

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 623 779**

51 Int. Cl.:

A61N 1/36 (2006.01)

A61N 1/02 (2006.01)

A61N 1/05 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.12.2005 E 15001044 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.02.2017 EP 2965780**

54 Título: **Dispositivo para controlar la carga eléctrica de electrodos de estimulación**

30 Prioridad:

13.12.2004 DE 102004059973

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

12.07.2017

73 Titular/es:

**PIXIUM VISION SA (100.0%)
74 rue du Faubourg Saint Antoine
75012 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**ROCKE, ANDRE;
ORTMANNS, MAURITS y
UNGER, NORBERT**

74 Agente/Representante:

AZNÁREZ URBIETA, Pablo

ES 2 623 779 T3

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

DESCRIPCIÓN

Dispositivo para controlar la carga eléctrica de electrodos de estimulación

5 La presente invención se refiere a un dispositivo para controlar la tensión o la carga eléctrica de electrodos de estimulación que sirven para estimular tejidos o nervios vivos. En particular, la presente invención se refiere a un circuito electrónico para controlar la carga eléctrica de electrodos de estimulación en un sistema para estimular tejido vivo o nervios vivos por impulsos de estimulación aislados o repetidos, mediante unos electrodos de estimulación.

10 Son conocidos dispositivos en forma de implantes para la estimulación de tejido vivo. Así, por ejemplo, se han desarrollado implantes para la retina del ojo humano previstos para el tratamiento de pacientes que han perdido parcial o totalmente su capacidad visual por defectos en la retina. En este contexto, primero se implanta un dispositivo microelectrónico en la zona de la retina, con una pluralidad de elementos de imagen (píxel) fotosensibles mediante los cuales se registra una imagen, que se proyecta sobre la retina a través del cristalino aún intacto del ojo; como alternativa, la captación de imágenes puede realizarse también mediante una cámara externa. La imagen captada con los elementos de imagen o la cámara se convierte en señales eléctricas y se suministra al tejido circundante o a las células de la retina mediante unos electrodos de estimulación, a través de impulsos eléctricos de estimulación, para restablecer o mejorar la capacidad visual del paciente que ha perdido total o parcialmente la vista.

20 En la estimulación de tejido o nervios vivos a través de impulsos de estimulación aislados o repetidos mediante electrodos de estimulación pueden aparecer desequilibrios de las cargas eléctricas en los electrodos de estimulación. En los sistemas de estimulación o los estimuladores ya conocidos con frecuencia se utilizan generadores de impulsos para generar los impulsos eléctricos de estimulación en los electrodos de estimulación. En este contexto, la forma o el curso de los impulsos eléctricos de estimulación se adapta al tipo de tejido a estimular. Mediante un generador de corriente se aplica a los electrodos de estimulación una corriente eléctrica que corresponde a los impulsos eléctricos de estimulación generados por el generador de impulsos.

30 Sin embargo, después de un impulso de estimulación individual puede quedar una pequeña carga eléctrica en los electrodos de estimulación debido, por ejemplo, a errores o tolerancias. Un desequilibrio de las cargas eléctricas de los electrodos de estimulación que se mantenga continuamente o que aumente puede llevar a un flujo de corriente no deseado entre los electrodos de estimulación y, por tanto, a daños tanto en el tejido como en los electrodos de estimulación, los cuales pueden llegar a destruir los electrodos de estimulación y llevar al fallo total del sistema de estimulación. En particular, debido a desequilibrios de las cargas eléctricas en los electrodos de estimulación puede producirse un flujo de corriente continua entre los electrodos de estimulación, lo que, por lo que se refiere al paciente, puede ir asociado a sensaciones desagradables y efectos desventajosos en el tejido o en los nervios.

40 En algunos sistemas de estimulación ya conocidos, la eliminación de desequilibrios de cargas eléctricas en los electrodos de estimulación se realiza por ejemplo cortocircuitando los electrodos o mediante resistencias en paralelo para la descarga pasiva de los electrodos de estimulación o de capacitores en serie convencionales. Sin embargo, tales dispositivos tienen la desventaja de que llevan asociada una gran necesidad de espacio, ya que en principio es deseable alojar los sistemas de estimulación en el menor espacio posible.

45 El documento US 6301505 B1 describe un dispositivo para la estimulación de tejido nervioso, especialmente en el oído interno, o de tejido muscular. Un circuito eléctrico vigila el establecimiento de potencial entre los electrodos de estimulación. Cuando se registra un potencial demasiado alto entre los electrodos de estimulación, se impiden estimulaciones posteriores, de manera que la diferencia de potencial entre los electrodos de estimulación ya no puede seguir aumentando. A continuación, se inhibe la estimulación de los electrodos de estimulación hasta que, a través de un cortocircuito entre los electrodos, la diferencia de potencial se haya compensado de nuevo o sea inferior al valor límite. Este dispositivo tiene la desventaja de que no es posible llevar a cabo ninguna estimulación hasta que se haya compensado la diferencia de potencial entre los electrodos de estimulación.

50 El documento DE 10151650 A1 describe una disposición de electrodos para la estimulación eléctrica con un electrodo de estimulación, mediante el cual se alimenta a un material biológico una señal estímulo, y un contraelectrodo. Adicionalmente, la disposición de electrodos está equipada con un electrodo sensible, con el que se determina una tensión de polarización en el electrodo de estimulación, siendo posible registrar partes estáticas de la polarización de electrodo. Según este procedimiento ya conocido, se mide de forma continua el potencial de polarización y se influye en la señal de estimulación de tal manera que el potencial de polarización entre los electrodos de estimulación no sobrepase un determinado valor. Esto se logra bien mediante un ajuste de la amplitud o bien desconectando la señal de estimulación. La desventaja de esta disposición de electrodos es que, con el electrodo sensible, se requiere un electrodo adicional para medir el potencial de polarización, lo que aumenta tanto los costes del dispositivo de estimulación como el esfuerzo en la implantación y el perjuicio causado al tejido a estimular. Además, en este método ya conocido, la medición de una diferencia de potencial

entre los electrodos de estimulación se realiza durante la estimulación, lo que puede afectar al resultado de la medida.

5 El documento US 6516227 describe un sistema para estimular la médula espinal (SCS) que presenta varios canales de estimulación, cada uno de los cuales está en situación de generar una corriente de 10 mA en una carga de 1 kΩ. El sistema SCS comprende además una fuente de potencia regenerable, por ejemplo una batería recargable. Cada uno de los varios canales de estímulo del sistema puede combinarse con otros canales para suministrar más de 10 mA de corriente. Adicionalmente, el sistema SCS debe tener la capacidad de estimular simultáneamente todos los canales disponibles. Cada canal tiene aquí al menos dos salidas, una positiva y una negativa, que, mediante una matriz de conmutación de baja impedancia, pueden asignarse a cada contacto de electrodo o a la carcasa del sistema.

10 Del documento US5184615 se conoce un aparato según el preámbulo de la reivindicación 1.

La presente invención tiene el objetivo de proporcionar un dispositivo para el control de la carga eléctrica en electrodos de estimulación con poca necesidad de espacio, que reduzca o elimine un flujo de corriente no deseado entre los electrodos de estimulación de un sistema de estimulación causado por desequilibrios de cargas eléctricas en los electrodos de estimulación.

15 Este objetivo se logra mediante el dispositivo según la invención con las características según la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se indican respectivamente perfeccionamientos ventajosos de la invención.

