

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 913 714**

51 Int. Cl.:

H01M 4/13 (2010.01)
H01M 4/70 (2006.01)
H01G 9/07 (2006.01)
H01G 11/28 (2013.01)
H01G 11/36 (2013.01)
B82Y 99/00 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.04.2013** **PCT/FI2013/050408**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.11.2013** **WO13171363**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2013** **E 13791548 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.04.2022** **EP 2850678**

54 Título: **Un aparato y métodos asociados**

30 Prioridad:

18.05.2012 US 201213475190

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

03.06.2022

73 Titular/es:

LYTEN, INC. (100.0%)
145 Baytech Drive
San Jose, CA 95134-2303, US

72 Inventor/es:

LIU, YINGLIN;
HIRALAL, PRITESH;
ROUVALA, MARKKU;
ANDREW, PIERS y
RYHÄNEN, TAPANI

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 913 714 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

Un aparato y métodos asociados

Campo técnico

5 La presente descripción se refiere al campo de la electrónica, aparatos y métodos asociados y, en particular, se refiere a los electrodos de baterías y supercondensadores. Determinados aspectos/realizaciones descritos se refieren a dispositivos electrónicos portátiles, en particular, los denominados dispositivos electrónicos portátiles de mano que pueden ser de mano durante su uso (aunque se pueden ubicar en soporte durante su uso). Tales dispositivos electrónicos portátiles de mano incluyen los denominados Asistentes Personales Digitales (PDA).

10 Los dispositivos/aparatos electrónicos portátiles según uno o más aspectos/realizaciones descritos pueden proporcionar una o más funciones de comunicación de audio/texto/vídeo (p. ej., funciones de telecomunicación, videocomunicación y/o transmisión de texto, Servicio de Mensajes Cortos (SMS)/Servicio de Mensajes Multimedia (MMS)/correo electrónico, funciones de visualización interactivas/no interactivas (p. ej., funciones de búsqueda de información en la web, navegación, visualización de TV/programas), funciones de grabación/reproducción de música (p. ej., MP3 u otro formato y/o grabación/reproducción de radiodifusión (FM/AM), funciones de descarga/envío de
15 datos, función de captura de imágenes (p. ej., utilizando una cámara digital (p. ej., incorporada)), y funciones de juego.

Antecedentes

La creciente capacidad y funcionalidad de los dispositivos electrónicos portátiles plantea una demanda cada vez mayor de medios de almacenamiento de energía e impulsa el avance tecnológico en la tecnología de baterías y condensadores. Los dispositivos portátiles de próxima generación pueden requerir baterías y condensadores de
20 estado sólido con alta densidad de alimentación y flexibilidad para satisfacer las diversas necesidades de alimentación y diseño. Así mismo, con el fin de satisfacer las demandas de volumen de la industria, los medios de almacenamiento de energía deben ser capaces de producción en masa a un coste razonable.

Los supercondensadores cierran la brecha entre las baterías y los condensadores electrolíticos convencionales y abren un nuevo abanico de posibilidades para aplicaciones que demandan alimentación. Los supercondensadores ofrecen nuevas oportunidades para los dispositivos móviles, con posibles usos y mejoras, por ejemplo, en el flash de la cámara, el rendimiento de audio y RF, además de ayudar a prolongar la vida útil de la batería mediante el suministro de picos de corriente. Un parámetro fundamental de los supercondensadores es la resistencia interna. La densidad de alimentación de un supercondensador, $P_{\text{máx}}$, se puede dar como $P_{\text{máx}} = U^2/(4 \times \text{ESR} \times M)$, donde U es la tensión nominal de la celda (V), ESR es la resistencia equivalente en serie y M es la masa total de los electrodos. Por lo tanto,
25 mantener el valor de ESR lo más bajo posible puede resultar beneficioso para aplicaciones de alta corriente.

El aparato y los métodos asociados descritos en la presente memoria pueden abordar, o no, una o más de estas cuestiones.

La enumeración o exposición de un documento publicado anteriormente o cualesquiera antecedentes en esta memoria descriptiva no se debería tomar necesariamente como un reconocimiento de que el documento o antecedentes son
35 parte del estado de la técnica o es conocimiento general común. Uno o más aspectos/realizaciones de la presente descripción pueden abordar, o no, una o más de las cuestiones antecedentes.

