

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 582 483**

51 Int. Cl.:

H01M 4/50 (2006.01)
H01M 4/54 (2006.01)
H01M 4/66 (2006.01)
H01M 2/02 (2006.01)
H01M 10/04 (2006.01)
H01M 4/75 (2006.01)
H01M 10/05 (2010.01)
H01M 10/28 (2006.01)
H01M 10/42 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.07.2012 E 12745736 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.04.2016 EP 2740170**

54 Título: **Batería de cable biocompatible**

30 Prioridad:

02.08.2011 US 201113196210

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

13.09.2016

73 Titular/es:

**JOHNSON & JOHNSON VISION CARE INC.
(100.0%)
7500 Centurion Parkway
Jacksonville, FL 32256, US**

72 Inventor/es:

**OTTS, DANIEL B.;
HARDY, KATHERINE ROWAN;
PUGH, RANDALL BRAXTON y
KERNICK, EDWARD R.**

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 582 483 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).

Batería de cable biocompatible**Descripción**5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

1. Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a una batería electroquímica recargable, y más concretamente a una batería electroquímica recargable biocompatible configurada como un cable para alimentar un dispositivo que deba implantarse en, o próximo a un organismo vivo, así como cualquier otro dispositivo que necesite formas de batería no tradicionales.

15 2. Análisis de los antecedentes de la técnica

Recientemente, el número de dispositivos médicos implantables ha aumentado de forma espectacular. Por ejemplo, durante la última década, el uso de estents, estents farmacoactivos, marcapasos, desfibriladores, dispositivos de asistencia ventricular, bombas de infusión de glucosa y neuroestimuladores ha aumentado en grandes proporciones. Algunos de los ejemplos enumerados anteriormente, así como varios otros dispositivos médicos implantables y/o no implantables son dispositivos activos y requieren fuentes de alimentación para funcionar. Por lo general, se imponen a las fuentes de alimentación o baterías que se utilizan junto con los dispositivos médicos implantables o no implantables especificaciones rigurosas con respecto al tamaño físico y al rendimiento. Las baterías de generación más antigua que fueron diseñadas para dispositivos médicos implantables eran dispositivos de mayor tamaño con una vida útil relativamente corta. Sin embargo, con la llegada de dispositivos médicos implantables en miniatura para aplicaciones tan diversas como la administración de fármacos, la detección y el control de la glucosa, y la neuroestimulación, se necesitan baterías capaces de proporcionar potencia útil y que ocupen cada vez menos espacio. Además de un pequeño tamaño, una batería que vaya a implantarse debe incluir preferentemente una vida útil, velocidades de autodescarga insignificantes, una gran fiabilidad durante un largo período de tiempo, y compatibilidad con la química interna del cuerpo de un paciente, en otras palabras, debe ser tan biocompatible como sea posible. Pueden utilizarse encapsulantes y/o recubrimientos biocompatibles para satisfacer esta necesidad.

35 Determinadas químicas de batería, por ejemplo, las químicas de litio, requieren que la batería esté herméticamente cerrada; sin embargo, los envases herméticos pueden hacer difícil conseguir diseños no convencionales. Por consiguiente, pueden utilizarse diferentes químicas para eliminar la necesidad de un cierre hermético.

40 Se considera que los dispositivos brevemente descritos anteriormente incluyen algunos de los dispositivos implantables energizados o consumidores de energía más tradicionales. Más recientemente, se ha teorizado que los componentes activos o los componentes que requieren energía pueden incorporarse en dispositivos tradicionalmente pasivos. Por ejemplo, las lentes de contacto han proporcionado funcionalidad de corrección de la visión mediante la incorporación de una calidad de refracción en la lente. Además, pueden incorporarse en las lentes de contacto cualidades que cambien la pigmentación para proporcionar una mejora cosmética, y pueden incorporarse en las lentes de contacto agentes y/o fármacos para proporcionar funcionalidad terapéutica. Estas características se logran de forma pasiva o sin que la lente de contacto esté energizada. Otro dispositivo que opera de modo pasivo es un tapón lagrimal que se utiliza para el tratamiento de los ojos secos disminuyendo la eliminación de las lágrimas a través del punto lagrimal. Sin embargo, como se ha indicado anteriormente, se ha teorizado que pueden incorporarse componentes activos en dispositivos tradicionalmente pasivos tales como las lentes de contacto y/o los tapones lagrimales. Por ejemplo, un componente activo de una lente de contacto puede ser capaz de cambiar la potencia de refracción de la lente. Además, un tapón lagrimal puede comprender una bomba a microescala para dispersar un agente terapéutico. Tal como se utiliza en el presente documento, "tapón lagrimal" se refiere a un dispositivo de tamaño y forma adecuados para insertarse en el canalículo lagrimal inferior o superior del ojo a través de, respectivamente, el punto lagrimal inferior o superior.

55 Por consiguiente, existe la necesidad de fuentes de alimentación en baterías que sean compatibles con los requisitos de tamaño y forma de estos dispositivos, así como las necesidades de energía de estos nuevos componentes activos. Estas baterías en miniatura o a microescala deberían proporcionar una salida de potencia útil, ser capaces de cargarse a velocidades aceptables, tener un ciclo de vida útil, ser capaces de funcionar durante periodos prolongados en una modalidad de descarga profunda y proteger esencialmente frente al riesgo de fuga de electrolitos.

60 El documento EP2445043 (A1) es pertinente en virtud del artículo 54(3) EPC solamente. En el documento EP2445043 se describe un método para fabricar una batería secundaria de tipo cable que incluye: preparar un colector de primera polaridad con una forma larga y delgada; formar al menos dos capas de material activo de electrodo de primera polaridad en el colector de corriente de primera polaridad para que queden separadas entre sí en la dirección longitudinal; formar una capa de electrolito para rodear al menos dos capas de material activo

de electrodo de primera polaridad; formar al menos dos capas de material activo de electrodo de segunda polaridad sobre la capa de electrolito para que queden separadas entre sí en posiciones correspondientes a las capas de material activo de electrodo de primera polaridad; formar un conjunto de electrodo rodeando las capas de material activo de electrodo de segunda polaridad con un colector de corriente de segunda polaridad; rodear el conjunto de electrodo con un elemento de revestimiento; y curvar el conjunto de electrodo y el elemento de revestimiento en forma esencialmente de "S" con respecto a un espacio entre las capas de material activo de electrodo de primera polaridad.

RESUMEN DE LA INVENCION

La batería electroquímica recargable biocompatible de la presente invención supera varios de los inconvenientes asociados con las baterías que se utilizan en la actualidad para los dispositivos médicos implantables y/o no implantables, así como los dispositivos no médicos. La presente invención se refiere a una celda de batería electroquímica según la reivindicación 1.

Según un aspecto, la presente invención se refiere a una celda de batería electroquímica. La celda de batería electroquímica comprende un colector de corriente anódica configurado como un cable con un perfil de sección transversal predeterminada, una capa anódica formada y situada alrededor de al menos una porción del colector de corriente anódica, una capa separadora formada y situada alrededor de al menos una porción de la capa anódica, una capa catódica formada y situada alrededor de al menos una porción de la capa separadora, estando configurada la capa separadora para evitar el contacto eléctrico entre la capa anódica y la capa catódica, un colector de corriente catódica formado y situado alrededor de al menos una porción de la capa catódica, y un electrolito que establece la conductividad iónica entre la capa anódica y la capa catódica.

Según otro aspecto, la presente invención se refiere a una celda de batería electroquímica. La celda de batería electroquímica comprende por lo menos un colector de corriente anódica configurado como un cable con un perfil de sección transversal predeterminada, por lo menos un colector de corriente catódica configurado como un cable con un perfil de sección transversal predeterminada, estando situado el por lo menos un colector de corriente catódica adyacente al por lo menos un colector de corriente anódica y separado una distancia predeterminada, en la que cada uno del por lo menos un colector de corriente anódica y el por lo menos un colector de corriente catódica están configurados como pares, una capa anódica formada y situada alrededor de al menos una porción del por lo menos un colector de corriente anódica, una capa catódica formada y situada alrededor de al menos una porción del por lo menos un colector de corriente catódica, una capa separadora formada y situada alrededor de una porción de la capa anódica y de la capa catódica, estando configurada la capa separadora para evitar el contacto eléctrico entre la capa anódica y la capa catódica, y un electrolito que establece la conductividad iónica entre la capa anódica y la capa catódica.

Según otro aspecto, la presente invención se refiere a una celda de batería electroquímica. La celda de batería electroquímica comprende un colector de corriente catódica configurado como un cable con un perfil de sección transversal predeterminada, una capa catódica formada y situada alrededor de al menos una porción del colector de corriente catódica, una capa separadora formada y situada alrededor de al menos una porción de la capa catódica, una capa anódica formada y situada alrededor de al menos una porción de la capa separadora, estando configurada la capa separadora para evitar el contacto eléctrico entre la capa catódica y la capa anódica, un colector de corriente anódica formado y situado alrededor de al menos una porción de la capa anódica, y un electrolito que establece la conductividad iónica entre la capa catódica y la capa anódica.

Según otro aspecto, la presente invención se refiere a un dispositivo que incorpora una celda de batería electroquímica. El dispositivo comprende un componente alimentable que tiene al menos un conjunto de contactos eléctricos positivos y negativos, y una celda de batería electroquímica en forma de cable incorporada en o sobre el componente alimentable, teniendo la celda de batería electroquímica en forma de cable un colector de corriente anódica y un colector de corriente catódica interconectados al por lo menos un conjunto de contactos eléctricos positivos y negativos, formando así un circuito completo.

Según otro aspecto, la presente invención se refiere a una celda de batería electroquímica latente. La celda de batería electroquímica latente comprende un colector de corriente anódica configurado como un cable con un perfil de sección transversal predeterminada, una capa anódica formada y situada alrededor de al menos una porción del colector de corriente anódica, estando formada la capa anódica a partir de un material reductor precursor que puede convertirse en un material reductor, una capa separadora formada y situada alrededor de al menos una porción de la capa anódica, una capa catódica formada y situada alrededor de al menos una porción de la capa separadora, estando formada la capa catódica a partir de un material oxidante precursor que puede convertirse en un material oxidante, en la que la capa separadora está configurada para evitar el contacto eléctrico entre la capa anódica y la capa catódica, un colector de corriente catódica formado y situado alrededor de al menos una porción de la capa catódica, y un electrolito que establece la conductividad iónica entre la capa anódica y la capa catódica.