20 Según un aspecto de la presente invención, el objetivo arriba mencionado se logra mediante un dispositivo para estimular tejido vivo o nervios vivos a través de impulsos de estimulación aislados o repetidos, mediante unos electrodos de estimulación que están en contacto con nervios o tejido vivos que se estimulan mediante impulsos de estimulación de los electrodos de estimulación, comprendiendo el dispositivo un circuito eléctrico que regula la tensión eléctrica o la carga eléctrica en los electrodos de estimulación en función de la tensión eléctrica entre los electrodos de estimulación y reduce o compensa desequilibrios de cargas eléctricas en los electrodos de estimulación.

25 Según otro aspecto, el objetivo arriba mencionado se logra mediante un procedimiento para hacer funcionar el dispositivo arriba mencionado, que comprende los siguientes pasos:

- detectar una tensión eléctrica entre los electrodos de estimulación o un desequilibrio de cargas eléctricas en los electrodos de estimulación,
- 30 • comparar la tensión determinada entre los electrodos de estimulación con un intervalo de tensiones predeterminado,
- generar y aplicar una corriente eléctrica positiva o negativa, de una determinada duración e intensidad, a como mínimo un electrodo de estimulación, reduciendo o compensando la tensión eléctrica entre los electrodos de estimulación o un desequilibrio de cargas eléctricas en los electrodos de estimulación.

35 Por consiguiente, según la presente invención, se proporciona un dispositivo que es capaz de regular la carga eléctrica en electrodos de estimulación de un sistema para estimular tejido vivo o nervios vivos y provocar una compensación de carga en los electrodos de estimulación. La presente invención proporciona en particular un circuito electrónico que sirve para controlar y compensar la carga eléctrica en electrodos de estimulación en un sistema para estimular tejido vivo o nervios vivos a través de impulsos de estimulación aislados o repetidos, mediante unos electrodos de estimulación. Así, el dispositivo según la invención es capaz de provocar una compensación de la carga eléctrica en los electrodos de estimulación del sistema de estimulación.

40 Por tanto, una ventaja particular del dispositivo según la invención es que se evitan desequilibrios de cargas eléctricas en los electrodos de estimulación y los efectos desventajosos que dichos desequilibrios tienen en el tejido y los nervios, por el método de eliminarlos activamente mediante una compensación de carga correspondiente. Otra ventaja del dispositivo según la invención es que éste ya no necesita utilizar capacitores en serie y, por tanto, necesita menos espacio que los dispositivos ya conocidos. De hecho, no es forzosamente necesario utilizar al menos una resistencia en paralelo, pero puede estar prevista en caso dado para aumentar la seguridad frente al primer error. Otra ventaja del dispositivo según la invención es que, salvo los electrodos de estimulación, no es necesario ningún electrodo de medición adicional.

45 De la descripción siguiente, en la que se hace referencia a las figuras, se desprenden otros detalles, formas de realización preferentes y ventajas de la presente invención. Muestran:

Figura 1: diagrama de bloques esquemático de un circuito eléctrico para un dispositivo según una forma de realización preferente de la presente invención para su uso en un sistema de estimulación;

Figura 2: modelo de electrodos en forma de representación esquemática con un esquema eléctrico equivalente para un dispositivo según una forma de realización preferente de la presente invención en un sistema de estimulación; y

Figura 3: circuito eléctrico equivalente para la representación de diferentes estados de los electrodos de estimulación de un sistema de estimulación con un dispositivo según una forma de realización preferente de la presente invención.

5 En la Figura 1 se muestra un diagrama de bloques esquemático de un circuito eléctrico para un dispositivo según una primera forma de realización preferente de la presente invención, que puede emplearse en un sistema de estimulación para estimular tejido vivo o nervios vivos mediante impulsos de estimulación aislados o repetidos. En esta forma de realización preferente de la presente invención, el dispositivo según la invención comprende un generador de impulsos 1, que genera impulsos eléctricos. El generador de impulsos 1 transmite estos impulsos eléctricos a una fuente de corriente/tensión 2, donde se amplifican para obtener impulsos de estimulación y se transmiten, a través de líneas eléctricas, a un primer electrodo de estimulación 6 y a un segundo electrodo de estimulación o contraelectrodo 7.

10 Los electrodos de estimulación 6, 7 están, por ejemplo, en contacto con nervios humanos o tejido humano 8, que se estimula mediante los impulsos de estimulación de los electrodos de estimulación 6, 7. En este contexto, la forma o el curso de los impulsos eléctricos de estimulación generados por el generador de impulsos 1 y por la fuente de corriente/tensión 2 está adaptada o adaptado al tipo del tejido a estimular o de los nervios a estimular. La conexión por medio de la línea eléctrica entre la fuente de corriente/tensión 2 y el electrodo de estimulación 6 puede interrumpirse o establecerse mediante un contacto de conmutación 10.

15 La forma de realización del dispositivo según la invención para estimular tejido vivo o nervios vivos representada en la Figura 1 comprende además un medidor de carga o tensión 5, que está conectado a los dos electrodos de estimulación 6 y 7. El medidor de carga o tensión 5 detecta la tensión eléctrica entre los electrodos de estimulación 6, 7 y detecta así desequilibrios de cargas eléctricas o diferencias de carga en los electrodos de estimulación 6, 7, que se transmiten a un comparador 4. El comparador 4 comprueba si la tensión detectada por el medidor de carga o tensión 5 entre los electrodos de estimulación 6 y 7 está por debajo, dentro o por encima de un intervalo de tensiones predeterminado definido por valores límite predeterminados.

20 El comparador 4 está conectado a un inyector de carga 3, que puede generar una corriente eléctrica de una duración e intensidad determinadas. El inyector de carga 3 está a su vez conectado al electrodo de estimulación 6 por una línea eléctrica, pudiendo la conexión entre el inyector de carga 3 y el electrodo de estimulación 6 interrumpirse o establecerse mediante un contacto de conmutación 9. En base al resultado averiguado por el comparador 4 en relación con la tensión entre los electrodos de estimulación 6 y 7, el comparador 4 transmite al inyector de carga 3 una señal correspondiente, después de lo cual el inyector de carga 3 puede aplicar al electrodo de estimulación 6 una corriente eléctrica positiva o negativa de una duración y una intensidad determinadas.

25 Si el comparador 4 comprueba que la tensión entre los electrodos de estimulación 6, 7 no está dentro del intervalo de tensiones predeterminado, el inyector de carga 3 aplica al electrodo de estimulación 6, durante un determinado lapso de tiempo, una corriente eléctrica correspondiente de una determinada intensidad. A este respecto, el inyector de carga 3 elige el sentido de la corriente de compensación o la polaridad de la corriente de compensación de manera que la tensión absoluta entre los electrodos de estimulación 6 y 7 disminuya. Tras la aplicación de la corriente de compensación de una longitud y amplitud determinadas puede detectarse de nuevo la tensión. Si el comparador 4 comprueba a continuación que sigue existiendo una tensión eléctrica entre los electrodos 6, 7 fuera del intervalo de tensiones predeterminado, se repite la aplicación de una corriente de compensación adicional.