El documento US2012/025787 describe un aparato que comprende una placa de circuito rígido-flexible y un electrolito. La placa de circuito rígido-flexible comprende una primera y una segunda regiones conectadas física y eléctricamente entre sí mediante una región flexible. La región flexible comprende una primera y una segunda secciones,
40 comprendiendo, cada una, una capa eléctricamente conductora y un elemento capacitivo.

El documento US2008/218938 describe un colector de corriente para su uso en un condensador electroquímico de doble capa eléctrica que tiene un electrolito de ácido sulfúrico. El colector de corriente utiliza una base de carbono conductor (p. ej., una lámina de grafito) con conductividad de tipo p. Una película protectora cubre al menos una porción de la base de lámina de grafito.

45 El documento US2008/151472 describe un condensador electroquímico de doble capa (EDLC). El EDLC puede incluir un primer y un segundo electrodos polarizables multicapa dispuestos dentro de una carcasa. Cada electrodo polarizable multicapa puede incluir una capa de carbono nanoporoso y una capa colectora de corriente metálica que incluye un sustrato metálico que tiene una primera superficie y una segunda superficie. La primera superficie puede estar cubierta por la capa de carbono nanoporoso. Un electrolito orgánico se puede impregnar dentro de la capa de
50 carbono nanoporoso.

Compendio

Según un primer aspecto, se proporciona un electrodo, comprendiendo el electrodo:

una capa conductora configurada para actuar, durante su uso, como colector de carga para proporcionar una trayectoria eléctrica para la carga generada y/o almacenada a través de la capa conductora;

una capa de barrera, estando la capa de barrera configurada para cubrir una porción de una superficie de dicha capa conductora de tal manera que, cuando el electrodo está en contacto con un electrolito, se impide que el electrolito entre sustancialmente en contacto con, y corroa, la capa conductora en la porción cubierta; y

- 5 un elemento de electrodo activo configurado para su uso en la generación y/o el almacenamiento de carga, estando el elemento de electrodo activo situado en una porción no cubierta de dicha superficie en contacto eléctrico con la capa conductora para impedir que el electrolito entre sustancialmente en contacto con, y corroa, la capa conductora en la porción no cubierta y para que también quede expuesto a dicho electrolito para permitir la generación y/o el almacenamiento de carga y proporcionar la carga generada/almacenada a la capa conductora, impidiéndose que el electrolito entre sustancialmente en contacto con, y corroa, la capa conductora únicamente mediante la capa de barrera o mediante el elemento de electrodo activo.

La capa de barrera puede ser un aislante eléctrico.

- 15 El material activo puede comprender uno o más de los siguientes: carbono activado, nanopartículas de carbono, nanotubos de carbono, nanocuernos de carbono, una red de nanotubos de carbono, grafeno, plaquetas de grafeno, nanoalambres de metal, una malla de nanoalambres de metal, nanoalambres semiconductores, una malla de nanoalambres semiconductores y nanopartículas de óxido metálico.

Una porción de la capa conductora no cubierta por la capa de barrera se puede configurar para actuar como contacto eléctrico para la conexión a los componentes eléctricos de un circuito.

La capa conductora puede comprender cobre.

La capa de barrera puede comprender uno o más de plástico, polímero, poliimida, poliéster, poliuretano y polietileno.

- 20 La capa de barrera se puede unir a la capa conductora utilizando adhesivo. El adhesivo puede comprender un adhesivo epoxi o un adhesivo de base acrílica. La capa de barrera se puede configurar para adherirse directamente sobre la capa conductora.

Una o más de la capa conductora y la capa de barrera se pueden formar a partir de capas respectivas de una placa de circuito. La placa de circuito puede ser una placa rígida, una placa rígido-flexible o una placa flexible.

- 25 Un aparato puede comprender:

un primer y un segundo electrodos, siendo al menos un electrodo un electrodo según el primer aspecto, en donde el aparato está configurado de tal manera que se define una cámara entre el primer y el segundo electrodos, comprendiendo la cámara el electrolito.

- 30 El aparato puede ser uno o más de un aparato de almacenamiento eléctrico, circuitería para un aparato de almacenamiento eléctrico, y un módulo para un aparato de almacenamiento eléctrico (p. ej., batería o condensador). El aparato puede formar parte de un dispositivo electrónico portátil o parte de un módulo para un dispositivo electrónico portátil. El dispositivo electrónico portátil puede ser un dispositivo de telecomunicaciones portátil.