Según otro aspecto, la presente invención se refiere a una celda de batería electroquímica latente. La celda de batería electroquímica latente comprende un colector de corriente catódica configurado como un cable con un

perfil de sección transversal predeterminada, una capa catódica formada y situada alrededor de al menos una porción del colector de corriente catódica, estando formada la capa catódica a partir de un material oxidante precursor que puede convertirse en un material oxidante, una capa separadora formada y situada alrededor de al menos una porción de la capa catódica, una capa anódica formada y situada alrededor de al menos una porción de la capa separadora, estando formada la capa anódica a partir de un material reductor precursor que puede convertirse en un material reductor, en el que la capa separadora está configurada para evitar el contacto eléctrico entre la capa catódica y la capa anódica, un colector de corriente anódica formado y situado alrededor de al menos una porción de la capa exterior, y un electrolito que establece la conductividad iónica entre la capa catódica y la capa anódica.

Según otro aspecto, la presente invención se refiere a una celda de batería electroquímica. La celda de batería electroquímica comprende por lo menos un colector de corriente anódica configurado como un cable con un perfil de sección transversal predeterminada, por lo menos un colector de corriente catódica configurado como un cable con un perfil de sección transversal predeterminada, estando situado el por lo menos un colector de corriente catódica adyacente al por lo menos un colector de corriente anódica y separado una distancia predeterminada, en la que cada uno del por lo menos un colector de corriente anódica y el por lo menos un colector de corriente catódica están configurados como pares, una capa anódica formada y situada alrededor de al menos una porción del por lo menos un colector de corriente anódica, estando formada la capa anódica a partir de un material reductor precursor que puede convertirse en un material reductor, una capa catódica formada y situada alrededor de al menos una porción del por lo menos un colector de corriente catódica, estando formada la capa catódica a partir de un material oxidante precursor que puede convertirse en un material oxidante, una capa separadora formada y situada alrededor de al menos una porción de la capa anódica y de la capa catódica, estando configurada la capa separadora para evitar el contacto eléctrico entre la capa anódica y el capa catódica, y un electrolito que establece la conductividad iónica entre la capa anódica y la capa catódica.

Según otro aspecto, la presente invención se refiere a un método para formar una celda electroquímica para su uso con un dispositivo. El método para formar una celda electroquímica para su uso con un dispositivo comprende sacar una longitud de celda de batería electroquímica en forma de cable a partir de un suministro de la celda de batería electroquímica en forma de cable, comprendiendo la celda de batería electroquímica en forma de cable un colector de corriente anódica y un colector de corriente catódica, separar una longitud predeterminada de la celda de batería electroquímica en forma de cable a partir del suministro de celda de batería electroquímica en forma de cable, proporcionar una porción del colector de corriente anódica y del colector de corriente catódica para hacer contacto eléctrico con un dispositivo a alimentar, y dar a la celda de batería electroquímica en forma de cable una forma predeterminada para su uso con el dispositivo a alimentar.

La batería electroquímica recargable biocompatible de la presente invención se encuentra en forma de cable. La batería de cable está diseñada para utilizarse en o próxima al cuerpo de un organismo vivo y es una batería electroquímica recargable a microescala, fácil de utilizar, flexible y económica que proporciona energía estable fiable para multitud de aplicaciones corporales. La batería electroquímica recargable biocompatible de la presente invención también puede utilizarse en multitud de otras aplicaciones adecuadas que requieran factores con forma no tradicional y a microescala, por ejemplo, tarjetas de crédito inteligentes o etiquetas RFID activas. La batería puede cortarse a medida para una aplicación concreta proporcionando al mismo tiempo la misma tensión en circuito abierto independientemente de cómo esté configurado el cable en última instancia, y la longitud del cable utilizada. Además, para una determinada longitud de corte de la batería, pueden especificarse diversas dimensiones de sección transversal en la que pueden ajustarse diversos atributos de rendimiento a una determinada aplicación, por ejemplo, para conseguir una mayor capacidad.

Las baterías convencionales tienen una baja relación entre longitud y diámetro, comúnmente conocida como relación de aspecto (por ejemplo, una batería AA tiene una relación de aspecto de aproximadamente 3,7 y una batería AAA tiene una relación de aspecto de aproximadamente 4,7), mientras que la batería en forma de cable de la presente invención puede tener una relación entre longitud y diámetro muy grande, del orden de significativamente superior a diez a uno. Es importante reconocer que las relaciones de aspecto son relativas. Esto puede ser especialmente ventajoso cuando el factor forma es una restricción al diseño del dispositivo. Por ejemplo, la batería en forma de cable de la presente invención puede utilizarse para alimentar una gran variedad de dispositivos, incluidos una lente de contacto con componentes activos, un tapón lagrimal con componentes activos, una lente intraocular con componentes activos, o un estent con componentes activos para introducir agentes terapéuticos o promover la curación. En algunas de estas aplicaciones, puede ser necesario cortar el cable corto debido a la restricción de tamaño del dispositivo; por consiguiente, puede reducirse la relación de aspecto.

Una batería alcalina convencional tiene una estructura de alambre-vaina, por ejemplo, un "cilindro" tipo AA, o una estructura superior e inferior, por ejemplo, una pila de botón. Otras baterías de "cilindro" utilizan una estructura de "rollo de gelatina" de un laminado enrollado para aumentar la superficie de contacto de los materiales disponible para la reacción electroquímica. La batería en forma de cable de la presente invención es capaz de conseguir una mayor relación entre superficie de contacto (del separador) y volumen (de materiales activos) que cualquier estructura convencional. Esto puede proporcionar una capacidad de velocidad de carga y descarga de alto rendimiento a pesar de las dimensiones intrínsecamente pequeñas de la batería. En una batería convencional, la

capacidad es especificada por el tamaño de batería convencional, mientras que en el caso de una batería de cable, la capacidad es especificada como una densidad de energía lineal es decir, micro-amp-hora/min.

5 Una batería convencional es un cilindro metálico que está engarzado dentro de un recipiente cerrado que comprende unos respiraderos poliméricos para permitir cierta desgasificación. En el caso de una química alcalina recargable, una batería convencional puede requerir determinados catalizadores de recombinación de gases para evitar la rotura del cilindro metálico. Además, algunas baterías alcalinas convencionales y recargables requieren una aleación de cinc para baterías especial que tiene alta pureza y también es capaz de reducir la velocidad de una reacción secundaria con el cinc y el agua para producir hidrógeno gaseoso que puede hacer que el cilindro tenga fugas o se rompa. Antes de las recientes normas ambientales, se utilizaba mercurio en lugar de aleaciones de cinc para baterías. La batería en forma de cable de la presente invención no tiene un envase de tipo cilindro y está esencialmente abierta al entorno tanto para la permeabilidad a los gases como la humedad.

15 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Las anteriores y otras características y ventajas de la invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción más detallada de las formas de realización preferentes de la invención, como se ilustra en los dibujos adjuntos.

20 La Figura 1 es una vista en corte transversal de una batería de un solo cable biocompatible ejemplar según la presente invención.

25 La Figura 2 es una representación esquemática de un circuito simplificado utilizando la batería de un solo cable biocompatible según la presente invención.

La Figura 3 es una vista en corte transversal de una batería de dos cables biocompatible ejemplar alternativa según la presente invención.

30 La Figura 4 es una representación esquemática de un circuito simplificado utilizando la batería de dos cables biocompatible ejemplar en una configuración paralela según la presente invención.

La Figura 5 es una representación esquemática de un circuito simplificado utilizando la batería de dos cables biocompatible ejemplar en una configuración antiparalela según la presente invención.

35 La Figura 6 es una representación esquemática de un circuito simplificado utilizando una batería multicable biocompatible ejemplar en una configuración paralela estando las celdas adyacentes conectadas en serie según la presente invención.

40 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FORMAS DE REALIZACIÓN PREFERENTES

Una batería, celda de batería o celda es un dispositivo en el que la energía química contenida en los materiales activos que comprenden la batería se convierte directamente en energía eléctrica a través de una reacción de oxidación-reducción electroquímica. Estas baterías, celdas de batería o celdas pueden clasificarse en líneas generales como baterías primarias que están destinadas y optimizadas para un único ciclo de descarga, no recargables, o como baterías secundarias que pueden recargarse mediante la inversión de la reacción de oxidación-reducción. Las baterías primarias ofrecen varias ventajas, incluidas un buen período de validez, gran densidad de energía a velocidades de descarga de bajas a moderadas, bajo mantenimiento y facilidad de uso. Las baterías secundarias también ofrecen varias ventajas, incluidas una gran densidad de potencia, gran velocidad de descarga, curvas de descarga planas y buen rendimiento a bajas temperaturas, además de su capacidad para recargarse. Una batería secundaria tiene por lo general una retención de carga que es peor que en una batería primaria; sin embargo, esta deficiencia queda compensada por el hecho de que la batería secundaria es recargable. Para facilitar la explicación, el término "batería" se utilizará en el presente documento para referirse a un dispositivo que comprende una celda electroquímica o una pluralidad de celdas electroquímicas conectadas en paralelo o en serie en función de la salida de tensión y la capacidad que se desee.

55 Un tercer tipo de batería es una batería de reserva. En este tipo de batería, un segmento de la batería se separa de los demás componentes antes de su activación. Al no haber reacción química hasta la activación, este tipo de batería es susceptible de almacenamiento a largo plazo.

60 Una celda de batería o celda comprende tres componentes principales; a saber, un ánodo (electrodo negativo), un cátodo (electrodo positivo) y un electrolito (conductor iónico). El ánodo es el electrodo de combustible, que cede electrones a la carga o circuito externo y se oxida durante la reacción electroquímica. El material anódico tiene preferentemente gran eficacia como agente reductor, una alta capacidad específica (Ah/g), buena conductividad, buena estabilidad, se trabaja fácilmente y es económico. Si la batería va a utilizarse en el cuerpo, el material anódico es preferentemente todo lo biocompatible que sea posible, o se evita que haga contacto directo con el cuerpo. El cátodo es el electrodo oxidante que acepta electrones de la carga o circuito externo y se reduce

durante la reacción electroquímica. El material catódico tiene preferentemente gran eficacia como agente oxidante, es estable cuando está en contacto con el electrolito, y tiene una tensión de trabajo útil. Si la batería va a utilizarse en el cuerpo, el material catódico, al igual que el material anódico, es preferentemente todo lo biocompatible que sea posible, o se evita que haga contacto directo con el cuerpo. El electrolito es el material que proporciona el medio para la transferencia de carga, en forma de iones, dentro de la celda entre el ánodo y el cátodo. El material electrolítico tiene preferentemente buena conductividad iónica sin ser electrónicamente conductor, es electroquímicamente estable, no reacciona con los materiales de los electrodos, varía poco con los cambios de temperatura, es seguro de manipular y es económico. Los electrolitos típicos son soluciones acuosas o geles poliméricos pero pueden comprender otros materiales y formas, tales como electrolitos poliméricos sólidos. Una vez más, si la batería va a utilizarse en el cuerpo, el electrolito debe ser tan biocompatible como sea posible o evitarse que haga contacto directo con el cuerpo.