30 Este proceso de alternancia entre la detección de la tensión eléctrica entre los electrodos 6, 7 y la aplicación de impulsos de corriente para compensar desequilibrios de cargas eléctricas en los electrodos de estimulación 6, 7 puede repetirse hasta que la tensión eléctrica entre los electrodos 6, 7 esté dentro del intervalo de tensiones predeterminado o se haya compensado la carga eléctrica de los electrodos de estimulación 6, 7. Cuando la tensión entre los electrodos de estimulación 6, 7 está de nuevo dentro del intervalo de tensiones predeterminado, o cuando se ha compensado la carga eléctrica de los electrodos de estimulación 6, 7, el inyector de carga 3 deja de aplicar corriente al electrodo de estimulación 6, por ejemplo por el método de desconectar la generación de corriente del inyector de carga 3 o interrumpir la conexión entre el inyector de carga 3 y el electrodo de estimulación 6 mediante el contacto de conmutación 9.

35 Como en la forma de realización de la forma de realización según la invención mostrada en la Figura 1, en este contexto es suficiente que el inyector de carga 3 esté conectado sólo a un electrodo de estimulación 6, ya que el inyector de carga 3 está en condiciones de generar una tensión positiva o negativa con la intensidad de corriente necesaria para producir una compensación de carga entre los electrodos de estimulación 6, 7. El medidor de carga o tensión 5 y el comparador 4 determinan previamente si es necesaria una tensión positiva o una tensión negativa y qué intensidad de corriente es necesaria para compensar la carga entre los electrodos de estimulación 6, 7 y se lo transmiten al inyector de carga 3. Mediante esta regulación controlada activamente mediante el medidor de carga o tensión 5, el comparador 4 y la regulación de la corriente de compensación por medio del inyector de carga 3 se garantiza que la tensión entre los electrodos de estimulación 6 y 7 no sobrepase determinados valores límite o que la tensión eléctrica entre los electrodos de estimulación 6 y 7 disminuya o se reduzca a cero.

El dispositivo según la invención para compensar desequilibrios de cargas eléctricas en los electrodos de estimulación puede aplicarse en general en un sistema para estimular tejido o nervios a través de impulsos de estimulación aislados o repetidos, mediante unos electrodos de estimulación, y está preferiblemente integrado en un sistema de estimulación de este tipo. Según un aspecto especial de la presente invención, el dispositivo según la invención para compensar desequilibrios de cargas eléctricas en los electrodos de estimulación está activo preferiblemente sólo cuando mediante la fuente de corriente 2 no se aplica a los electrodos de estimulación 6, 7 ninguna corriente de carga ni ninguna corriente de estimulación, es decir cuando el tejido (8, 12) o los nervios que está o están en contacto con los electrodos de estimulación (6, 7) no se estimula o no se estimulan a través de impulsos de estimulación de los electrodos de estimulación (6, 7). De este modo es posible detectar y compensar con mucha exactitud eventuales desequilibrios de cargas eléctricas en los electrodos de estimulación mediante una medición casi sin corriente.

La Figura 2 muestra un modelo de electrodos en forma de una representación esquemática con un esquema eléctrico equivalente para un dispositivo según una forma de realización preferente de la presente invención para su uso en un sistema de estimulación. En la Figura 2 se muestra un modelo para describir los procesos generales en los electrodos de estimulación de un sistema de estimulación según la invención.

El modelo de electrodos del dispositivo según la invención mostrado en la Figura 2 se explica a modo de ejemplo por medio de un sistema de estimulación de retina para la aplicación a un ojo humano, habiéndose representado del sistema de estimulación de retina solamente un electrodo de estimulación 6. En el lado derecho de la Figura 2 se muestra esquemáticamente la puesta en contacto del electrodo de estimulación 6 del sistema de estimulación de retina con la retina 12 de un ojo humano. Aquí, el electrodo de estimulación 6 está en contacto con la retina 12 del ojo humano mediante un electrolito 11, estando configurada una capa límite 13 entre el electrodo de estimulación 6 y el electrolito 11. El electrolito 11 se compone esencialmente de una solución acuosa en la que hay iones cargados eléctricamente.

En el lado izquierdo de la Figura 2 se muestra un esquema eléctrico equivalente para explicar el funcionamiento del dispositivo según la invención, habiéndose indicado mediante flechas las relaciones del componente respectivo del sistema de estimulación con el componente en cuestión del esquema equivalente. La parte del esquema equivalente que en la Figura 2 está abarcada por la llave sirve para representar los procesos generales en la capa límite 13 entre el electrodo de estimulación 6 y el electrolito 11.

El esquema equivalente de la capa límite 13 entre el electrodo de estimulación 6 y el electrolito 11 comprende un primer punto nodal eléctrico P1, una resistencia de capa límite Rg, un capacitor Cg, un primer montaje en serie compuesto de un primer diodo D1 y una primera resistencia R1, un segundo montaje en serie compuesto de un segundo diodo D2 y una segunda resistencia R2, así como un segundo punto nodal eléctrico P2. La resistencia de capa límite Rg, el capacitor Cg, el primer montaje en serie compuesto del primer diodo D1 y de la primera resistencia R1, el segundo montaje en serie compuesto del segundo diodo D2 y de la segunda resistencia R2 están respectivamente conectados en paralelo entre el primer punto nodal eléctrico P1 y el segundo punto nodal eléctrico P2.

El primer diodo D1 está conectado dentro del primer montaje en serie de manera que su cátodo está conectado al punto nodal eléctrico P1, mientras que el segundo diodo D2 está conectado dentro del segundo montaje en serie de manera que su ánodo está conectado al primer punto nodal eléctrico P1. Entre el segundo punto nodal eléctrico P2 y un tercer punto nodal eléctrico P3 está conectada una resistencia electrolítica R_{electrolito}, a la que está conectada una resistencia específica del tejido R_{tejido}.

Los distintos componentes del esquema equivalente tienen, en relación con los componentes del sistema de estimulación, las siguientes correspondencias físicas. El capacitor de capa límite Cg corresponde a la capacidad eléctrica en la capa límite 13 entre el electrodo de estimulación 6 y el electrolito 11. El capacitor de capa límite Cg está determinado esencialmente por la orientación de las moléculas dipolares de agua presentes en el electrolito 11 y por la adición de los iones del electrolito 11. Durante una estimulación de la retina a través del electrodo de estimulación 6, si el sistema de estimulación funciona debidamente, los iones del electrolito no se descargan. La capacidad eléctrica en la capa límite Cg está determinada además por la superficie activa del electrodo 6 y por las propiedades físicas del electrolito 11.

La resistencia de capa límite Rg describe el comportamiento de una transferencia de carga insignificante dentro de la capa límite 13 entre el electrolito 11 y el electrodo de estimulación 6. La resistencia de capa límite Rg está en un rango de 10 megaohmios. Dentro de la capa límite 13 pueden producirse transferencias de carga sin que hayan de producirse efectos desventajosos, que se describen más abajo.

La resistencia electrolítica R_{electrolito} corresponde a la resistencia eléctrica del electrolito 11 y se compone esencialmente de la superficie activa del electrodo de estimulación 6 y de la resistencia específica del electrolito 11.

La resistencia de la retina y de las capas de tejido subretinianas subyacentes está determinada esencialmente por la resistencia específica del tejido R_{tejido}. Aquí, la resistencia específica del tejido R_{tejido} es mayor que la resistencia específica R_{electrolito} del electrolito 11.