- 35 El aparato de almacenamiento eléctrico puede comprender un primer y un segundo electrodos y un electrolito. Al menos el primer electrodo puede ser cualquier electrodo descrito en la presente memoria. El electrolito se puede configurar para permitir la transferencia de iones móviles (o carga) hacia y/o desde el primer y/o el segundo electrodos para permitir la generación y/o el almacenamiento de energía eléctrica.

- 40 El aparato de almacenamiento eléctrico puede ser una batería o un condensador (p. ej., un supercondensador). El aparato de almacenamiento eléctrico puede ser una batería de metal de litio, una batería de iones de litio, un condensador de iones de litio u otro condensador electroquímico basado en un portador de carga (supercondensador o ultracondensador), tal como un supercondensador electroquímico basado en transporte de iones de cloruro (Cl). El aparato de almacenamiento eléctrico puede formar parte de un dispositivo electrónico portátil o parte de un módulo para un dispositivo electrónico. El dispositivo electrónico portátil puede ser un dispositivo de telecomunicaciones portátil.

El primer y el segundo electrodos se pueden sellar entre sí para contener el electrolito dentro de la cámara.

- 45 Uno o más componentes eléctricos pueden estar conectados física y eléctricamente a uno o ambos del primer y el segundo electrodos para permitir el suministro de energía eléctrica a dichos uno o más componentes eléctricos.

El electrolito puede comprender uno o más de carbonato de propileno, tetrafluoroborato de tetraetilamonio, una solución acuosa de cloruro de potasio.

El aparato puede comprender un separador entre el primer y el segundo electrodos.

- 50 El aparato puede ser al menos uno de los siguientes: una batería, un condensador, un supercondensador, un ultracondensador, un condensador electroquímico basado en transporte de iones y un híbrido batería-condensador.

Según un aspecto adicional, se proporciona un método de fabricación de un electrodo, comprendiendo el método:

proporcionar una capa conductora configurada para actuar, durante su uso, como colector de carga para proporcionar una trayectoria eléctrica para la carga generada y/o almacenada a través de la capa conductora;

5 proporcionar una capa de barrera, estando la capa de barrera configurada para cubrir una porción de una superficie de dicha capa conductora de tal manera que, cuando el electrodo está en contacto con un electrolito, se impide que el electrolito entre sustancialmente en contacto con, y corroa, la capa conductora en la porción cubierta; y

10 proporcionar un elemento de electrodo activo configurado para su uso en la generación y/o el almacenamiento de carga, estando el elemento de electrodo activo situado en una porción no cubierta de dicha superficie en contacto eléctrico con la capa conductora para impedir que el electrolito entre sustancialmente en contacto con, y corroa, la capa conductora en la porción no cubierta y para que también quede expuesto a dicho electrolito para permitir la generación y/o el almacenamiento de carga y proporcionar la carga generada/almacenada a la capa conductora, impidiéndose que el electrolito entre sustancialmente en contacto con, y corroa, la capa conductora únicamente mediante la capa de barrera o mediante el elemento de electrodo activo.

La capa de barrera se puede proporcionar utilizando una técnica de laminación de circuito impreso flexible.

15 El método puede comprender:

grabar parte de una capa de barrera de la superficie de la capa conductora para proporcionar la porción no cubierta; y

proporcionar el elemento de electrodo activo sobre la porción no cubierta.

20 La capa de barrera se puede proporcionar grabando una capa de cobertura. En primer lugar, se lamina la capa de cobertura (p. ej., que comprende una capa eléctricamente aislante tal como poliimida u otro plástico), utilizando un proceso estándar de circuito impreso flexible (FPC), sobre la parte superior de una capa de base de cobre. Después, se utiliza un proceso de grabado para eliminar una o más porciones de la capa de cobertura. Por ejemplo, se pueden eliminar porciones de la capa de cobertura en áreas destinadas al acceso al transporte de iones (electrolito) (en un área del colector de corriente que se cubrirá más tarde con carbono activo (AC) u otros materiales porosos para formar el área de superficie activa) y/o para contactos eléctricos.

25 La capa de barrera se puede proporcionar utilizando litografía. Una porción de la capa de barrera se puede eliminar utilizando un grabado para crear la porción descubierta.

La capa de barrera puede, o no, ser más químicamente resistente al electrolito que la capa conductora.