La celda puede hacerse de cualquier tamaño, forma y/o configuración adecuada que sea compatible con su uso final. El ánodo y el cátodo están electrónicamente aislados dentro de la celda para evitar un cortocircuito, pero están al menos parcialmente humedecidos por el electrolito. Por consiguiente, se utiliza un separador que sea permeable al electrolito para separar físicamente el ánodo del cátodo. Básicamente, los componentes de la celda están diseñados y configurados para adaptarse a la forma concreta de la celda. Las celdas pueden sellarse para prevenir y/o controlar las fugas y pueden comprender también respiraderos para permitir que salgan los gases acumulados. Generalmente se necesitan medios adecuados para las conexiones de los terminales para completar la batería.

El funcionamiento de la celda en el modo de descarga transcurre de la siguiente manera. Cuando la celda se conecta a una carga o circuito externo, los electrones fluyen desde el ánodo, que está siendo oxidado, a través de la carga o circuito externo, y hasta el cátodo que acepta los electrones y se reduce. El circuito eléctrico se completa en el electrolito, en el que los aniones o iones cargados negativamente fluyen desde el cátodo hasta el ánodo y los cationes o iones cargados positivamente fluyen desde el ánodo hasta el cátodo. El funcionamiento de la celda en el modo de carga transcurre de la siguiente manera. Se conecta una fuente de alimentación a través de los electrodos en lugar de un circuito externo y los electrones fluyen al ánodo, que es ahora el cátodo de la reacción. Básicamente, la reacción se invierte convirtiéndose el ánodo en el cátodo, convirtiéndose el cátodo en el ánodo, e invirtiéndose el flujo de aniones y cationes. Cabe destacar que se dispone de diversos esquemas de carga, por ejemplo, tensión constante, corriente constante - tensión constante, carga por impulsos y similares. Las reacciones tanto en el modo de descarga como en el modo de carga pueden expresarse en términos simples como una reacción redox electroquímica normal que depende de los materiales que comprenden el ánodo y el cátodo. Pueden conseguirse diferentes tensiones y capacidades utilizando diferentes materiales para los electrodos como se explica detalladamente posteriormente.

La selección de los materiales anódicos y catódicos determina la capacidad y la tensión teórica de la celda. La energía máxima que puede suministrar una celda electroquímica viene determinada por el tipo de materiales activos utilizados y de la cantidad de los materiales activos utilizados. En la práctica, sólo se genera una porción de la energía teórica de la celda, y se debe a varios factores, incluidos el peso y volumen de los componentes no reactivos, el hecho de que la celda no se descarga a la tensión teórica, reduciéndose así la tensión media, y el hecho de que la celda no se descarga completamente a cero voltios, reduciéndose así los amperios-hora suministrados. Además, en una celda práctica, los materiales activos no están equilibrados estequiométricamente, lo que reduce la energía debido a que se utiliza una cantidad en exceso de uno solo de los materiales activos en la reacción química.

Según una forma de realización ejemplar, la presente invención se refiere a una batería o celda no convencional. Más concretamente, en el presente documento se divulga una batería de cable biocompatible ejemplar. La batería de cable biocompatible ejemplar está diseñada para utilizarse en o próxima al cuerpo de un organismo vivo y es preferentemente una batería electroquímica recargable a pequeña escala, fácil de utilizar, económica y flexible, que proporciona alimentación estable y fiable para multitud de aplicaciones corporales, así como aplicaciones no corporales. Aunque en el presente documento se describen formas de realización preferentes ejemplares de la invención con respecto a dispositivos implantables, la batería de cable puede utilizarse para multitud de aplicaciones. Además, al tener forma de cable, la batería puede cortarse a la medida para una aplicación particular al tiempo que proporciona las mismas características de salida independientemente de cómo se configure el cable en última instancia, y la longitud del cable utilizada. En comparación con las baterías convencionales que tienen una baja relación de aspecto (longitud frente a diámetro), las baterías en forma de cable pueden tener una alta relación de aspecto, por ejemplo, significativamente superior a 10:1. En determinadas aplicaciones, puede ser necesario cortar la batería de cable corta. En otras palabras, para adaptarse a los requisitos geométricos de cualquier aplicación determinada, puede reducirse la relación de aspecto. Esto puede ser especialmente ventajoso cuando el factor forma es un atributo de diseño deseado. Por ejemplo, la batería en forma de cable de la presente invención puede utilizarse junto con multitud de dispositivos médicos que requieren energía eléctrica, tales como lentes de contacto inteligentes, tapones lagrimales inteligentes y lentes intraoculares inteligentes.

La batería de cable biocompatible de la presente invención puede comprender varias variaciones de diseño. Por ejemplo, en una forma de realización ejemplar, la batería de cable biocompatible puede comprender una

configuración en la que un ánodo está rodeado por un cátodo. En otra forma de realización ejemplar, la batería de cable biocompatible puede comprender una configuración en la que un cátodo está rodeado por un ánodo. Otras formas de realización ejemplares pueden incluir variaciones de los diseños anteriores y se describen detalladamente posteriormente. Por ejemplo, la batería de cable biocompatible puede comprender una configuración con uno o más pares de ánodo/cátodo. Además, pueden utilizarse diversos materiales adecuados para todos los componentes de la batería como se describirá detalladamente en el presente documento. La Figura 1 ilustra una vista en corte transversal de una batería de cable biocompatible ejemplar 100 según la presente invención.

En la forma de realización ejemplar ilustrada en la Figura 1, el núcleo de la batería de cable comprende el colector de corriente anódica 102. El colector de corriente anódica 102 puede comprender cualquier forma, tamaño y material adecuados en función del uso o aplicación de la batería 100. El colector de corriente anódica 102 puede comprender cualquier material conductor de la electricidad adecuado o fabricarse a partir de un sustrato no conductor que esté recubierto con un material conductor de la electricidad. Como puede entrar en contacto con el cuerpo, el colector de corriente anódica 102 es preferentemente tan biocompatible como sea práctico o estar protegido del cuerpo de cualquier manera adecuada. En la forma de realización ejemplar ilustrada, el colector de corriente anódica 102 comprende un alambre de cobre con una sección transversal básicamente circular y tiene un diámetro de aproximadamente setenta y cinco (75) micrómetros. El colector de corriente anódica 102 también puede estar electrodepositado o recubierto con materiales que limiten la corrosión o la actividad química, tales como recubrimientos a base de níquel, oro y/o grafito. Si se utiliza la electrodeposición, puede utilizarse multitud de técnicas adecuadas conocidas. Además, si el perfil y/o tamaño son una limitación de diseño crítica y se utiliza una electrodeposición o un recubrimiento, puede reducirse el perfil del sustrato subyacente para dar cabida a la capa adicional.

En una forma de realización ejemplar alternativa, el colector de corriente anódica 102 puede comprender un único filamento de fibra de carbono o un hilo de fibra de carbono multifilamento. Tal como se utiliza en el presente documento, el carbono o los materiales a base de carbono incluirán todas las formas elementales de carbono. Preferentemente, la cantidad de material del colector de corriente anódica debe mantenerse en la cantidad mínima necesaria para proporcionar un rendimiento de uso final y procesamiento adecuados. En otras palabras, las dimensiones del colector de corriente anódica 102 se eligen para satisfacer los atributos de diseño deseados para su uso final.

Se dispone en el mercado de filamentos de fibra de carbono en los intervalos de dimensiones descritos en el presente documento. Por ejemplo, una fibra de carbono de un solo filamento comercial denominada Panex®35 disponible en Zoltek Companies, Inc. tiene un diámetro de siete (7) micrómetros. Se dispone en el mercado de alambres de cobre y oro utilizados en la soldadura de hilos ("wirebonding") de circuitos integrados, en diámetros de veinticinco (25) micrones o menos. En esencia, la única limitación de las dimensiones de la sección transversal del colector de corriente anódica 102 es si puede cumplirse con los atributos de rendimiento eléctrico y mecánico utilizando un procedimiento adecuado.

Concéntricamente situada alrededor del colector de corriente anódica 102 se encuentra la capa anódica 104. Aunque el término "concéntricamente" se utiliza a lo largo de la memoria con respecto a la forma de realización ejemplar de la Figura 1, los diversos componentes descritos en el presente documento no tienen por qué estar dispuestos concéntricamente. Como se ha expuesto anteriormente, la capa anódica 104 puede comprender multitud de materiales adecuados que hacen de agentes reductores. Los materiales anódicos incluyen H₂, Li, Na, Mg, Al, Ca, Fe, Zn, Cd, Pb, compuestos de intercalación de litio (por ejemplo, (Li)C₆), e hidruros metálicos; sin embargo, se dispone de muchos otros materiales para la estructura del ánodo y se les ocurrirán a los expertos en la técnica pertinente. La capa anódica 104 puede comprender cualquier configuración adecuada, pero preferentemente se adapta a la forma del colector de corriente anódica 102 de manera que pueda conseguirse un perfil mínimo. La elección del material anódico depende de varios factores, incluidos la actividad electroquímica y la compatibilidad con el ambiente en el que va a utilizarse. Como se ha indicado anteriormente, el material anódico es preferentemente tan biocompatible como sea posible o se evita que haga contacto directo con el cuerpo. La capa anódica 104 puede comprender una estructura sólida formada sólo a partir del material anódico o comprender un material compuesto sólido o poroso que contenga el material anódico. La capa anódica 104 puede estar situada alrededor del colector de corriente anódica 102 mediante cualquier medio adecuado en función de su composición, incluidos los procesos de recubrimiento por pulverización, de alambre y por inmersión.