Entre los puntos nodales eléctricos P1 y P2 puede establecerse una tensión, que en lo que sigue se denomina U12. Aun cuando la tensión entre P1 y P2 no sobrepase las tensiones disruptivas de los diodos D1 y D2, puede fluir una corriente dentro de la capa límite 13 sin que por ello se produzcan efectos desventajosos en el electrodo de estimulación 6 ni en el tejido.

5 La selección y la disposición de los componentes eléctricos del esquema equivalente indicado en la Figura 2 arriba mencionados se han mantenido lo más sencillas posible para mostrar claramente los procesos generales en la capa límite 13 entre el electrodo de estimulación 6 y la retina 12. Para una ilustración exacta de los efectos que aparecen en la realidad entre el electrodo de estimulación 6 y la retina 12 deberían añadirse otros componentes al esquema equivalente. Por tanto, especialmente la selección de los dos diodos D1 y D2 con
10 una disposición contraria de los polos debe entenderse solamente de manera simbólica.

A continuación se describen, con referencia a la Figura 2, procesos desventajosos que pueden presentarse durante el funcionamiento de un sistema de estimulación en el electrodo de estimulación 6, en el electrolito 11 entre el electrodo de estimulación 6 y la retina 12, así como en la capa límite 13 entre el electrolito 11 y el electrodo de estimulación 6. Los diodos D1 y D2 deben considerarse aquí como elementos ideales, cuyas tensiones disruptivas preferiblemente están en un intervalo de décimas de voltio. Durante el funcionamiento del sistema de estimulación pueden aparecer distintos efectos en función de la excitación anódica o catódica de los diodos D1 y D2 por sobrepasarse tensiones discretas entre los puntos nodales eléctricos P1 y P2 durante un tiempo determinado, pudiendo estos efectos diferenciarse en cuatro grupos:

1. Los iones del electrolito 11 se disuelven y el electrodo 6 se disuelve.
- 20 2. Los iones del electrolito 11 se descargan y el electrodo 6 crece.
3. La superficie del electrodo 6 se oxida o se reduce.
4. Se produce una formación de gas en el electrolito 11.

Los efectos arriba mencionados, que pueden aparecer durante el funcionamiento del sistema de estimulación en el electrodo de estimulación 6 en el electrolito 11 entre el electrodo de estimulación 6 y la retina 12, así como en la capa límite 13 entre el electrolito 11 y el electrodo de estimulación 6, son desventajosos para el tejido estimulado y para un funcionamiento perfecto del sistema de estimulación. Por tanto, un objetivo en la activación de electrodos de estimulación es evitar en todos los casos los grupos de efectos desventajosos arriba mencionados. Este objetivo se logra por una parte gracias a que la tensión U12 de los puntos nodales eléctricos P1 y P2 se mantiene siempre por debajo de las tensiones disruptivas de los diodos D1 y D2. Para conseguir esto deben considerarse los distintos estados de los electrodos de estimulación.
30

La Figura 3 muestra un circuito esquemático equivalente para representar distintos estados de los electrodos de estimulación de un sistema de estimulación con un dispositivo según una forma de realización preferente de la presente invención. En esta representación también sirve de ejemplo de la utilización o el funcionamiento del dispositivo según la invención un sistema de estimulación de retina, habiéndose representado del sistema de estimulación en la Figura 3 solamente un electrodo de estimulación 6 y un contraelectrodo 7. Sin embargo, un sistema de estimulación comprende habitualmente un gran número de electrodos de estimulación 6, 7, que están respectivamente en contacto con la retina 12 de un ojo humano.

El esquema equivalente mostrado en la Figura 3 comprende varios montajes en serie dispuestos en paralelo, que reproducen respectivamente un estado de los electrodos de estimulación 6, 7, haciéndose referencia también al esquema equivalente mostrado en la Figura 2 para explicar los estados de los electrodos. Cada uno de los montajes en serie mostrados en la Figura 3 está conectado respectivamente, por un extremo, al electrodo de estimulación 6 y, por el otro extremo, al electrodo de estimulación 7. Cada uno de los montajes en serie de la Figura 3 presenta respectivamente un conmutador 14 mediante el cual puede interrumpirse o establecerse la conexión del montaje en serie en cuestión al electrodo de estimulación 6.

45 El primer montaje en serie comprende una resistencia R_{ST} , una fuente de tensión U_{DC} y una fuente de corriente alterna U_{ST} . El segundo montaje en serie comprende una resistencia R_{CORTO} y una fuente de tensión U_{CORTO} . El tercer montaje en serie comprende una resistencia $R_{ABIERTO}$ y una fuente de tensión U_{FUGA} . El cuarto montaje en serie comprende una resistencia R_s .

50 En caso de un funcionamiento del sistema de estimulación sin modo de conexión en cortocircuito de los electrodos de estimulación 6, 7, puede tomarse por base una frecuencia de activación de aproximadamente 60 Hz, de manera que se ajusta un ciclo de estimulación para el electrodo de estimulación 6 de aproximadamente 16,7 ms. Dentro de este ciclo de estimulación se estimula el electrodo de estimulación durante un lapso de tiempo de aproximadamente 3 ms. La aplicación de una tensión o carga eléctrica a los electrodos de estimulación 6, 7 en un ciclo de estimulación corresponde aquí al estado de los electrodos del primer montaje en serie. Fuera del ciclo de estimulación, el electrodo de estimulación 6 bien está cortocircuitado brevemente con el contraelectrodo 7, lo que corresponde al estado de los electrodos del segundo montaje en serie, o bien el electrodo de estimulación está abierto, es decir que no recibe una tensión o carga eléctrica, lo que corresponde al estado de los electrodos del tercer montaje en serie.

60 Partiendo de la suposición de que sólo se activan de manera simultánea aproximadamente un 10% de todos los electrodos de estimulación del sistema de estimulación y esta activación está repartida aproximadamente

5 por igual, un electrodo de estimulación recibe una tensión o carga eléctrica aproximadamente sólo un 1,8% del tiempo de funcionamiento del sistema de estimulación. Incluso si la repartición de la activación de los electrodos de estimulación no se realiza por igual, predomina en todo caso el tiempo, con aproximadamente un 90% del tiempo de funcionamiento del sistema de estimulación, en el que el electrodo se halla en funcionamiento en vacío o está abierto, es decir que no recibe una tensión o carga eléctrica.

10 Durante este tiempo, el capacitor C_g mostrado en la Figura 2 puede cargarse con la corriente de fuga I_{fuga} que fluye por la fuente de tensión U_{FUGA} . En este contexto, se parte de que la resistencia R_g mostrada en la Figura 2 es de aproximadamente 10 Mohmios y la tensión U_{12} entre los puntos nodales eléctricos de la Figura 2 no debe sobrepasar aproximadamente los 200 mV. Para evitar los efectos desventajosos arriba mencionados, I_{fuga} debe ser < 20 nA. Si el condensador C_g se descarga mientras tanto, la corriente de fuga I_{fuga} puede ser correspondientemente mayor. Si, por el contrario, la resistencia fuese infinitamente grande, I_{fuga} debería ser igual a 0 para garantizar un funcionamiento debido del dispositivo según la invención.

15 En el caso de una estimulación, se parte de una corriente de impulso de estimulación de como máximo 1 mA. Una divergencia de un 0,01% corresponde entonces a una corriente continua de 100 nA. Si el electrodo se estimula como máximo un 10% del tiempo, el resultado es una corriente continua de 10 nA. Esto significa que, sin una compensación de carga entre los impulsos de estimulación, debe realizarse un equilibrio de carga o una compensación de carga entre los electrodos de estimulación aproximadamente del mismo orden de magnitud.