30 El electrolito puede ser un electrolito sólido o en gel. El electrolito sólido o en gel puede comprender oxinitruro de fósforo y litio. El electrolito puede ser un electrolito de polímero. El polímero puede comprender uno o más de los siguientes: derivados de poli(óxido de etileno) y grupos éster de borato.

Las etapas de cualquier método descrito en la presente memoria no se tienen que realizar en el orden exacto descrito, a menos que se exprese explícitamente.

Según un aspecto adicional, se proporciona un programa informático para controlar la fabricación de un electrodo, comprendiendo el programa informático un código informático configurado para controlar uno o más de:

35 proporcionar una capa conductora configurada para actuar, durante su uso, como colector de carga para proporcionar una trayectoria eléctrica para la carga generada y/o almacenada a través de la capa conductora;

proporcionar una capa de barrera, estando la capa de barrera configurada para cubrir una porción de una superficie de dicha capa conductora de tal manera que, cuando el electrodo está en contacto con un electrolito, se impide que el electrolito entre sustancialmente en contacto con, y corroa, la capa conductora en la porción cubierta; y

40 proporcionar un elemento de electrodo activo configurado para su uso en la generación y/o el almacenamiento de carga, estando el elemento de electrodo activo situado en una porción no cubierta en contacto eléctrico con la capa conductora para impedir que el electrolito entre sustancialmente en contacto con, y corroa, la capa conductora en la porción no cubierta y para que también quede expuesto a dicho electrolito para permitir la generación y/o el almacenamiento de carga y proporcionar la carga generada/almacenada a la capa conductora.

45 La presente descripción incluye uno o más aspectos, realizaciones o características correspondientes de manera aislada o en diversas combinaciones, ya sea que se expresen, o no, específicamente (incluidas las reivindicadas) en esa combinación o de manera aislada. Los medios correspondientes para realizar una o más de las funciones expuestas también se encuentran dentro de la presente descripción.

El compendio anterior pretende ser meramente a modo de ejemplo y no limitante.

50

Breve descripción de las figuras

A continuación, se brinda una descripción, únicamente a modo de ejemplo, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1a ilustra el proceso de descarga de una batería convencional;
- 5 la figura 1b ilustra el proceso de carga de una batería convencional;
- la figura 2a ilustra el proceso de carga de un supercondensador;
- la figura 2b ilustra el proceso de descarga de un supercondensador;
- la figura 3a ilustra una realización de un electrodo;
- la figura 3b ilustra dos placas de circuito impreso flexibles que comprenden la realización del electrodo y un separador;
- 10 la figura 3c ilustra un aparato de almacenamiento eléctrico que comprende un electrolito sólido o en gel y una formulación de electrodo descrita en la presente memoria;
- la figura 3d ilustra una placa de circuito impreso flexible que comprende una realización similar a la de la figura 3a;
- la figura 4a ilustra una realización de un electrodo;
- la figura 4b ilustra un aparato de almacenamiento eléctrico que comprende un electrolito sólido o en gel y una formulación de electrodo descrita en la presente memoria;
- 15 la figura 5 es un diagrama de flujo de un procedimiento para proporcionar un electrodo;
- la figura 6 ilustra esquemáticamente un medio legible por ordenador que proporciona un programa;
- las figuras 7a-c muestran los resultados experimentales.

Descripción de aspectos/realizaciones específicos

- 20 En los circuitos eléctricos, se utilizan baterías y condensadores para proporcionar alimentación eléctrica a otros componentes. Estos suministros de alimentación funcionan de maneras bastante diferentes, sin embargo.