En la forma de realización ejemplar, la capa anódica 104 comprende partículas de cinc dispersas en una matriz polimérica. La matriz polimérica de la capa anódica 104 puede comprender un polímero formador de gel tal como ácido poliacrílico o carboximetilcelulosa; sin embargo, esto carece de integridad mecánica; por lo tanto, preferentemente también comprende un polímero aglutinante, por ejemplo, óxido de (poli) etileno o alcohol (poli) vinílico o, de otro modo, se necesitaría algún tipo de envase para soportar y contener los materiales activos que comprenden la batería. El porcentaje en peso de partículas de cinc en la matriz polimérica viene determinado por la cantidad de energía necesaria como salida de la batería 100. Pueden añadirse otros materiales en la matriz de cinc/polímero. Puede conseguirse un control adicional sobre las propiedades fisicoquímicas de las matrices poliméricas mediante reticulación, tal como mediante reticulación (química) covalente o reticulación física de las cadenas mediante cristalitas, clústeres iónicos, o dominios de fases separadas insolubles/inmovilizados. La capa

anódica 104 puede reticularse mediante cualquier medio adecuado. En la forma de realización ejemplar, el límite superior práctico del tamaño de partícula de cinc está en el intervalo de aproximadamente treinta (30) - cincuenta (50) micrómetros, con un tamaño medio de partícula de aproximadamente cinco (5) - diez (10) micrómetros. Más preferentemente, la capa anódica 104 ejemplar comprende polvo de cinc con un tamaño medio de partícula de aproximadamente tres (3) micrómetros, que tiene una pureza relativamente baja, aproximadamente el noventa y tres (93) por ciento, y no es una aleación especial. Sin embargo, puede tener cierto beneficio utilizar aleaciones de cinc para baterías de alta pureza que tengan una distribución granulométrica útil. En la forma de realización ejemplar, la capa anódica tiene aproximadamente treinta (30) micrómetros de espesor; sin embargo, el espesor puede variarse.

El espesor práctico mínimo de la capa anódica 104 viene determinado por la distribución granulométrica de las partículas de cinc, así como el número de recubrimientos utilizados para construir la capa de cinc. Tal como se utiliza en el presente documento, el término "espesor" se refiere al espesor medio en seco de una capa con recubrimiento independientemente de cualquier desviación local, por ejemplo, aglutinaciones, huecos y similares, en ella. En la forma de realización ejemplar, un espesor mínimo práctico de la capa anódica es de aproximadamente diez (10) micrómetros. Recubriendo capas subsiguientes de material anódico, puede crearse el espesor de la capa anódica total en consecuencia para conseguir una celda (o batería) de mayor capacidad con un mayor diámetro en su forma final. La relación entre cinc y matriz polimérica inactiva también puede cambiarse o modificarse en consecuencia para proporcionar un equilibrio adecuado de captación del electrolito, integridad mecánica, y densidad de energía. En una forma de realización ejemplar preferente, el peso en seco de partículas de cinc en la capa anódica 104 comprende aproximadamente del cincuenta (50) al noventa y ocho (98) por ciento en peso.

La capa anódica 104 puede comprender también fibras de carbono conductoras, fibras de carbono conductoras molidas, nanocables de carbono y/o nanotubos de carbono. Estos materiales conductores de alta relación de aspecto pueden proporcionar una continuidad eléctrica mejorada a lo largo de la capa anódica 104 que podría de otra manera ser interrumpida por el aglutinante polimérico y su potencial hinchamiento por la captación del electrolito o la humedad ambiental. Básicamente, estos materiales pueden proporcionar determinadas mejoras de rendimiento, tales como una menor resistencia interna, mayor grado de utilización de los materiales activos, así como mejoras mecánicas tales como la cohesión y la manejabilidad. Estos mismos materiales también pueden utilizarse en la capa catódica 108, como se describe detalladamente posteriormente.

Concéntricamente situada alrededor de la capa anódica 104 hay una capa separadora 106. Al igual que antes, la capa separadora y las capas por encima o por debajo no tienen por qué ser concéntricas. La capa separadora 106 proporciona una capa no conductora de la electricidad entre la capa anódica 104 y la capa catódica 108 y se describe detalladamente posteriormente. La capa separadora 106 puede comprender cualquier material no conductor de la electricidad adecuado que sea permeable al electrolito que está disperso a lo largo de la batería de cable 100, como se describe detalladamente posteriormente. La capa separadora 106 puede comprender cualquier configuración adecuada, pero preferentemente se ajusta a la forma de la capa anódica 104 de manera que pueda conseguirse el perfil mínimo. En la forma de realización ejemplar, la capa separadora 106 se forma *in situ* creando un recubrimiento polimérico sobre la capa anódica 104 utilizando cualquier proceso adecuado, tal como el recubrimiento por inmersión, de alambre o por pulverización. La capa separadora 106 es preferentemente lo suficientemente gruesa para evitar un cortocircuito entre la capa anódica 104 y la capa catódica 108. En la forma de realización ejemplar, la capa separadora 106 tiene unos veinte (20) micrómetros de espesor; sin embargo, el espesor puede variarse. Como se ha indicado anteriormente, la capa separadora 106 es preferentemente tan biocompatible como sea posible o se evita que haga contacto directo con el cuerpo.

Los ejemplos materiales adecuados del separador polimérico o la capa separadora incluyen mezclas de óxido de (poli) etileno y ácido (poli) acrílico; sin embargo, se dispone de muchos otros materiales para la estructura del separador y se les ocurrirán a los expertos en la técnica pertinente. El separador puede ser reticulado mediante cualquier medio adecuado. En general, el separador polimérico está formulado para tener un componente que proporcione buenas propiedades filmógenas y componentes adicionales que proporcionen mejoras de rendimiento, tales como la permeabilidad iónica. Además, el separador polimérico también puede comprender un material de carga para ayudar a aislar el ánodo 104 y el cátodo 108 entre sí. Los ejemplos de materiales de carga útiles incluyen óxido de aluminio, celulosa microcristalina (por ejemplo, borra de algodón), sílice pirógena, o cualquier otro material de carga con un tamaño de partícula adecuadamente pequeño y que no sea conductor de la electricidad. La capa separadora 104 tiene la función adicional de proporcionar un depósito de electrolito para la batería.

Concéntricamente situada alrededor de la capa separadora 106 se encuentra la capa catódica 108. Una vez más, esta capa y las capas por encima o por debajo no tienen por qué ser concéntricas. Como se ha expuesto anteriormente, la capa catódica 108 puede comprender multitud de materiales adecuados que hagan de agentes oxidantes. Los materiales catódicos incluyen O_2 , Cl_2 , SO_2 , MnO_2 , $NiOOH$, $CuCl$, FeS_2 , AgO , Br_2 , HgO , Ag_2O , PbO_2 e I_2 ; sin embargo, se dispone de muchos otros materiales para la estructura del cátodo y se les ocurrirán a los expertos en la técnica pertinente. La capa catódica 108 puede comprender cualquier configuración adecuada, pero preferentemente se ajusta a la forma de la capa separadora 106 de manera que pueda conseguirse el perfil mínimo. En la forma de realización ejemplar, la capa catódica 108 se forma sobre la capa separadora 106 utilizando cualquier proceso adecuado, tal como recubrimiento por inmersión, de alambre o por pulverización. La elección del material catódico, al igual que la del material anódico, depende de varios factores, incluidos la actividad electroquímica y la

compatibilidad con el entorno en el que va a utilizarse. En la forma de realización ejemplar, la capa catódica 108 comprende Ag_2O y/o MnO_2 en combinación con grafito en un aglutinante polimérico permeable a los iones o en un aglutinante polimérico permeable al agua y a los iones que proporcione robustez mecánica para resistir el manejo y la captación del electrolito mientras mantiene una buena continuidad y conductividad eléctrica con el colector de corriente catódica 110. Una vez más, la capa catódica 108 es preferentemente tan biocompatible como sea posible o se evita que haga contacto directo con el cuerpo. Como en el caso de la capa anódica 104, pueden utilizarse los aditivos de fibra de carbono, nanocable de carbono, y/o nanotubo de carbono en la capa catódica 108. La capa catódica 108 tiene aproximadamente cuarenta (40) micrómetros de espesor; sin embargo, el espesor puede variarse.

La capa catódica 108 puede comprender una mezcla en polvo que se forma mediante molienda con bolas de material activo (Ag_2O y/o MnO_2), material conductor (grafito y/o fibras de carbono, nanocables y/o nanotubos) y aditivos (negro de carbono, dispersantes) para asegurar una buena mezcla. A continuación, esta mezcla en polvo se dispersa en una solución disolvente de aglutinante polimérico (mezcla de óxido de polietileno o PEO/ácido poliacrílico o PAA) para formar la mezcla de recubrimiento del cátodo. A continuación, la mezcla de recubrimiento del cátodo se aplica sobre la parte superior de la capa separadora polimérica 106 formada *in situ* para formar la capa catódica 108. La capa catódica puede ser reticulable mediante cualquier medio conocido. Preferentemente, las cantidades de material activo, aditivo conductor y polímero aglutinante se ajustan para equilibrar el rendimiento mecánico, eléctrico y de procesamiento.

Concéntricamente situado alrededor de la capa catódica 108 se encuentra el colector de corriente catódica 110. Como en el caso de las demás capas, el colector de corriente catódica 110 no tiene por qué ser concéntrico. El colector de corriente catódica 110 puede comprender cualquier forma, tamaño y material adecuados en función del uso o la aplicación de la batería 100. El colector de corriente catódica 110 puede comprender cualquier material conductor de la electricidad adecuado que pueda depositarse sobre la capa catódica 108. En la forma de realización ejemplar, el colector de corriente catódica 110 comprende una composición de polímero cargado con grafito y/o plata. El colector de corriente catódica 110 tiene aproximadamente diez (10) micrómetros de espesor. El colector de corriente catódica 110 es preferentemente tan biocompatible como sea posible o se evita que haga contacto directo con el cuerpo.