20 No existe posibilidad de medir o vigilar directamente la tensión U_{12} entre el primer punto nodal eléctrico P1 y el segundo punto nodal eléctrico P2, ya que en una medición de la tensión total U_{12} también se miden caídas de tensión a través del electrolito 11 y el tejido retiniano 12. Por tanto, una medida de la tensión o del potencial residual entre el primer punto nodal eléctrico P1 y el segundo punto nodal eléctrico P2 es posible por de pronto sólo en los momentos en los que precisamente no tiene lugar ninguna estimulación en los electrodos de estimulación 6, 7, esto es cuando la medida se realiza casi sin corriente.

25 Como se desprende del esquema equivalente mostrado en la Figura 3, puede introducirse opcionalmente una resistencia de protección R_S que esté conectada por una parte al electrodo 6 y por otra parte al contraelectrodo 7; las conexiones de la resistencia de protección R_S están representadas con líneas de unión en trazos. Esta resistencia de protección R_S puede estar aproximadamente en un intervalo de 100 kohmios y, en caso de un desequilibrio de la carga eléctrica entre los electrodos de estimulación 6, 7 de aproximadamente un 1%, sería suficiente para descargar el condensador C_g entre las fases de estimulación.

30 Adicional o alternativamente, existe también la posibilidad de descargar el condensador C_g entre los electrodos de estimulación 6, 7 cortocircuitando el electrodo 6 con el contraelectrodo 7. Esto podría realizarse por ejemplo entre dos impulsos de estimulación cortocircuitando el electrodo 6 con el contraelectrodo 7 durante aproximadamente 3 ms. Sin embargo, para ello debe observarse que durante este tiempo de la descarga mediante un cortocircuito de un electrodo con su contraelectrodo no se estimule ningún electrodo vecino que se halle cerca de los electrodos de estimulación cortocircuitados.

35 La presente invención se ha explicado solamente mediante un ejemplo de aplicación por medio del modelo de electrodos y del esquema equivalente en relación con un sistema de estimulación de retina para la aplicación a un ojo humano. Por supuesto, el dispositivo según la invención definido por las reivindicaciones, así como el procedimiento según la invención, pueden aplicarse también en otros sistemas de estimulación.

Lista de símbolos de referencia

- | | | |
|----|----|--|
| | 1 | Generador de impulsos |
| | 2 | Fuente de corriente/tensión |
| | 3 | Inyector de carga |
| 45 | 4 | Comparador |
| | 5 | Medidor de carga o tensión |
| | 6 | Electrodo de estimulación |
| | 7 | Electrodo de estimulación o contraelectrodo |
| | 8 | Tejido vivo o nervios vivos |
| 50 | 9 | Contacto de conmutación |
| | 10 | Contacto de conmutación |
| | 11 | Electrolito |
| | 12 | Retina |
| | 13 | Capa límite entre el electrodo de estimulación 6 y el electrolito 11 |
| 55 | 14 | Contacto de conmutación |

OBJETOS

1. Dispositivo para estimular células tisulares vivas o nervios vivos a través de impulsos de estimulación aislados o repetidos, mediante unos electrodos de estimulación (6, 7), en el que los electrodos de estimulación (6, 7) están en contacto con células nerviosas vivas o con tejido vivo (8, 12), que se estimula a través de los

- impulsos de estimulación de los electrodos de estimulación (6, 7), caracterizado porque el dispositivo comprende un circuito eléctrico (1, 2, 3, 4, 5), que regula la tensión eléctrica o la carga eléctrica en los electrodos de estimulación (6, 7) en función de la tensión eléctrica entre los electrodos de estimulación (6, 7) y reduce o compensa desequilibrios de cargas eléctricas en los electrodos de estimulación (6, 7).
- 5 2. Dispositivo según el objeto 1, generando el dispositivo una corriente eléctrica positiva o negativa de una duración y una intensidad determinadas y aplicando el dispositivo ésta a como mínimo un electrodo de estimulación (6), con lo que se reducen o se compensan desequilibrios de cargas eléctricas entre los electrodos de estimulación (6, 7).
- 10 3. Dispositivo según uno de los objetos 1 o 2, comprendiendo el dispositivo un generador de impulsos (1), que genera impulsos eléctricos que son amplificados por una fuente de corriente/tensión (2) para obtener impulsos de estimulación y que se transmiten al menos a un primer electrodo de estimulación (6), preferiblemente a cierto número de electrodos de estimulación (6, 7).
- 15 4. Dispositivo según uno de los objetos precedentes, en el que la forma o el curso de los impulsos eléctricos de estimulación, generados por el dispositivo, o los impulsos de corriente para la compensación de carga entre los electrodos de estimulación (6, 7) están adaptados al tipo de tejido (8, 12) que a estimular o de las células nerviosas a estimular.
5. Dispositivo según uno de los objetos precedentes, en el que la conexión del circuito eléctrico (1, 2, 3, 4, 5) al como mínimo un electrodo de estimulación 6 puede interrumpirse o establecerse mediante un contacto de conmutación 10.
- 20 6. Dispositivo según uno de los objetos precedentes, comprendiendo el dispositivo un medidor de carga y/o tensión (5) que está conectado a los electrodos de estimulación (6, 7) y que detecta la tensión eléctrica entre los electrodos de estimulación (6, 7) o desequilibrios en los electrodos de estimulación (6, 7).
- 25 7. Dispositivo según el objeto 6, en el que el medidor de carga y/o tensión (5) detecta la tensión eléctrica entre los electrodos de estimulación (6, 7) entre ciclos de estimulación, es decir mientras el tejido (8, 12) o los nervios que está o están en contacto con los electrodos de estimulación (6, 7) no se estimula o no se estimulan a través de impulsos de estimulación de los electrodos de estimulación (6, 7) o mientras los electrodos de estimulación (6, 7) no tienen aplicada ninguna corriente de carga ni ninguna corriente de estimulación.
- 30 8. Dispositivo según uno de los objetos precedentes, comprendiendo el dispositivo un comparador (4) que comprueba si la tensión eléctrica o las diferencias de carga entre los electrodos de estimulación (6, 7) está o están por debajo, dentro o por encima de un determinado intervalo de tensiones definido por valores límite predeterminados.
- 35 9. Dispositivo según uno de los objetos precedentes, comprendiendo el dispositivo un inyector de carga (3) que genera una corriente eléctrica positiva o negativa de una duración e intensidad determinadas y la aplica al electrodo de estimulación (6), reduciendo o compensando desequilibrios de cargas eléctricas en los electrodos de estimulación (6, 7).
- 40 10. Dispositivo según uno de los objetos 6 a 9, en el que el resultado averiguado por el medidor de carga y/o tensión (5), en relación con la tensión eléctrica entre los electrodos de estimulación (6, 7) o en relación con los desequilibrios de cargas eléctricas en los electrodos de estimulación (6, 7), se transmite al comparador (4) y el resultado de la comparación efectuada por el comparador (4), en cuanto a si la tensión eléctrica o las diferencias de carga entre los electrodos de estimulación (6, 7) está o están por debajo, dentro o por encima de un intervalo de tensiones predeterminado, se transmite al inyector de carga (3), y el inyector de carga (3), en base a las señales transmitidas por el comparador (4), aplica al como mínimo un electrodo de estimulación (6) una tensión positiva o una tensión negativa, con una determinada intensidad de corriente, durante un determinado lapso de tiempo, de manera que se reducen o se compensan la tensión eléctrica entre los electrodos de estimulación (6, 7) o desequilibrios de cargas eléctricas en los electrodos de estimulación (6, 7).
- 45 11. Dispositivo según uno de los objetos precedentes, sirviendo el dispositivo para la electroestimulación de una retina de un ojo, especialmente en función de luz incidente, con un circuito eléctrico (1, 2, 3, 4, 5), preferiblemente en forma de un circuito integrado, que está configurado para implantarlo en la zona de la retina, conteniendo el circuito eléctrico (1, 2, 3, 4, 5) cierto número de puntos de contacto para la puesta en contacto con células retinianas y cierto número de elementos fotosensibles que, en función de la luz incidente, activan los puntos de contacto mediante el circuito eléctrico (1, 2, 3, 4, 5).
- 50 12. Dispositivo según uno de los objetos precedentes, en el que los componentes electrónicos (1, 2, 3, 4, 5) del circuito eléctrico, así como unos conductores impresos metálicos para su puesta en contacto, están microestructurados por fotolitografía y preferiblemente alojados en un chip.
- 55 13. Sistema para estimular tejido vivo (8, 12) o nervios vivos a través de impulsos de estimulación aislados o repetidos, mediante unos electrodos de estimulación (6, 7), con un dispositivo según uno de los objetos precedentes, estando el dispositivo preferiblemente integrado en el sistema de estimulación.