Las baterías utilizan reacciones *electroquímicas* para *generar* electricidad. El proceso de descarga de una batería convencional se muestra en la figura 1a. Las baterías comprenden dos terminales eléctricos (electrodos 104a, 104b) separados por un electrolito 131. Una batería también puede contener un separador 106 para impedir el contacto físico directo entre los electrodos, lo cual es particularmente importante cuando se utilizan electrolitos líquidos. En el electrodo negativo (el ánodo 104a), tiene lugar una reacción de oxidación que produce electrones. Estos electrones fluyen alrededor de un circuito externo 195 (indicado mediante las flechas 104) desde el ánodo 104a hasta el electrodo positivo (el cátodo 104b) permitiendo que tenga lugar una reacción de reducción en el cátodo 104b. El flujo de electrones se puede utilizar para alimentar uno o más componentes eléctricos 196 en el circuito externo 195. Las reacciones de oxidación y de reducción pueden continuar hasta que los reactivos se hayan convertido por completo. Cabe destacar, empero, que, a menos que los electrones sean capaces de fluir desde el ánodo 104a hasta el cátodo 104b a través del circuito externo 195, las reacciones electroquímicas no pueden tener lugar. Esto permite que las baterías almacenen electricidad durante largos períodos de tiempo. A medida que los electrones fluyen alrededor del circuito externo desde el ánodo 104a hasta el cátodo 104b, se desarrolla una nube de carga negativa en el electrolito 131 alrededor del cátodo 104b y se desarrolla una nube de carga positiva en el electrolito 131 alrededor del ánodo 104a. Unos iones positivos 137 y negativos 138 en el electrolito 131 se mueven para neutralizar estas nubes de carga, permitiendo que las reacciones, así como el flujo de electrones, continúen. Sin los iones 137, 138 del electrolito 131, las nubes de carga alrededor de cada electrodo 104a, 104b inhibirían la generación de electricidad.

- Una celda primaria es cualquier tipo de batería en la que la reacción electroquímica no es reversible. Estas se utilizan como baterías desechables. Con baterías secundarias, por otro lado, la reacción electroquímica es reversible, lo cual significa que los reactivos químicos se pueden restaurar a su estado original. Estas se utilizan como baterías recargables. El proceso de carga de una batería recargable convencional se muestra en la figura 1b. Para cargar la batería, se aplica una diferencia de potencial entre el ánodo 104a y el cátodo 104b. El terminal positivo del cargador 109 extrae electrones del cátodo 104b y los devuelve al ánodo 104a (indicado mediante las flechas 111), lo cual induce reacciones químicas en la interfase electrodo-electrolito. De nuevo, para compensar la transferencia de carga, los iones positivos 107 y negativos 108 en el electrolito 131 se mueven entre los electrodos 104a, 104b en direcciones opuestas a las anteriores.

La corriente y la tensión generadas por una batería dependen de los materiales utilizados para los electrodos y el electrolito. La capacidad de un material para perder o ganar electrones con respecto a otro material se conoce como potencial de electrodo. Las fuerzas de los agentes oxidantes y reductores vienen indicadas por sus potenciales de

electrodo estándares. Los materiales con un potencial de electrodo positivo de relatividad se utilizan para formar el ánodo, mientras que aquellos con un potencial de electrodo negativo de relatividad se utilizan para formar el cátodo. Cuanto mayor sea la diferencia entre los potenciales de ánodo y de cátodo, mayor es la cantidad de energía eléctrica que puede producir la celda. Por ejemplo, el litio aparece en la parte superior de la serie electroquímica (gran potencial de electrodo negativo), lo cual indica que es un fuerte agente reductor. De igual modo, el flúor aparece en la parte inferior de la serie electroquímica (gran potencial de electrodo positivo), lo cual indica que es un fuerte agente oxidante.

Como resultado del alto potencial de electrodo del litio, las baterías de litio son capaces de producir tensiones de casi 4 V, más del doble de la tensión de una batería de zinc-carbono o alcalina. En función de la elección de los materiales para el ánodo, el cátodo y el electrolito, la corriente, la tensión, la capacidad, la vida útil y la seguridad de una batería de litio pueden cambiar drásticamente. Recientemente, se han empleado arquitecturas novedosas para mejorar el rendimiento de estas baterías. El litio puro es muy reactivo y reaccionará rigurosamente con el agua para formar hidróxido de litio y gas hidrógeno. Por este motivo, se utilizan electrolitos no acuosos y el agua se excluye estrictamente del paquete de batería utilizando un recipiente sellado.

Dicho esto, existen muchas baterías de litio diferentes debido a la baja reactividad del litio con una serie de cátodos y de electrolitos no acuosos. El término "batería de litio" se refiere a una familia de diferentes químicas que comprenden metal de litio o compuestos de litio como ánodo con un número de materiales diferentes para los cátodos y los electrolitos. Un material de carbono poroso a menudo sirve como colector de carga de cátodo para recibir electrones del circuito externo.