Preferentemente, la composición del colector de corriente catódica 110 se aplica como un recubrimiento, al igual que las demás capas de la batería de cable; sin embargo, el polímero aglutinante del colector de corriente catódica 110 no debe absorber cantidades apreciables de electrolito ni agua. Si esto llegara a suceder, se reduciría la conductividad eléctrica del colector de corriente catódica 110, y el rendimiento de la batería se vería reducido. Además, determinados componentes conductores en el colector de corriente catódica 110 podrían reaccionar con el electrolito. Sin embargo, el colector de corriente catódica 110 debe ser permeable al vapor de agua y a otros gases de modo que pueda equilibrarse la presión interna de la batería con el ambiente circundante para evitar la posibilidad de una rotura interna de las capas. Los materiales adecuados para el colector de corriente catódica 110 son polímeros cargados con grafito, plata y/o níquel tales como fluoropolímeros o siliconas conductoras. Pueden utilizarse sin limitación otras composiciones conductoras, siempre que las composiciones ofrezcan la compatibilidad química necesaria con la capa catódica 108 y el electrolito, así como propiedades mecánicas y eléctricas deseables. El espesor práctico mínimo vendrá impuesto por las propiedades reológicas de la mezcla de recubrimiento del colector de corriente catódica, el tamaño de partícula de la carga conductora, y las propiedades eléctricas necesarias de la celda, señalando que la resistividad del colector de corriente catódica activará esta última. Los espesores típicos del colector de corriente catódica 110 pueden ser de aproximadamente 10 a 20 micrómetros.

En el caso de estructuras o diseños "inversos" alternativos, por ejemplo, cuando una capa anódica rodea una capa catódica central, debe reconocerse y entenderse que el colector de corriente catódica 110 es en realidad un colector de corriente anódica, y que el cable central 102 es un colector de corriente catódica.

Concéntricamente situada alrededor del colector de corriente catódica 110 hay una capa aislante 112. La capa aislante 112 no tiene por qué estar situada concéntricamente alrededor de ninguna otra capa. La capa aislante 112 puede comprender cualquier material biocompatible adecuado que tenga la suficiente resistencia para mantener unidos los diversos componentes de la batería 100 al tiempo que proporciona suficiente flexibilidad para aplicaciones variadas. En una batería de cable, el perfil y la flexibilidad son factores importantes. Preferentemente, la capa aislante 112, si se utiliza, comprende un material que está abierto al entorno tanto para la humedad como para la permeabilidad a los gases, siendo al mismo tiempo eléctricamente no conductora, eliminando así la necesidad de respiraderos como las baterías convencionales.

Los ejemplos de materiales aislantes adecuados incluyen poliuretanos, fluoropolímeros (copolímeros y fluoropolímeros específicamente amorfos), epoxis, esmaltes, compuestos de encapsulamiento, revestimientos conformes, siliconas no conductoras, y similares. El espesor de la capa aislante 112 puede ser tan pequeño como sea necesario para proporcionar una cobertura total de las zonas seleccionadas y para proporcionar un rendimiento mecánico y eléctrico adecuado. Un espesor nominal de la capa aislante 112 puede ser de cinco (5) micrómetros. Un material aislante preferente es la familia de parileno que son recubrimientos por depósito en vacío con un espesor controlable; sin embargo, determinadas formas de realización ejemplares de la batería de cable pueden excluir el

uso de parilenos debido a diversas limitaciones de diseño. Resultan preferentes los parilenos, tal como el parileno-C, debido a su capacidad para recubrir de forma rápida y uniforme, es decir, de manera conforme, sustratos irregulares sin verse influidos por la química de la superficie a recubrir.

5 En una forma de realización ejemplar alternativa, la capa aislante 112 puede ser parte del colector de corriente catódica 110 como una sola pieza o estructura unitaria. Por ejemplo, el colector de corriente catódica 110 puede comprender una estructura monocapa o multicapa que incluya todas las capas necesarias para ser un colector de corriente catódica como estructura interna, y todas las capas necesarias para ser un aislante como estructura externa. Como alternativa, el colector de corriente catódica 110 puede estar hecho de un material que sea a la vez protector y conductor de la electricidad. Los fluoropolímeros y siliconas conductoras son ejemplos de tales materiales.

10 En el sentido más estricto, la capa aislante es puramente opcional con respecto a la funcionalidad eléctrica de la batería. Por ejemplo, puede estar formada como parte del colector de corriente catódica. Como alternativa, la capa aislante puede ser parte del dispositivo médico. En otras palabras, parte del dispositivo médico puede hacer de capa aislante.

15 El electrolito, tal como se ha descrito anteriormente, es el material que proporciona el medio para la transferencia de carga, en forma de iones, dentro de la celda entre el ánodo y el cátodo. En las baterías convencionales, se utilizan bases fuertes tales como hidróxido sódico, NaOH e hidróxido potásico, KOH; sin embargo, en la presente invención, puede utilizarse una base débil y/o líquidos iónicos, que pueden tener pH neutro o niveles de pH de tamponado a controlado, de manera que sea más biocompatible. Sin embargo, las bases fuertes tales como NaOH y KOH siguen siendo componentes electrolito viables para la batería de cable de la presente invención. Los líquidos iónicos son sales que se encuentran en estado líquido. Las sales que son líquidas a temperaturas cercanas a la ambiental, también conocidos como líquidos iónicos a temperatura ambiente, pueden ser especialmente útiles para su uso en las baterías electroquímicas.

20 Como se ha descrito anteriormente, pueden utilizarse diversos diseños y modificaciones de materiales dentro de la construcción de la batería de cable electroquímica recargable biocompatible, incluida la reordenación de los diversos componentes. Además, pueden utilizarse agentes aglutinantes entre los diversos componentes para ayudar a mantener unidos los diversos componentes. Por lo general, estos agentes aglutinantes son los mismos materiales que los utilizados en diversas capas de la batería de cable, y comprenden un polímero filmógeno mezclado con un polímero permeable a los iones. En determinados casos, los agentes aglutinantes pueden ser formulaciones esencialmente diferentes o únicas, dependiendo de la aplicación concreta.

25 Haciendo referencia a la Figura 2, se ilustra una representación esquemática de un circuito simple utilizando una longitud predeterminada de la batería de cable biocompatible 100. Como se ilustra, la batería de cable biocompatible 100 está conectada a una carga o circuito externo 200. El colector de corriente anódica 102 está conectado al terminal negativo de la carga 200 y el colector de corriente catódica 110 está conectado al terminal positivo de la carga 200, completando así el circuito. Las conexiones a la carga 200 pueden hacerse mediante cualquier medio adecuado, por ejemplo, a través de conexiones de epoxi conductora. El tipo de conexión determina la cantidad de colector de corriente anódica 102 y de colector de corriente catódica 110 que queda al descubierto. Cabe destacar que, sea cual sea la herramienta que se utilice para cortar y/o exponer de otro modo los colectores de corriente, debe tenerse cuidado para evitar cualquier situación que pudiera ocasionar un cortocircuito por hacer contacto la capa anódica 104 o el colector de corriente anódica 102 con el capa catódica 108 o el colector de corriente catódica 110. Cabe destacar que la Figura 2 tiene sólo fines ilustrativos y no representa conexiones reales.

30 Los materiales anódicos y catódicos determinan la tensión y capacidad de la celda. Básicamente, la tensión viene determinada por el tipo de material activo utilizado y la capacidad de amperios-hora viene determinada por la cantidad de material activo utilizado. Por consiguiente, la tensión de circuito abierto de la batería de cable biocompatible 100 es esencialmente independiente de la longitud de la batería de cable utilizada, pero la capacidad no lo es. Sin embargo, cabe destacar que para cualquier diseño de celda de batería, habrá una longitud mínima en la que la tensión de circuito abierto empezará a reducirse esencialmente si la batería se acorta, debido a que la resistencia interna de la batería es inversamente proporcional a la longitud de la batería de cable y los valores de resistencia interna más altos reducirán la tensión de circuito abierto de la celda. Puesto que la longitud de la batería puede cambiar en función de la aplicación concreta, puede ajustarse el diseño de la batería, incluida la elección de materiales y la cantidad de materiales, para satisfacer la aplicación concreta. Por ejemplo, pueden modificarse las concentraciones de los materiales activos o la densidad de los materiales activos sin que tenga un impacto significativo en el perfil. Como alternativa, las capas activas pueden ser más gruesas. En aún otra forma de realización ejemplar alternativa, pueden utilizarse materiales adicionales como aditivos, como se describe en el presente documento.

35 Según una forma de realización ejemplar alternativa, se divulga una batería de cable o de dos cables, siendo un cable el colector de corriente anódica y siendo el otro el colector de corriente catódica. Pueden disponerse en paralelo múltiples de estos tipos de baterías para una mayor capacidad y/o pueden disponerse en serie para

tensiones más altas, como se describe con más detalle posteriormente. Este tipo de disposición o diseño ofrece varias ventajas y desventajas que se exponen detalladamente más adelante.

5 Haciendo referencia a la Figura 3, se ilustra una vista en corte transversal de la batería de cable biocompatible ejemplar alternativa 300 según la presente invención. En esta forma de realización ejemplar, el núcleo de la batería de cable comprende un colector de corriente anódica 302 y un colector de corriente catódica 310 que discurren esencialmente paralelos entre sí. Como se ha expuesto en la forma de realización ejemplar anterior, los colectores de corriente anódica y catódica 302 y 310 pueden comprender cualquier forma, tamaño y material adecuados en función del uso o aplicación de la batería 300. En una forma de realización ejemplar preferente, los
10 colectores de corriente 302, 310 se forman a partir de un cable metálico con una sección transversal básicamente circular, aunque pueden utilizarse sin limitación perfiles de sección transversal alternativos, por ejemplo, pueden utilizarse secciones transversales cuadradas. Situada alrededor del colector de corriente anódica 302 se encuentra la capa anódica 304 y situada alrededor del colector de corriente catódica 310 se encuentra la capa catódica 308. Como en la forma de realización ejemplar anteriormente descrita, estas capas 304 y 308 pueden formarse a partir de cualquiera de los mismos materiales adecuados utilizando cualquiera de los mismos procesos. Situada alrededor de la capa anódica 304 y de la capa catódica 308, se encuentra la capa separadora 306 formada *in situ*. Una vez más, la capa separadora 306 puede comprender cualquiera de los mismos materiales que se han expuesto en la forma de realización ejemplar anteriormente descrita utilizando cualquiera de los mismos procesos de fabricación. Situada
15 alrededor de la capa separadora 306 se encuentra la capa aislante 312 que también puede comprender los mismos materiales y configuraciones que las expuestas en la forma de realización ejemplar anteriormente descrita utilizando cualquiera de los mismos procesos de fabricación. Además, el electrolito puede ser también el mismo.