14. Procedimiento para hacer funcionar el dispositivo según uno de los objetos precedentes, que comprende los siguientes pasos:
- detectar una tensión eléctrica entre los electrodos de estimulación (6, 7) o un desequilibrio de cargas eléctricas entre los electrodos de estimulación (6, 7),
 - 5 • comparar la tensión detectada entre los electrodos de estimulación (6, 7) con un intervalo de tensiones predeterminado,
 - generar y aplicar una corriente eléctrica positiva o negativa, de una determinada duración e intensidad, a como mínimo un electrodo de estimulación (6), con lo que se reduce o se compensa la tensión eléctrica entre los electrodos de estimulación (6, 7) o un desequilibrio de cargas eléctricas en los electrodos de estimulación (6, 7).
- 10 15. Procedimiento según el objeto 14, en el que la tensión eléctrica entre los electrodos de estimulación (6, 7) se detecta también durante la compensación de carga en los electrodos de estimulación (6, 7) y, cuando la tensión entre los electrodos de estimulación (6, 7) está de nuevo dentro del intervalo de tensiones predeterminado o ya no hay tensión entre los electrodos de estimulación (6, 7), se interrumpe la alimentación de corriente para la compensación de carga a los electrodos de estimulación (6, 7).
- 15 16. Procedimiento según uno de los objetos 14 o 15, en el que la detección de una tensión eléctrica entre los electrodos de estimulación (6, 7) o de un desequilibrio de cargas eléctricas en los electrodos de estimulación (6, 7) y/o la compensación de carga en los electrodos de estimulación (6, 7) se realiza o se realizan entre ciclos de estimulación, es decir mientras el tejido (8, 12) o los nervios que está o están en contacto con los electrodos de estimulación (6, 7) no se estimula o no se estimulan a través de impulsos de estimulación de los electrodos de estimulación (6, 7) o mientras los electrodos de estimulación (6, 7) no tienen aplicada ninguna corriente de carga ni ninguna corriente de estimulación.
- 20 17. Procedimiento según uno de los objetos 14 a 16, en el que la detección de una tensión eléctrica entre los electrodos de estimulación (6, 7) o de un desequilibrio entre cargas eléctricas en los electrodos de estimulación (6, 7) se realiza sólo cuando los electrodos de estimulación (6, 7) no tienen aplicada ninguna corriente de estimulación.
- 25 18. Procedimiento según uno de los objetos 13 a 17, en el que la detección de una tensión eléctrica entre los electrodos de estimulación (6, 7) o de un desequilibrio de cargas eléctricas en los electrodos de estimulación (6, 7) y/o la compensación de carga en los electrodos de estimulación (6, 7) se realiza o se realizan sólo cuando los electrodos de estimulación (6, 7) y los electrodos de estimulación cercanos a los electrodos de estimulación (6, 7) no tienen aplicada ninguna corriente de estimulación, es decir cuando ni los electrodos de estimulación (6, 7) ni los electrodos de estimulación cercanos a los electrodos de estimulación (6, 7) se estimulan a través de impulsos de estimulación.
- 30 19. Procedimiento según uno de los objetos 14 a 18, en el que la detección de una tensión eléctrica entre los electrodos de estimulación (6, 7) o de un desequilibrio de cargas eléctricas en los electrodos de estimulación (6, 7) y/o la compensación de carga en los electrodos de estimulación (6, 7) se repite o se repiten de manera cíclica.
- 35 20. Procedimiento según uno de los objetos 14 a 19, en el que la detección de una tensión eléctrica entre los electrodos de estimulación (6, 7) o de un desequilibrio de cargas eléctricas en los electrodos de estimulación (6, 7) y la alimentación de una corriente de compensación de una duración y una amplitud determinadas a los electrodos de estimulación (6, 7) para la compensación de carga se realizan de manera alternante en los electrodos de estimulación (6, 7).
- 40 21. Sistema para estimular tejido vivo (8, 12) o nervios vivos a través de impulsos de estimulación aislados o repetidos, mediante unos electrodos de estimulación (6, 7), que funciona de acuerdo con un procedimiento según uno de los objetos 13 a 18.
- 45