En una batería de iones de litio habitual, el ánodo está hecho a partir de carbono, el cátodo es un óxido metálico y el electrolito es una sal de litio en un disolvente orgánico. Comercialmente, el material de ánodo más popular es el grafito y el cátodo comprende, generalmente: un óxido en capas (tal como óxido de litio y cobalto), uno basado en un polianión (tal como fosfato de litio y hierro) o una espinela (tal como óxido de litio y manganeso). El electrolito es habitualmente una mezcla de carbonatos orgánicos tales como carbonato de etileno o carbonato de dietilo que contienen complejos de iones de litio. Estos electrolitos no acuosos a menudo comprenden sales de aniones no coordinantes, tales como hexafluorofosfato de litio (LiPF_6), monohidrato de hexafluoroarseniato de litio (LiAsF_6), perclorato de litio (LiClO_4), tetrafluoroborato de litio (LiBF_4) y triflato de litio (LiCF_3SO_3).

A diferencia de las baterías, los condensadores almacenan la carga *electrostáticamente* y *no* son capaces de generar electricidad. Un tipo relativamente nuevo de condensador conocido como "supercondensador" (también conocido como condensador de doble capa eléctrica, ultracondensador, pseudocondensador y condensador electroquímico de doble capa) ofrece un mayor almacenamiento de energía que un condensador electrolítico o convencional y se está volviendo cada vez más popular para aplicaciones electrónicas portátiles.

Las figuras 2a y 2b ilustran esquemáticamente los procesos de carga y descarga de un supercondensador, respectivamente. Los supercondensadores tienen un electrodo de cátodo 204b y un electrodo de ánodo 204a, comprendiendo cada uno una placa eléctricamente conductora 205 (colector de carga), las cuales están separadas por un electrolito 231. Cuando se utiliza un electrolito líquido, el supercondensador también puede comprender un separador 206 para impedir el contacto físico directo entre el cátodo y el ánodo. Las placas 205 están revestidas con un material poroso 207 (tal como carbono en polvo) para aumentar su área de superficie para un mayor almacenamiento de carga. Cuando un suministro de alimentación (cargador) aplica una diferencia de potencial entre los electrodos 204a, 204b, el electrolito 231 se polariza. El potencial del cátodo 204b atrae iones negativos 238 en el electrolito 231 y el potencial del ánodo 204a atrae iones positivos 237. Esto se muestra en la figura 2a.

A diferencia de las baterías, el potencial aplicado se mantiene por debajo de la tensión de ruptura del electrolito 231 para impedir que tengan lugar reacciones electroquímicas en la superficie de los electrodos 204a, 204b. Por este motivo, los supercondensadores no pueden *generar* electricidad como las celdas electroquímicas. Como resultado, ninguna corriente significativa puede fluir entre el electrolito 231 y los electrodos 204a, 204b. En su lugar, los iones 237, 238 en solución se disponen por sí mismos en las superficies de los electrodos 204a, 204b para reflejar la carga de superficie 216 y formar una "doble capa eléctrica" aislante. En una doble capa eléctrica (es decir, una capa de carga de superficie 216 y una capa de iones 237, 238), la separación de la carga de superficie 216 y los iones 237, 238 es, generalmente, del orden de nanómetros. La combinación de la doble capa eléctrica y el uso de un material de gran área de superficie 207 en la superficie de las placas 205 permite almacenar una gran cantidad de portadores de carga en la interfase electrodo-electrolito.

Para descargar el supercondensador (como se muestra en la figura 2b), se realiza una conexión eléctrica 295 entre los electrodos 204a, 204b cargados, lo que provoca que los electrones fluyan desde el ánodo hasta el cátodo a través del circuito externo (como indican las flechas 294). Este flujo de carga se puede utilizar para alimentar uno o más componentes eléctricos 296 en el circuito externo 295.

El carbono activado puede no ser el material más adecuado 207 para revestir las placas 205 del condensador, sin embargo. Los iones 237, 238 en solución son relativamente grandes en comparación con los poros del carbono y esto limita considerablemente el almacenamiento de energía. La investigación reciente en esta área se ha centrado en el uso de nanotubos de carbono y nanocuernos de carbono en su lugar, ambos de los cuales ofrecen áreas de superficie utilizable más altas que el carbono activado.

