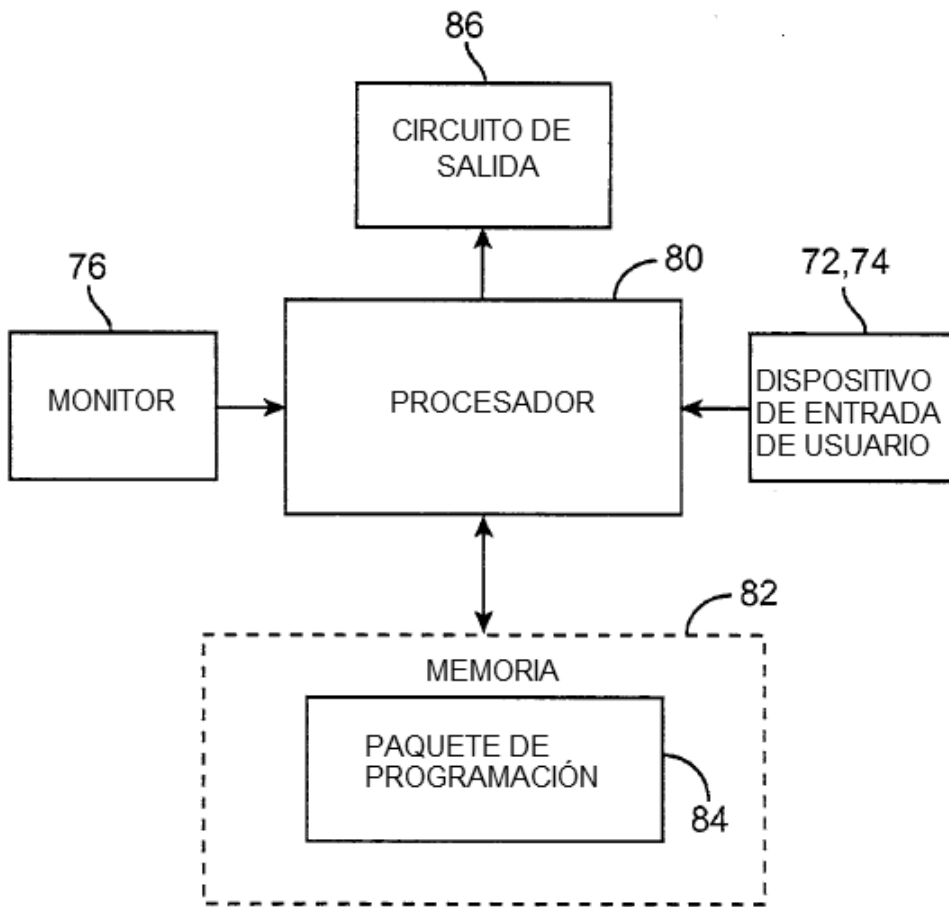


FIG. 7



FIG. 8A

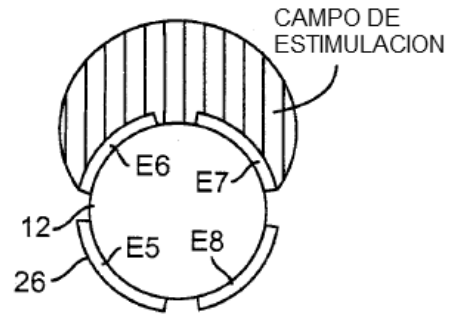


FIG. 8B



FIG. 8C

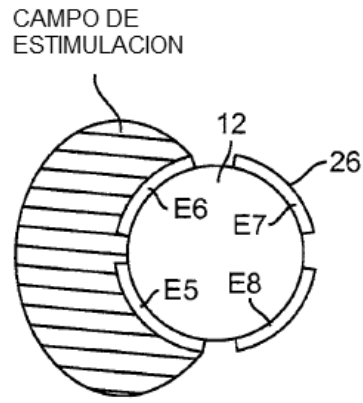


FIG. 8D

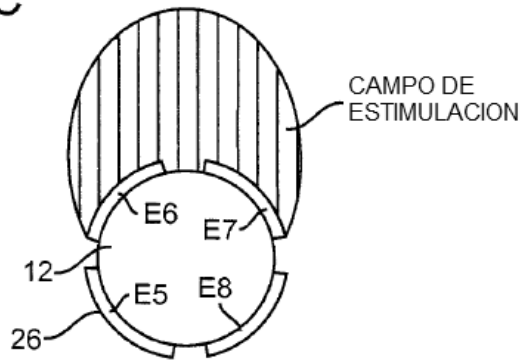