Con este diseño de dos cables metálicos paralelos pueden reconocerse varias ventajas. Al tener colectores de corriente metálicos auténticos tanto para el ánodo como para el cátodo, pueden utilizarse interconexiones
25 soldables para ambos, por ejemplo, cobre en el lado del ánodo y níquel en el lado del cátodo. Además, este diseño de doble cable metálico es más robusto que un diseño de un solo cable por razones obvias. La batería de dos cables de la presente invención puede retorcerse en una doble hélice para proporcionar soporte mecánico adicional a la estructura global. El número de vueltas por unidad de longitud puede variarse sin limitación, siempre que la batería de dos cables siga siendo funcional. En otras palabras, la integridad de la estructura subyacente debe permanecer intacta. Con respecto al procesamiento, no se requiere ninguna etapa de recubrimiento del colector de corriente y el número total de recubrimientos o el recubrimiento se reduce, minimizando así el riesgo de cambiar y/o dañar el recubrimiento subyacente. El diseño de dos cables también ofrece menos posibilidades o menor riesgo de provocar un cortocircuito entre el ánodo y el cátodo cuando se recorta el cable a medida debido al crimpado, y una zona de contacto de menor riesgo entre el ánodo y el cátodo, lo que reduce el riesgo de un cortocircuito interno a través de la
30 capa separadora. Este diseño también ofrece una vía de difusión menos restringida para la humedad y la desgasificación. Por último, las interconexiones pueden realizarse en el mismo extremo o en extremos opuestos.

También pueden integrarse y alternarse múltiples pares de ánodo-cátodo de dos cables para formar una batería multicable con 2, 3, 4, o más pares de ánodo/cátodo discretos. Para que esta disposición pueda funcionar, cada par de ánodo/cátodo debe estar eléctricamente e iónicamente aislado de los pares de ánodo/cátodo adyacentes. En otras palabras, debe haber un aislante electrónico e iónico alrededor de cada par de ánodo/cátodo en la configuración multicable. Esto puede lograrse fusionando o recubriendo dos o más baterías de dos cables discretas con un material aislante adecuado, tal como los mencionados anteriormente, mediante cualquier medio conveniente tal como el recubrimiento por inmersión, de alambre o por pulverización para formar una batería multicable. Las baterías de dos cables múltiples pueden montarse en paralelo entre sí para formar una "cinta" plana, o pueden montarse en forma de haz o cualquier otra configuración útil, tal como una trenza. Lo mismo puede decirse de una batería de un solo cable, siempre que cada celda de un solo cable adyacente esté eléctricamente e iónicamente aislada una de la otra. Una construcción de este tipo ofrece ventajas mecánicas adicionales y la flexibilidad para interconectar cada uno de los pares de cátodo/ánodo individuales en diversas series y/o
40 disposiciones en paralelo, dependiendo de la necesidad. En el caso de una batería multicable, la tensión de circuito abierto puede multiplicarse interconectando celdas adyacentes en una modalidad en serie.

La interconexión en el diseño de un solo cable puede hacerse en cualquier lugar en el que pueda quitarse de forma segura la capa aislante si se necesita una capa aislante. Cuando la capa aislante y el colector de corriente más externo son el mismo, la interconexión más externa puede hacerse en el exterior de la construcción o diseño de un solo cable.
55

Las desventajas de los diseños de dos cables o multicable son menos que las ventajas e incluyen una relación entre materiales activos e inactivos más baja, y las velocidades de descarga pueden reducirse debido al aumento de la distancia para el transporte iónico.
60

Las Figuras 4-6 ilustran estructuras de circuito ejemplares para diseños de celda de batería de dos y cuatro cables o cordones. En la Figura 4, el terminal positivo de la carga 200 está conectado al colector de corriente catódica 110 y el terminal negativo de la carga 200 está conectado al colector de corriente anódica 102. Este diseño de conexión ilustra una batería de dos cables conectada a la carga 200 en una configuración paralela. En la Figura 5, el terminal positivo de la carga 200 está conectado al colector de corriente catódica 110 en un lado de la batería y
65

el terminal negativo de la carga 200 está conectado al colector de corriente anódica 102 en el otro lado de la batería, configurando así el circuito en una disposición antiparalela.

5 La Figura 6 ilustra una batería de cable de cuatro cordones 400 conectada a una carga 200. La batería de cable de cuatro cordones 400 comprende dos celdas de cable 401 y 403 conectadas en serie a través de un interconector inter-celda 405, que puede comprender cualquier material adecuado, que conecta el colector de corriente catódica 410 de la celda 401 al colector de corriente anódica 402 de la celda 403. La batería de cable de cuatro cordones 400 comprende también un aislante iónico y eléctrico 407 que rodea las dos celdas 401 y 403. La interconexión en serie duplica la salida de tensión nominal de la batería 400. Las conexiones en serie cambian la salida de tensión, mientras que las disposiciones en paralelo cambian la capacidad. El electrodo positivo de la carga 200 está conectado al colector de corriente catódica 410 de la celda 403 y el terminal negativo de la carga 200 está conectado al ánodo de la celda 401 para completar el circuito. Cabe destacar que estas tienen sólo fines ilustrativos, y que son posibles diversas otras configuraciones.

15 En algunas formas de realización ejemplares de la presente invención, puede ser deseable montar y/o almacenar una batería de cable en un estado esencialmente descargado o inactivo que pueda cargarse o activarse más tarde antes de su uso como fuente de alimentación. Una razón para hacerlo sería limitar reacciones secundarias o cambios morfológicos indeseables en los materiales utilizados. Por ejemplo, es bien conocido que los electrodos de cinc experimentan una lenta reacción secundaria con el agua en presencia de un electrolito acuoso que produce óxido de cinc y gas hidrógeno. Se sabe que algunos materiales de carbono catalizan esta reacción secundaria. Además, se sabe que algunas especies iónicas migran dentro de las celdas electroquímicas, lo que puede influir en el rendimiento y/o el tiempo de vida útil de la celda.

25 Formando la batería con un precursor anódico, tal como partículas de óxido de cinc, y con un precursor catódico adecuado, tal como partículas de plata metálica, puede producirse una batería de cable latente que contenga poco o nada de cinc metálico susceptible de reacciones secundarias adversas. Una batería de cable latente de este tipo puede almacenarse por separado o integrarse en cualquier dispositivo que pueda almacenarse durante un cierto período de tiempo antes de que el dispositivo se ponga en uso. Antes de su uso, se inicia un primer ciclo de carga (formación) para formar los electrodos (ánodo y cátodo) a partir de sus respectivos precursores. Un beneficio adicional de este método es que se dispone en el mercado de diferentes morfologías de materiales de precursor anódico y de precursor catódico en diferentes grados de pureza que pueden no estar fácilmente disponibles para los correspondientes materiales catódicos y anódicos. Por ejemplo, puede disponerse de materiales de muy alta pureza o nanopartículas, nanocables, o escamas con altas relaciones de aspecto, como materiales precursores del cátodo y/o el ánodo. Formando una batería de cable latente con tales materiales, la elaborabilidad y manufacturabilidad de una batería de cable de la presente invención pueden hacerse más deseables de varias maneras. Además, empleando esta metodología pueden eliminarse sustancialmente aspectos preocupantes acerca del período de validez y la autodescarga de la batería durante el período de validez.

40 Según las formas de realización ejemplares descritas en el presente documento, la batería de cable puede cortarse a medida utilizando multitud de dispositivos. Por ejemplo, la batería de cable puede cortarse a medida para adaptarse a un dispositivo en particular utilizando multitud de dispositivos de corte tipo cizalla, sin embargo, debe hacerse de manera que no se cree un cortocircuito entre el ánodo y el cátodo o el colector de corriente anódica y el colector de corriente catódica. En general, deben sostenerse dos lados de la batería de cable, a continuación, puede realizarse un corte por cizalladura controlado, por ejemplo, con una hoja de afeitar, perpendicularmente al eje central del cable. En algunos casos, este corte por cizalladura puede recorrer toda la longitud de la batería de cable. En otros casos, puede ser deseable detener el corte por cizalladura en el cable o cables centrales. Puede hacerse un corte circunferencial, por ejemplo, haciendo rotar una batería de un solo cable alrededor de su eje central mientras se lleva simultáneamente una hoja afilada hacia abajo perpendicularmente al eje central del cable, deteniéndose cuando la hoja haga intersección aproximadamente con el alambre metálico. Pueden hacerse dos de tales cortes a poca distancia uno de otro, y puede eliminarse el material entre los dos cortes circunferenciales utilizando cualquier medio conveniente, por ejemplo, raspado, abrasión, chorro de agua, y similares, exponiendo así el alambre metálico central para su posterior corte y/o interconexión. Un medio alternativo para cortar a medida una batería de cable es un proceso de corte, por ejemplo, utilizando unas tenazas o alicates de corte diagonal. Los métodos anteriormente mencionados para cortar una batería de cable no son de ninguna manera exhaustivos, y puede utilizarse cualquier método adecuado y disponible, siempre que el corte resultante no cortocircuite la celda o celdas.

55 La batería de cable puede incorporarse en un dispositivo de manera que evite la necesidad de una capa aislante discreta. La batería de cable puede cortarse y formarse con la forma deseada, a continuación, situarse sobre o dentro del dispositivo utilizando cualquier medio adecuado, por ejemplo, utilizando un adhesivo curable con UV, y a continuación, haciendo las interconexiones eléctricas, por ejemplo, con soldadura o epoxy conductora. Como alternativa, pueden hacerse las interconexiones antes de fijar la batería de cable en su posición deseada. Debe entenderse que al utilizar una batería de cable de un solo cable o de múltiples cordones sin un aislante de tal manera, el electrolito podría quedar expuesto a las porciones adyacentes del dispositivo. Por lo tanto, puede ser necesario asegurar que otras porciones del dispositivo estén diseñadas para ser compatibles con el electrolito concreto, que podría ser corrosivo o reactivo. En tales casos, puede ser deseable formar una capa aislante *in situ*, por ejemplo, utilizando un revestimiento conforme o un compuesto de encapsulamiento. De esta manera, el material

aislante debe mantener aún los atributos deseables de la capa de aislante integral descritos anteriormente; a saber, que sea permeable al agua y al gas. Se dispone en el mercado de revestimientos conformes y/o compuestos de encapsulamiento adecuados de gran diversidad de proveedores. El material aislante puede variarse sin limitación según el uso y los requisitos previstos del dispositivo.