Los supercondensadores presentan varias ventajas sobre las baterías y, como resultado, se han inclinado para sustituir las baterías en muchas aplicaciones. Estos funcionan suministrando grandes ráfagas de corriente para alimentar un dispositivo y, luego, se recargan por sí mismos rápidamente. Su baja resistencia interna, o resistencia equivalente en serie (ESR), les permite entregar y absorber estas grandes corrientes, mientras que la resistencia interna más alta de una batería química tradicional puede provocar que la tensión de la batería colapse. También, mientras que una batería generalmente requiere un largo período de recarga, los supercondensadores se pueden recargar muy rápidamente, normalmente en cuestión de minutos. Estos también conservan su capacidad de mantener una carga mucho más tiempo que las baterías, incluso después de múltiples cargas. Cuando se combina con una batería, un supercondensador puede eliminar las demandas de energía instantáneas que normalmente se ubicarían en la batería, alargando, de este modo, la vida útil de la batería.

Mientras que las baterías a menudo requieren mantenimiento y únicamente pueden funcionar bien dentro de un intervalo de temperatura pequeño, los supercondensadores no requieren mantenimiento y funcionan bien en un amplio intervalo de temperatura. Los supercondensadores también tienen una vida útil más larga que las baterías y están diseñados para durar al menos hasta la vida útil de los dispositivos electrónicos que alimentan con su uso. Las baterías, por otro lado, habitualmente, necesitan ser sustituidas varias veces durante la vida útil de un dispositivo.

Los supercondensadores no están exentos de inconvenientes, sin embargo. A pesar de ser capaces de almacenar una mayor cantidad de energía que los condensadores convencionales y electrolíticos, la energía almacenada por un supercondensador por unidad de peso es considerablemente menor que la de una batería electroquímica. Adicionalmente, la tensión de trabajo de un supercondensador está limitada por la tensión de ruptura del electrolito, lo cual no es una cuestión con las baterías.

Algunas baterías, tales como las baterías de iones de litio, tienen una alta densidad de energía, mientras que los supercondensadores generalmente tienen una alta densidad de alimentación y vida útil. Adicionalmente, se ha desarrollado un dispositivo de almacenamiento híbrido, llamado condensador de iones de litio, que tiene como objetivo integrar las ventajas de las baterías de iones de litio y los supercondensadores. El cátodo de un condensador de iones de litio emplea carbono activado en el que las cargas se almacenan como una doble capa eléctrica en la interfase entre el carbono y el electrolito, similar a un supercondensador. El ánodo, por otro lado, está hecho de un material de intercalación nanoestructurado previamente dopado con iones de litio, similar a una batería de iones de litio. Este proceso de dopaje previo reduce el potencial del ánodo y da como resultado una alta tensión de salida de la celda. Habitualmente, las tensiones de salida para los condensadores de iones de litio se encuentran en el intervalo de 3,8 V a 4 V. Como consecuencia, los condensadores de iones de litio tienen una alta densidad de energía. Así mismo, la capacidad del ánodo es varios órdenes de magnitud mayor que la capacidad del cátodo. Como resultado, el cambio en el potencial del ánodo durante la carga y descarga puede ser mucho menor que el cambio en el potencial del cátodo. El ánodo de intercalación también se puede acoplar con un cátodo de intercalación, tal como LiCoO_2 o LiMn_2O_4 , para aumentar la alimentación del condensador de iones de litio. El electrolito utilizado en un condensador de iones de litio es, habitualmente, una solución de sal de iones de litio y se puede utilizar un separador para impedir el contacto físico directo entre el ánodo y el cátodo.

Con cada uno de los sistemas descritos anteriormente, el elemento de electrodo activo en contacto con el electrolito permite generar y/o almacenar la carga. Para permitir que esta carga se utilice en otro lugar, generalmente se utiliza un colector de carga para transportar y permitir que la carga almacenada/generada se utilice en otro lugar, por ejemplo, en un circuito eléctrico.

Elegir el colector de carga correcto puede tener una influencia significativa en el rendimiento de, por ejemplo, el supercondensador o la batería. Al elegir un colector de carga, se deben tener en cuenta varios factores, por ejemplo, incluyendo: la conductividad eléctrica, la estabilidad química al electrolito y la resistencia de contacto entre el colector de corriente y el material de electrodo activo. Por ejemplo, los supercondensadores disponibles comercialmente actuales con electrolitos orgánicos (0-2,7 V) utilizan ampliamente láminas o rejillas de aluminio tratado como colector de corriente, ya que el aluminio es relativamente inerte químicamente a los electrolitos utilizados en comparación con otros metales.