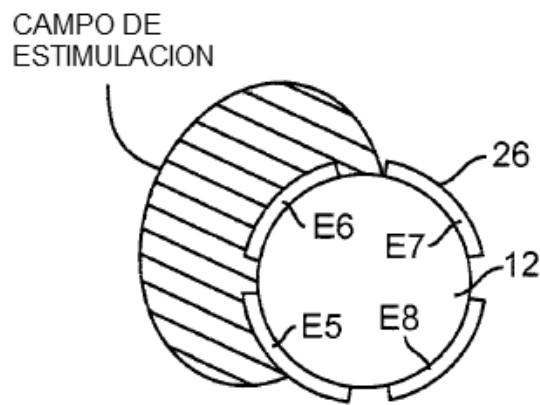
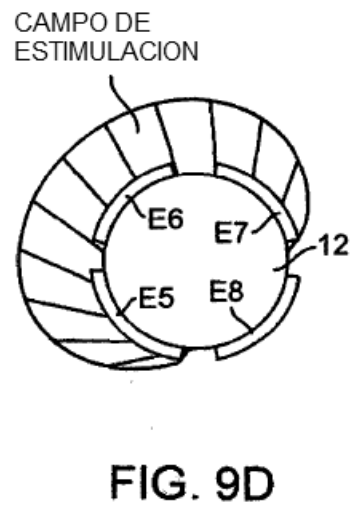
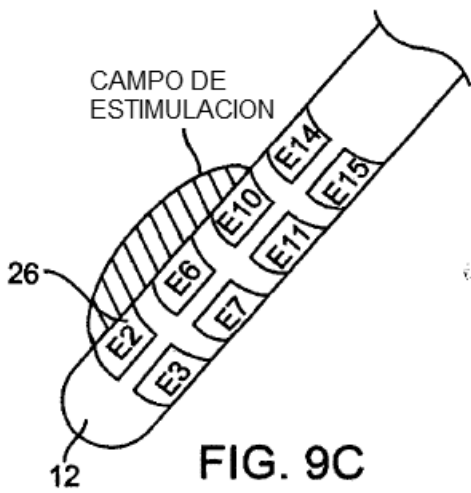
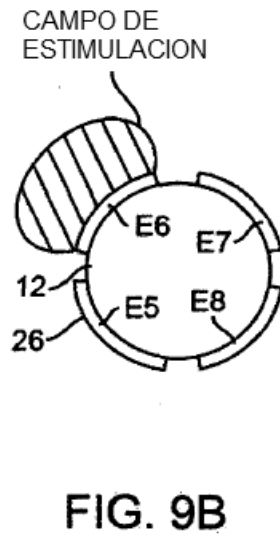
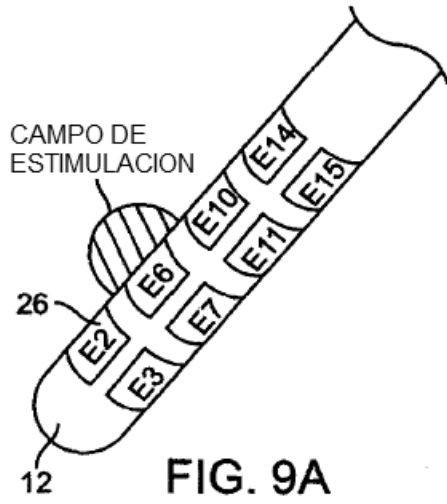