Reivindicaciones

1. Dispositivo para estimular células tisulares vivas o nervios vivos a través de impulsos de estimulación aislados o repetidos, mediante unos electrodos de estimulación (6, 7) y al menos un contraelectrodo (7), en el que los electrodos de estimulación (6, 7) y el, al menos un, contraelectrodo (7) están en contacto con células nerviosas vivas o con tejido vivo (8, 12), que se estimula a través de los impulsos de estimulación de los electrodos de estimulación (6, 7) y del al menos un contraelectrodo (7), caracterizado porque el dispositivo comprende un circuito eléctrico (1, 2, 3, 4, 5) que regula la tensión eléctrica o la carga eléctrica en los electrodos de estimulación (6, 7) y en el al menos un contraelectrodo (7) en función de la tensión eléctrica entre los electrodos de estimulación (6, 7) y el al menos un contraelectrodo (7), para reducir o compensar desequilibrios de cargas eléctricas en los electrodos de estimulación (6, 7) y en el al menos un contraelectrodo (7).
2. Dispositivo según la reivindicación 1, donde el dispositivo genera una corriente eléctrica positiva o negativa de una duración e intensidad determinadas y el dispositivo aplica ésta a como mínimo un electrodo de estimulación (6), reduciendo o compensando desequilibrios de cargas eléctricas entre los electrodos de estimulación (6) y los electrodos de estimulación (7) o el al menos un contraelectrodo (7).
3. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 o 2, comprendiendo el dispositivo un generador de impulsos (1) que genera impulsos eléctricos que son amplificados por una fuente de corriente/tensión (2) para obtener impulsos de estimulación y que se transmiten al menos a un primer electrodo de estimulación (6), preferiblemente a cierto número de electrodos de estimulación (6) y los electrodos de estimulación (7) o al al menos un contraelectrodo (7).
4. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la forma o el curso de los impulsos eléctricos de estimulación generados por el dispositivo o los impulsos de corriente para compensar la carga entre los electrodos de estimulación (6) y los electrodos de estimulación (7) o el al menos un contraelectrodo (7) están adaptados al tipo de tejido (8, 12) a estimular o de las células nerviosas a estimular.
5. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la conexión del circuito eléctrico (1, 2, 3, 4, 5) al como mínimo un electrodo de estimulación 6 puede interrumpirse o establecerse mediante un contacto de conmutación 10.
6. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el dispositivo un medidor de carga y/o tensión (5) conectado a los electrodos de estimulación (6) y a los electrodos de estimulación (7) o al al menos un contraelectrodo (7) y que detecta la tensión eléctrica entre los electrodos de estimulación (6) y los electrodos de estimulación (7) o el al menos un contraelectrodo (7) o desequilibrios en los electrodos de estimulación (6) y los electrodos de estimulación (7) o el al menos un contraelectrodo (7).
7. Dispositivo según la reivindicación 6, en el que el medidor de carga y/o tensión (5) detecta la tensión eléctrica entre los electrodos de estimulación (6, 7) entre ciclos de estimulación, es decir mientras el tejido (8, 12) o los nervios que está o están en contacto con los electrodos de estimulación (6) y los electrodos de estimulación (7) o el al menos un contraelectrodo (7) no se estimula o no se estimulan mediante impulsos de estimulación de los electrodos de estimulación (6) y los electrodos de estimulación (7) o el al menos un contraelectrodo (7) o mientras los electrodos de estimulación (6) y los electrodos de estimulación (7) o el al menos un contraelectrodo (7) no tienen aplicada ninguna corriente de carga ni ninguna corriente de estimulación.
8. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el dispositivo un comparador (4) que comprueba si la tensión eléctrica o las diferencias de carga entre los electrodos de estimulación (6) y los electrodos de estimulación (7) o el al menos un contraelectrodo (7) está o están por debajo, dentro o por encima de un determinado intervalo de tensiones definido por valores límite predeterminados.
9. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el dispositivo un inyector de carga (3) que genera una corriente eléctrica positiva o negativa de una duración e intensidad determinadas y la aplica al electrodo de estimulación (6), reduciendo o compensando desequilibrios de cargas eléctricas en los electrodos de estimulación (6) y los electrodos de estimulación (7) o el al menos un contraelectrodo (7).
10. Dispositivo según una de las reivindicaciones 6 a 9, en el que el resultado averiguado por el medidor de carga y/o tensión (5) en relación con la tensión eléctrica entre los electrodos de estimulación (6) y los electrodos de estimulación (7) o el al menos un contraelectrodo (7) o en relación con los desequilibrios de cargas eléctricas en los electrodos de estimulación (6) y los electrodos de estimulación (7) o el al menos un contraelectrodo (7) se transmite al comparador (4) y el resultado de la comparación efectuada por el comparador (4), en cuanto a si la tensión eléctrica o las diferencias de carga entre los electrodos de estimulación (6) y los electrodos de estimulación (7) o el al menos un contraelectrodo (7) está o están por debajo, dentro o por encima de un intervalo de tensiones predeterminado, se transmite al inyector de carga (3), y el inyector de carga (3), en base a las señales transmitidas por el comparador (4), aplica al como mínimo un electrodo de estimulación (6) una tensión positiva o una tensión negativa con una

determinada intensidad de corriente, durante un determinado lapso de tiempo, de manera que se reduce o se compensa la tensión eléctrica entre los electrodos de estimulación (6) y los electrodos de estimulación (7) o el al menos un contraelectrodo (7) o desequilibrios de cargas eléctricas en los electrodos de estimulación (6) y los electrodos de estimulación (7) o el al menos un contraelectrodo (7).

- 5 **11.** Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, sirviendo el dispositivo para la electroestimulación de una retina de un ojo, especialmente en función de la luz incidente, con un circuito eléctrico (1, 2, 3, 4, 5), preferiblemente en forma de un circuito integrado, que está configurado para implantarlo en la zona de la retina, conteniendo el circuito eléctrico (1, 2, 3, 4, 5) cierto número de puntos de contacto para la puesta en contacto con células retinianas y cierto número de elementos fotosensibles
- 10 que, en función de la luz incidente, activan los puntos de contacto mediante el circuito eléctrico (1, 2, 3, 4, 5).
- 12.** Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, en el que los componentes electrónicos (1, 2, 3, 4, 5) del circuito eléctrico, así como unos conductores impresos metálicos para su puesta en contacto, están microestructurados por fotolitografía y preferiblemente alojados en un chip.
- 15 **13.** Sistema para estimular tejido vivo (8, 12) o nervios vivos a través de impulsos de estimulación aislados o repetidos, mediante unos electrodos de estimulación (6) y los electrodos de estimulación (7) o el al menos un contraelectrodo (7) con un dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, estando el dispositivo preferiblemente integrado en el sistema de estimulación.