5 Al fabricar baterías o celdas de batería según la presente invención, cabe destacar que puede utilizarse una gran variedad de materiales y procesos de fabricación. En general, los materiales seleccionados y los procesos utilizados deben combinarse para fabricar una batería que ofrezca una buena manipulación mecánica y un buen rendimiento eléctrico mediante un proceso que sea seguro, fiable y repetible. El material o materiales que forman cada uno de los componentes de la batería se seleccionan preferentemente para satisfacer estos criterios de diseño, así como para cumplir con los criterios de salida eléctrica necesaria para alimentar el dispositivo, y que sean mecánica y químicamente compatibles con el dispositivo a alimentar. Por consiguiente, una vez seleccionados los materiales, se requieren ensayos para determinar si los componentes de la batería están respondiendo como se desea. Por lo tanto, deben desarrollarse metodologías y dispositivos de ensayo para adaptarse a estos nuevos dispositivos. Además, el proceso de fabricación de baterías según la presente invención implica optimizar las técnicas de procesamiento, una vez seleccionados y ensayados los materiales y los perfiles deseados. Por último, interconectar las baterías de manera que ello no las cambie ni destruya parcialmente de ninguna manera debe tenerse en cuenta a la hora de integrarlas en el dispositivo en el que van a utilizarse.

20 Aunque se han mostrado y descrito las que se considera son las formas de realización más prácticas y preferentes, es evidente que a los expertos en la técnica se les ocurrirán desviaciones de los diseños y métodos específicos descritos y mostrados, y pueden utilizarse sin alejarse del alcance de la invención. La presente invención no se restringe a las estructuras concretas descritas e ilustradas, sino que debe construirse para que sea coherente con todas las modificaciones que puedan pertenecer al alcance de las reivindicaciones adjuntas.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Reivindicaciones

1. Celda de batería electroquímica (100) que comprende:
 - 5 un colector de corriente anódica (102) configurado como un cable con un perfil de sección transversal predeterminada;
 - una capa anódica (104) formada y situada alrededor de al menos una porción del colector de corriente anódica (102);
 - una capa separadora (106) formada y situada alrededor de al menos una porción de la capa anódica (104);
 - 10 una capa catódica (108) formada y situada alrededor de al menos una porción de la capa separadora (106), estando configurada la capa separadora (106) para evitar el contacto eléctrico entre la capa anódica (104) y la capa catódica (108);
 - un colector de corriente catódica (110) formado y situado alrededor de al menos una porción de la capa catódica (108);
 - 15 un electrolito que establece la conductividad iónica entre la capa anódica (104) y la capa catódica (108); y en la que la capa anódica (104) comprende partículas de cinc dispersas en una matriz polimérica.
2. Celda de batería electroquímica según la reivindicación 1, en la que el colector de corriente anódica (102) comprende:
 - 20 a) un material no conductor cubierto al menos parcialmente con un material conductor, o
 - b) un material a base de carbono.
3. Celda de batería electroquímica según la reivindicación 2 a), en la que el colector de corriente anódica comprende un material metálico.
4. Celda de batería electroquímica (100) según la reivindicación 1, en la que la capa separadora (106) comprende un material polimérico permeable a los electrolitos, no conductor de la electricidad.
5. Celda de batería electroquímica (100) según la reivindicación 1, en la que la capa catódica (108) comprende al menos uno de entre Ag_2O y MnO_2 en combinación con grafito en un aglutinante polimérico permeable a los iones.
6. Celda de batería electroquímica (100) según la reivindicación 1, en la que el colector de corriente catódica (110) comprende al menos uno de entre polímeros cargados con grafito, plata y níquel.
7. Celda de batería electroquímica (100) según la reivindicación 6, en la que los polímeros incluyen fluoropolímeros o siliconas conductoras.
8. Celda de batería electroquímica (100) según la reivindicación 1 en la que:
 - 40 la capa anódica (104) está formada a partir de un material reductor precursor que puede convertirse en un material reductor; y
 - la capa catódica (108) está formada a partir de un material oxidante precursor que puede convertirse en un material oxidante.
9. Celda de batería electroquímica según la reivindicación 1, o la reivindicación 8, que comprende adicionalmente una capa aislante (112) formada y situada alrededor de al menos una porción del colector de corriente catódica (110).
10. Celda de batería electroquímica (300) que comprende:
 - 50 por lo menos un colector de corriente anódica (302) configurado como un cable con un perfil de sección transversal predeterminada;
 - por lo menos un colector de corriente catódica (310) configurado como un cable con un perfil de sección transversal predeterminada, estando situado el por lo menos un colector de corriente catódica (310) adyacente al por lo menos un colector de corriente anódica (302) y separado una distancia predeterminada, en la que cada uno del por lo menos un colector de corriente anódica (302) y el por lo menos un colector de corriente catódica (310) están configurados como pares;
 - 55 una capa anódica (304) formada y situada alrededor de al menos una porción del por lo menos un colector de corriente anódica (302);
 - una capa catódica (308) formada y situada alrededor de al menos una porción del por lo menos un colector de corriente catódica (310);
 - 60 una capa separadora (306) formada y situada alrededor de una porción de la capa anódica (304) y de la capa catódica (308), estando configurada la capa separadora (306) para evitar el contacto eléctrico entre la capa anódica (304) y la capa catódica (308); y
 - 65 un electrolito que establece la conductividad iónica entre la capa anódica (304) y la capa catódica (308),

en la que la capa anódica (104) comprende partículas de cinc dispersas en una matriz polimérica.

11. Celda de batería electroquímica según la reivindicación 10 en la que:

5 la capa anódica está formada a partir de un material reductor precursor que puede convertirse en un material reductor; y
la capa catódica está formada a partir de un material oxidante precursor que puede convertirse en un material oxidante.

10 12. Celda de batería electroquímica según la reivindicación 10 o la reivindicación 11, que comprende adicionalmente una capa aislante (312) formada y situada alrededor de al menos una porción de la capa separadora (306).

13. Celda de batería electroquímica (100) que comprende:

15 un colector de corriente catódica (102) configurado como un cable con un perfil de sección transversal predeterminada;
una capa catódica (104) formada y situada alrededor de al menos una porción del colector de corriente catódica (102);
20 una capa separadora (106) formada y situada alrededor de al menos una porción de la capa catódica (104);
una capa anódica (108) formada y situada alrededor de al menos una porción de la capa separadora (106), estando configurada la capa separadora para evitar el contacto eléctrico entre la capa catódica y la capa anódica;
un colector de corriente anódica (110) formado y situado alrededor de al menos una porción de la capa anódica (108);
25 un electrolito que establece la conductividad iónica entre la capa catódica (104) y la capa anódica (108); y
en la que la capa anódica (104) comprende partículas de cinc dispersas en una matriz polimérica.

14. Celda de batería electroquímica (100) según la reivindicación 1, en la que el colector de corriente anódica (102) comprende:

30 a) un material no conductor cubierto al menos parcialmente con un material conductor, o
b) un material a base de carbono.

15. Celda de batería electroquímica (100) según la reivindicación 13 ó 14 en la que:

35 la capa catódica (104) está formada a partir de un material oxidante precursor que puede convertirse en un material oxidante; y
la capa anódica (108) está formada a partir de un material reductor precursor que puede convertirse en un material reductor.

40 16. Celda de batería electroquímica según la reivindicación 13, 14 ó 15, que comprende adicionalmente una capa aislante (112) formada y situada alrededor de al menos una porción del colector de corriente anódica (110).

45 17. Dispositivo que incorpora una celda de batería electroquímica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende:

50 un componente alimentable que tiene al menos un conjunto de contactos eléctricos positivos y negativos; y
una celda de batería electroquímica en forma de cable (100, 300) incorporada en o sobre el componente alimentable, teniendo la celda de batería electroquímica en forma de cable (100, 300) un colector de corriente anódica (102, 302) y un colector de corriente catódica (110, 310) interconectados al por lo menos un conjunto de contactos eléctricos positivos y negativos, formando así un circuito completo.

18. Método para formar una celda electroquímica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores para su uso con un dispositivo, comprendiendo el método:

55 sacar una longitud de una celda de batería electroquímica en forma de cable a partir de un suministro de la celda de batería electroquímica en forma de cable, comprendiendo la celda de batería electroquímica en forma de cable un colector de corriente anódica y un colector de corriente catódica;
60 separar una longitud predeterminada de la celda de batería electroquímica en forma de cable a partir del suministro de la celda de batería electroquímica en forma de cable;
proporcionar una porción del colector de corriente anódica y del colector de corriente catódica para hacer contacto eléctrico con un dispositivo a alimentar; y dar a la celda de batería electroquímica en forma de cable una forma predeterminada para su uso con el dispositivo a alimentar.