FIG. 8E





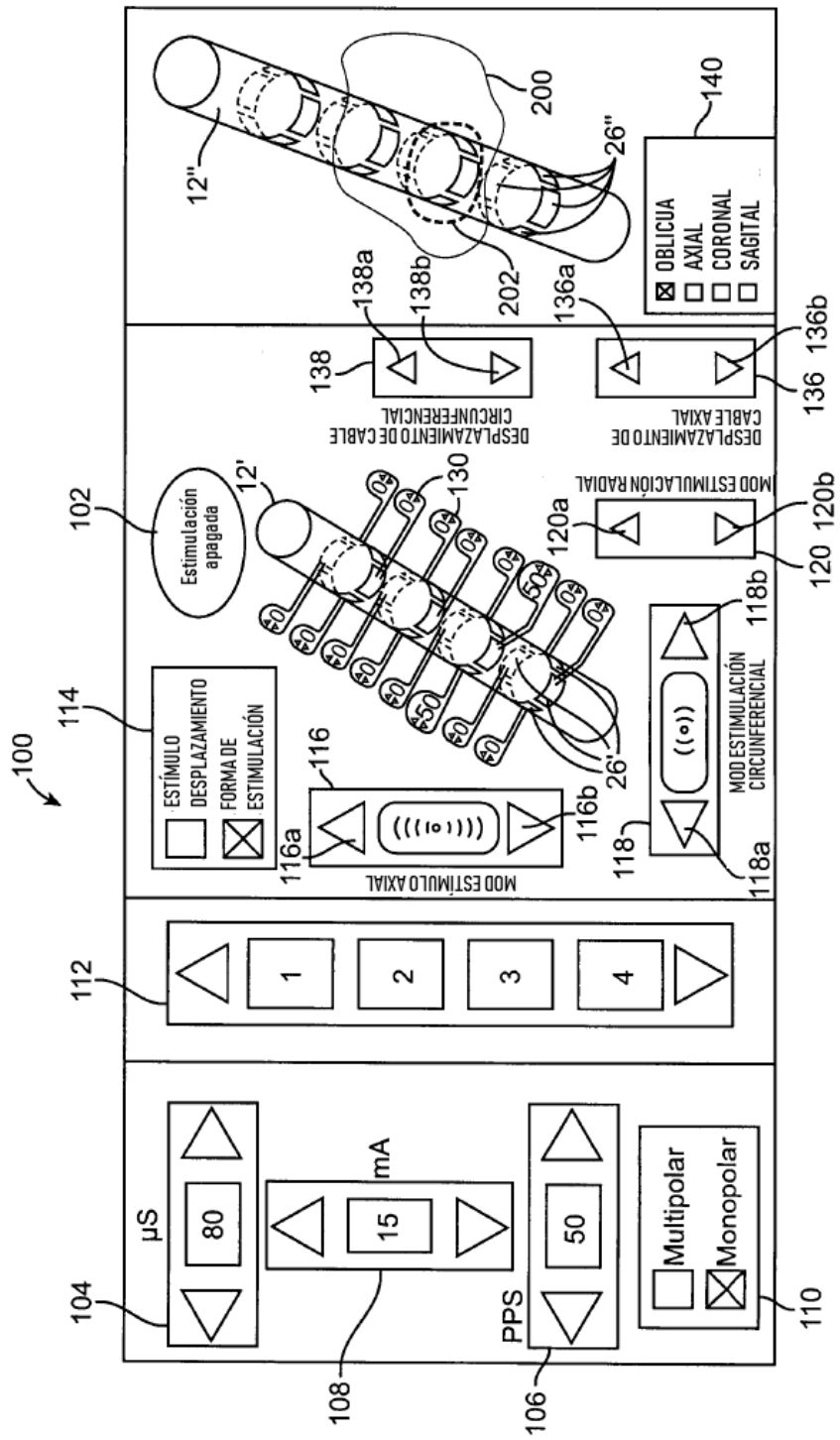


FIG. 10

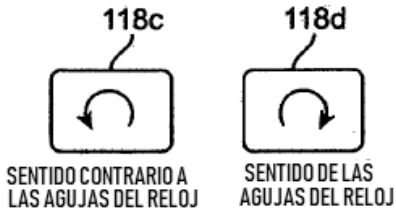


FIG. 11A

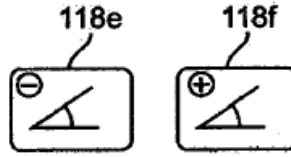


FIG. 11B

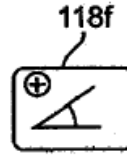


FIG. 11C

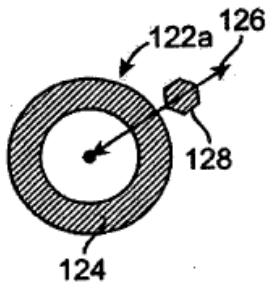