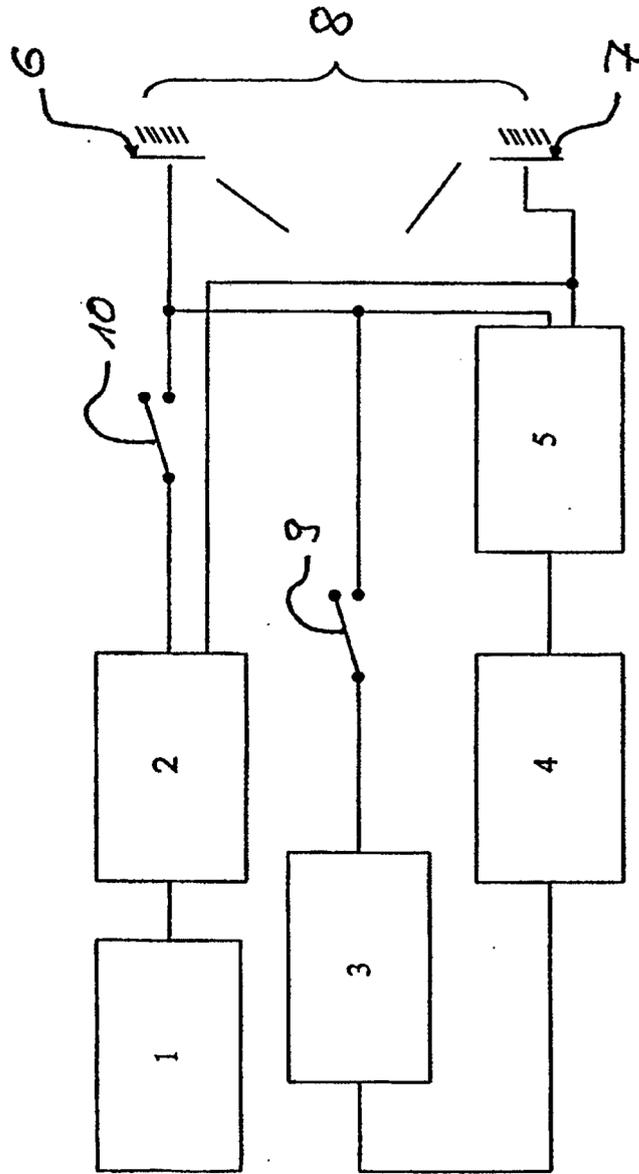


Figura 1

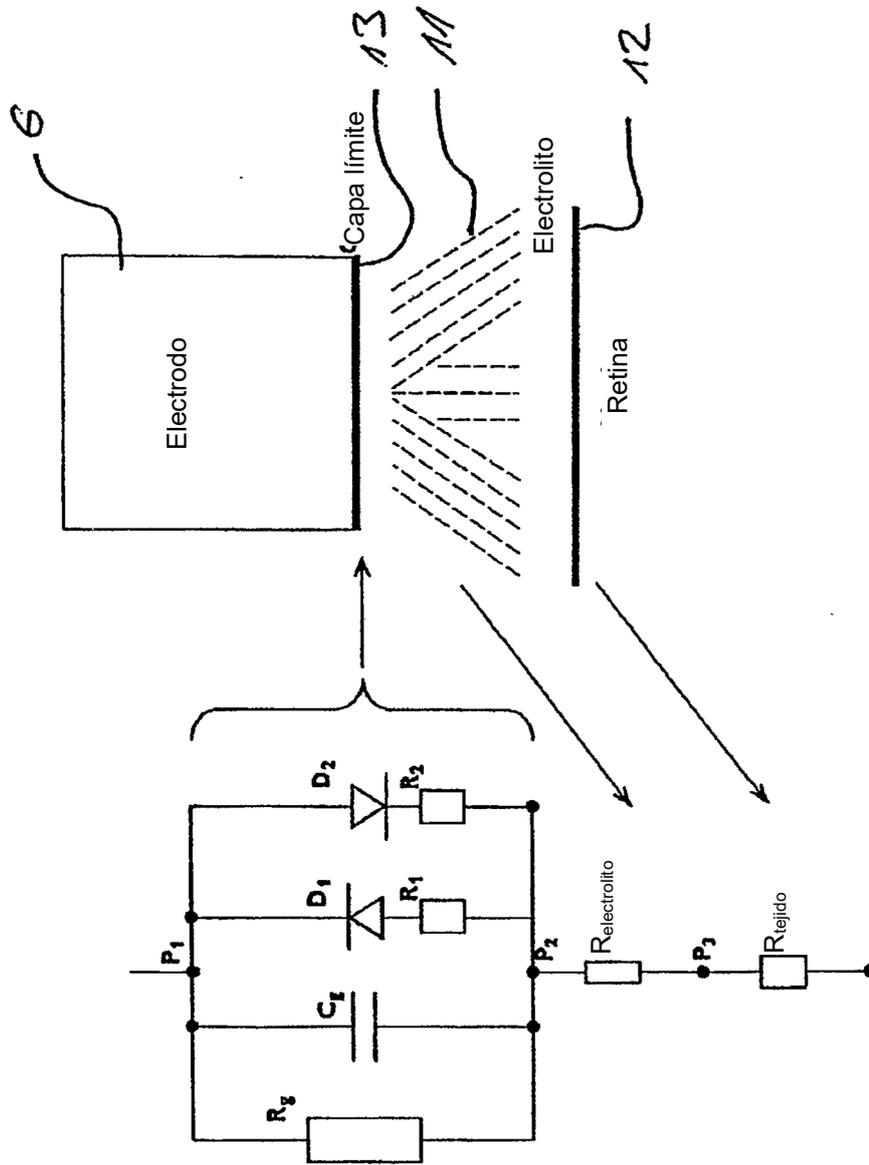


Figura 2

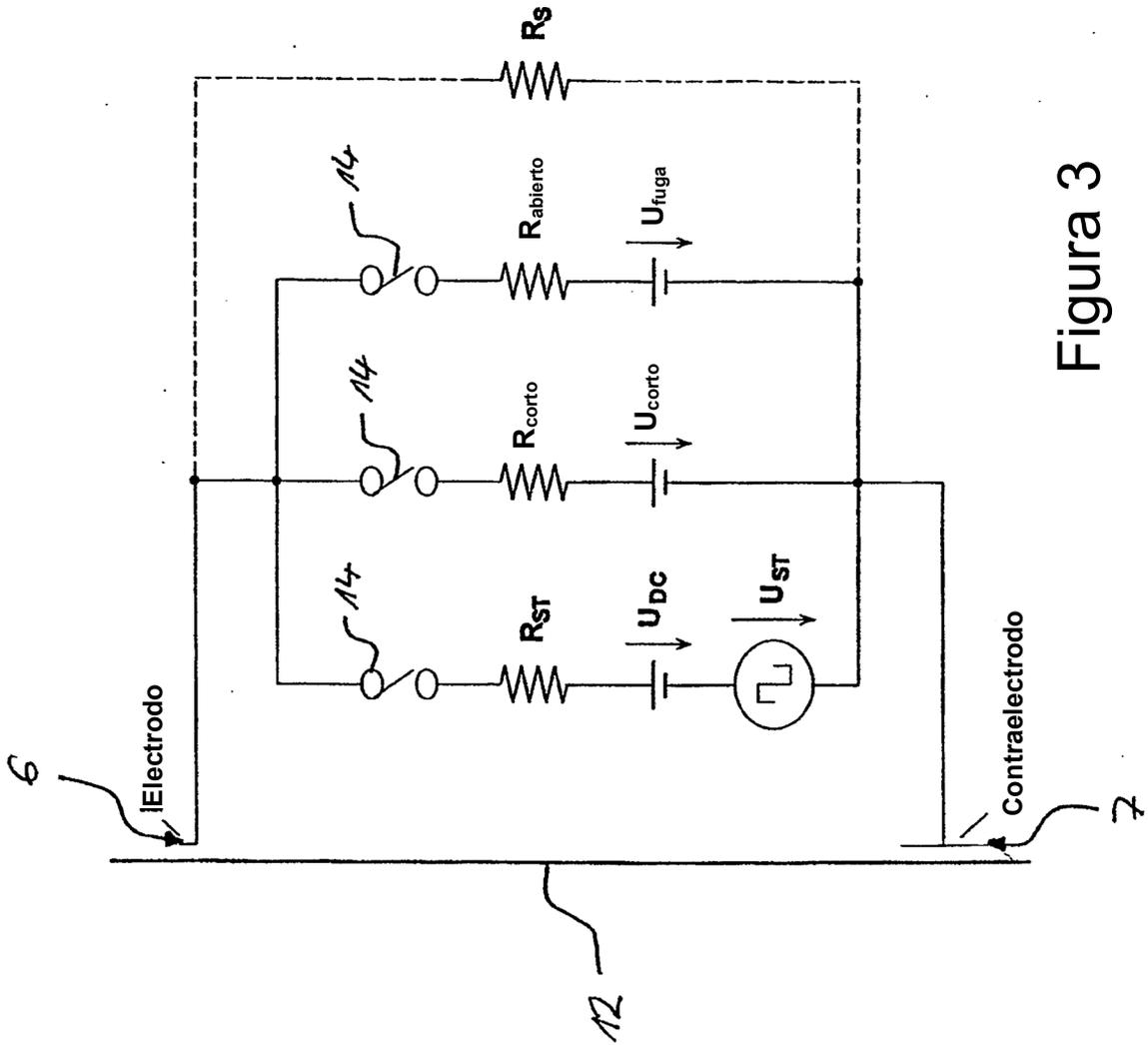


Figura 3