65

FIG. 1

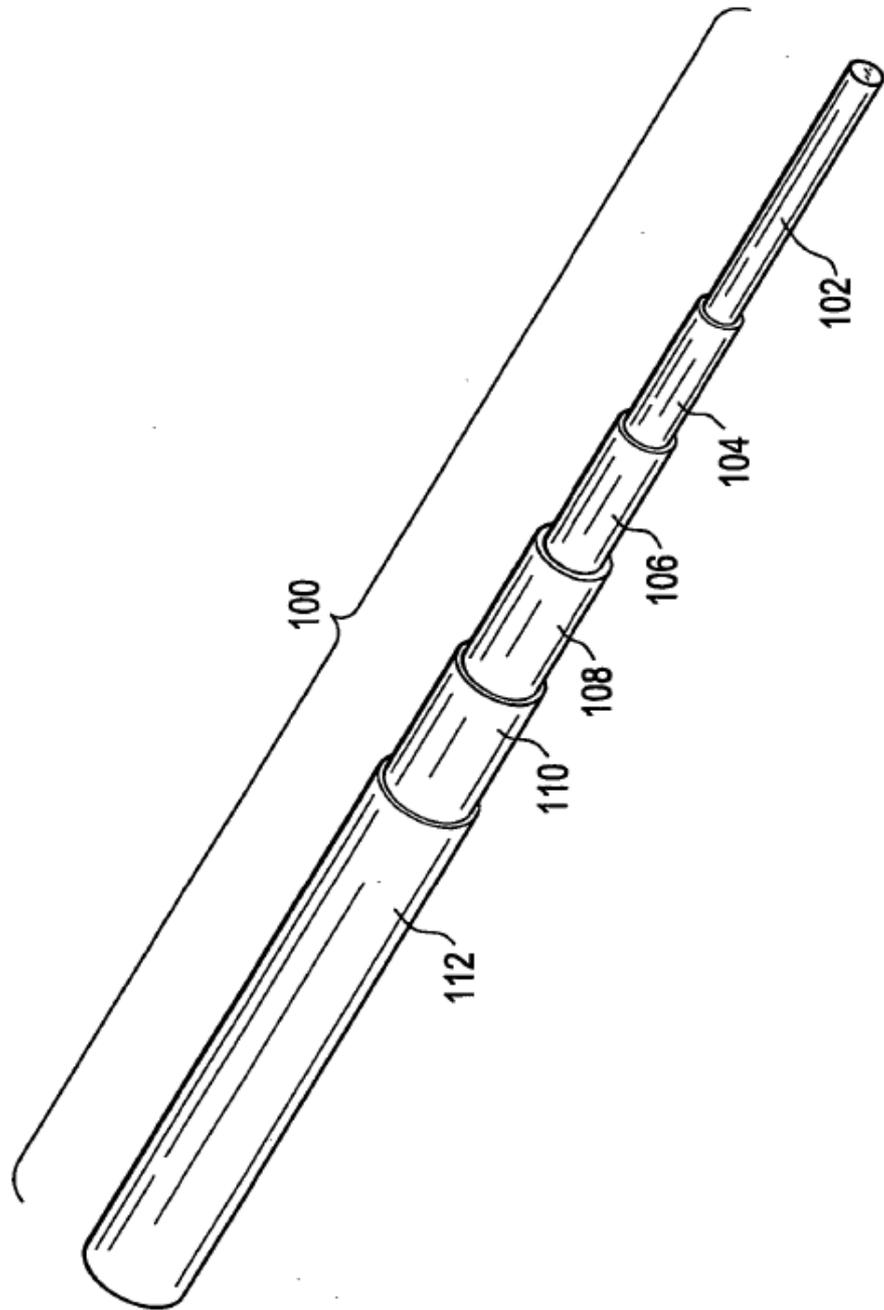
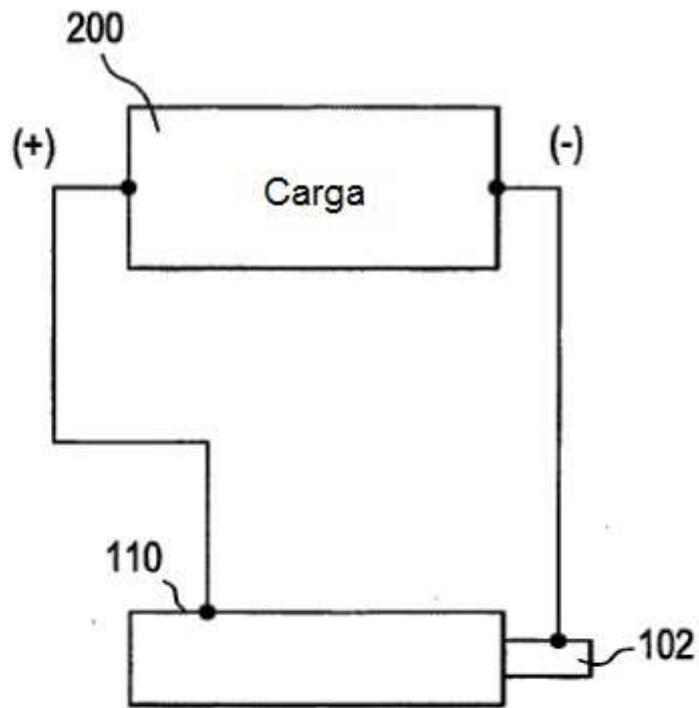


FIG. 2



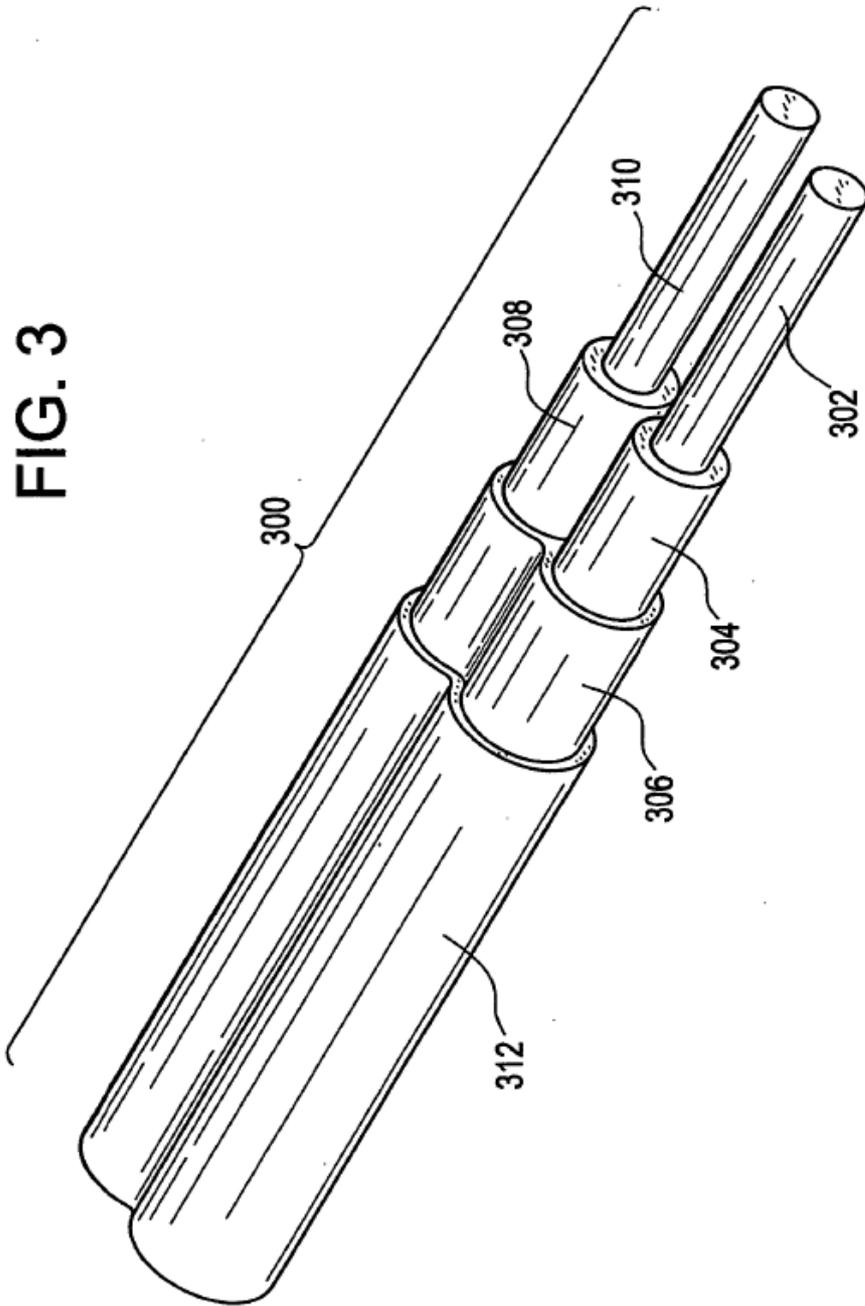


FIG. 4

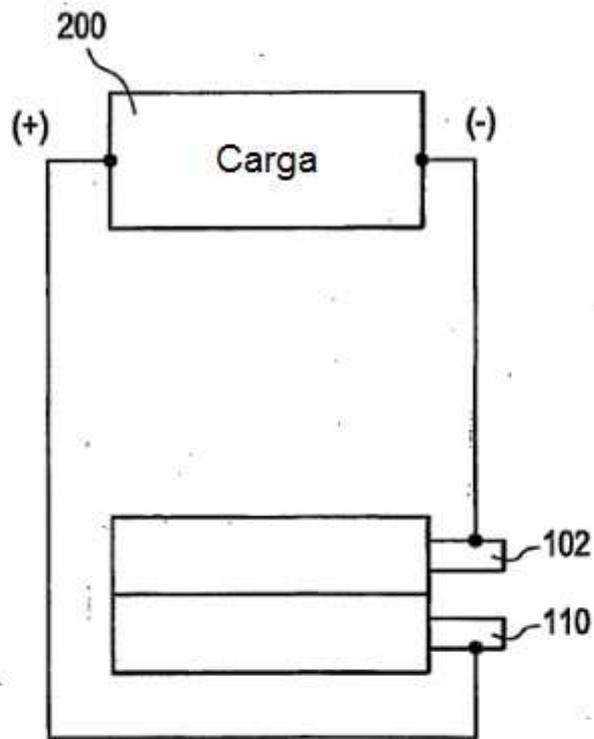


FIG. 5

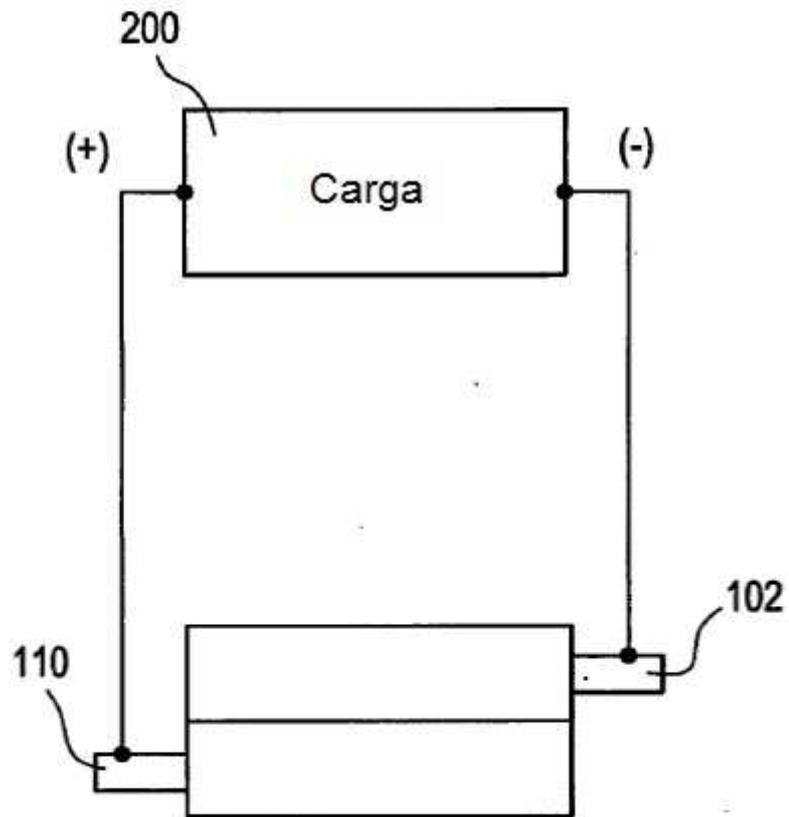


FIG. 6