FIG. 12A



FIG. 12B



FIG. 12C

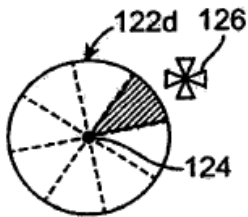


FIG. 12D

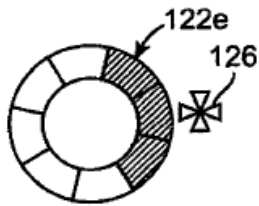


FIG. 12E

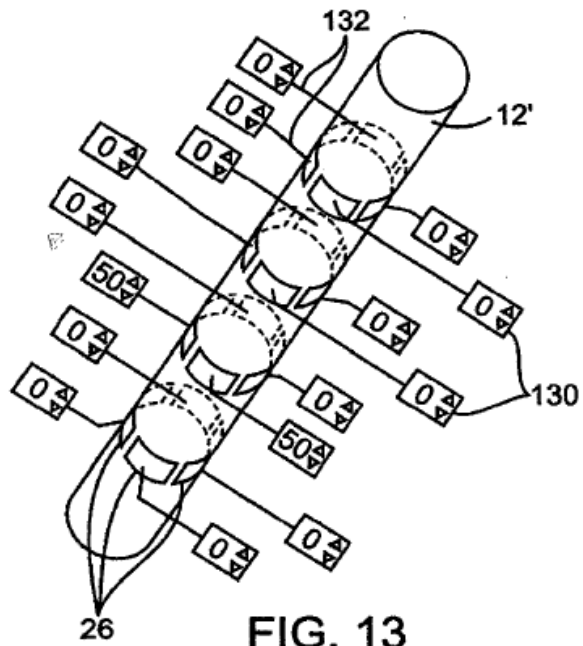


FIG. 13

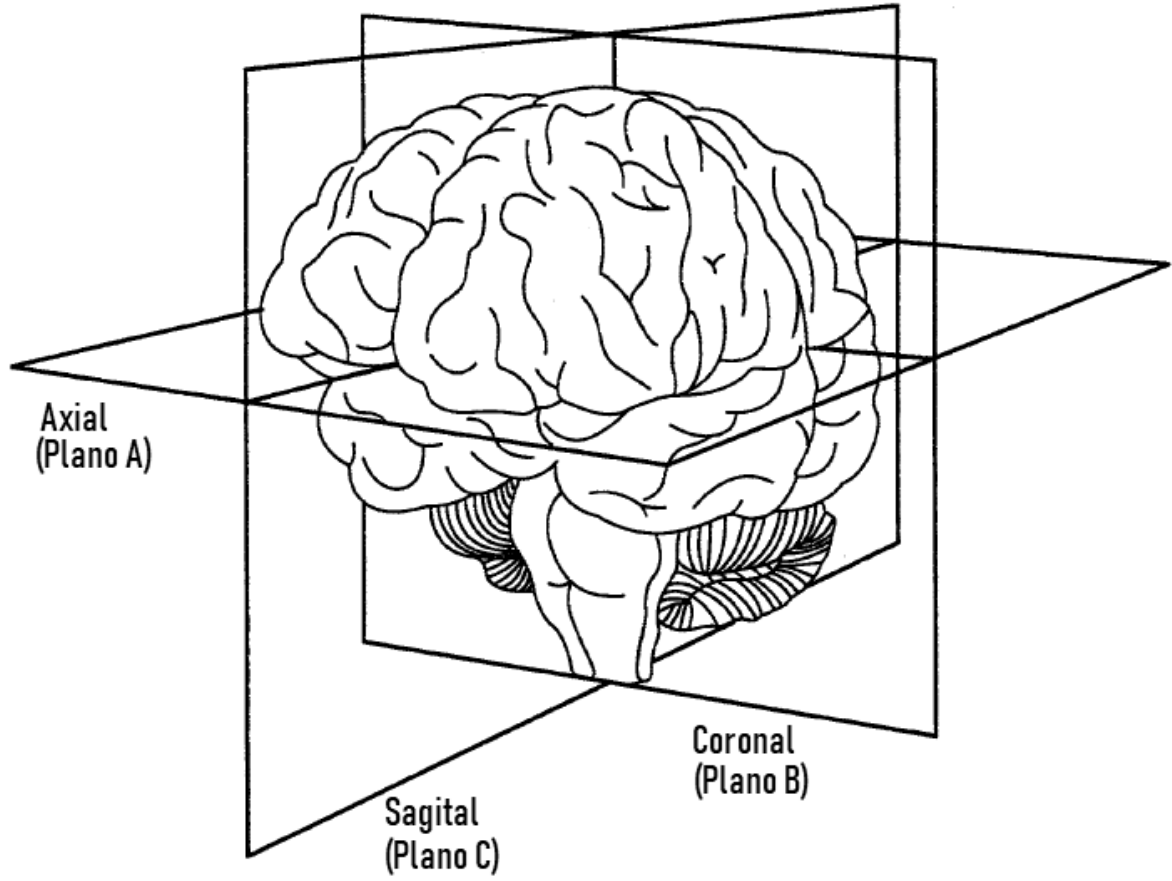


FIG. 14