Sin embargo, el aluminio puede no ser la mejor opción de colector de corriente en términos de conductividad eléctrica, resistencia de contacto y/o coste. Por ejemplo, el cobre puede ser preferente como colector de corriente en función de la conductividad por unidad de volumen, la conductividad por unidad de masa y la conductividad por unidad de coste (véase, por ejemplo, J. Electrochem. Soc., Vol. 152, Número 11, págs. A2105-A2113 (2005)). Sin embargo, el cobre no se utiliza ampliamente en supercondensadores, especialmente cuando se utilizan electrolitos orgánicos, porque la estabilidad electroquímica del cobre a alta tensión es tal que se puede producir una reacción electroquímica en los contactos directos entre el electrolito y el cobre. En una construcción de dispositivo habitual, esto se produce en los lados y/o en la parte posterior de la lámina colectora de corriente.

El problema de la oxidación y el rendimiento de los colectores de corriente de cobre, por ejemplo, en las baterías de iones de litio puede surgir del agrietamiento por el medio ambiente en condiciones metalúrgicas específicas en, o cerca de, el potencial de litio. Se puede oxidar por encima de 3,4 V en presencia de Li/Li^+ , especialmente en presencia de una pequeña cantidad de impurezas HF y H_2O . También, se ha descubierto que el cobre se puede alejar con litio. Así mismo, durante el almacenamiento y el transporte en una atmósfera ambiente, la oxidación de la superficie puede tener lugar en láminas o pantallas de cobre, dejando un revestimiento de óxido de cobre (Cu_xO) sobre las partes

expuestas. Un electrodo de Cu_2O tiene una capacidad reversible de aproximadamente 400 mAh/g en el intervalo de 3-0,02 V, con una capacidad de primera litación de 850 mAh/g para CuO y 600 mAh/g para Cu_2O . Tales importantes pérdidas de capacidad irreversibles implican que, además de la formación de la conocida capa de interfase de electrolitos sólidos (SEI) en las partículas carbonosas, la pérdida de capacidad irreversible de primer ciclo de una celda de iones de litio se puede atribuir parcialmente al proceso de inserción de litio en el revestimiento de superficie de CuO (*"Lithium insertion in naturally surface-oxidized copper"*, J. Zhang, Journal of Power Sources 137 (2004) 88-92).

Adicionalmente, los problemas que se presentan al utilizar colectores de corriente de cobre aplican de manera similar a otras químicas y a supercondensadores, además de baterías de iones de litio.

Como se ha indicado anteriormente, para eludir los problemas asociados con el uso de cobre como colector de carga, los supercondensadores con electrolitos orgánicos utilizan ampliamente láminas o rejillas de aluminio tratado como colectores de corriente. Sin embargo, el contacto eléctrico directo entre el colector de corriente de aluminio y el material de electrodo es relativamente deficiente (p. ej., en comparación con el cobre) y esta resistencia de interfase da como resultado una ESR de dispositivo alta. Se necesitan tratamientos de superficie, tal como el revestimiento de carbono conductor u óxido metálico conductor en la parte superior del aluminio para mejorar el contacto entre el aluminio y el electrodo, disminuyendo, de este modo, la resistencia de interfase del dispositivo. Esta etapa de procesamiento adicional también puede aumentar el coste y la complejidad de la fabricación.

Las siguientes realizaciones descritas se refieren a un electrodo (p. ej., para un supercondensador y/o batería) que está configurado para impedir que el electrolito entre sustancialmente en contacto con, y corroa, una porción de un colector de carga. Esto puede permitir elegir el material del colector de carga para optimizar, por ejemplo, la resistencia de contacto y la conductividad eléctrica. Por ejemplo, mitigar los efectos de las reacciones químicas del colector de carga con el electrolito puede permitir, por ejemplo, utilizar colectores de corriente de cobre en supercondensadores con tensiones de funcionamiento superiores a 1 V. Los colectores de corriente de cobre pueden permitir resistencias equivalentes en serie (ESR) más bajas y una mayor capacitancia en comparación con los colectores de corriente de aluminio de uso común. Es decir, la estabilidad electroquímica se puede mantener mientras se gana con la conductividad mejorada y la interfase de electrodo. Se apreciará que las realizaciones se pueden utilizar como electrodos en la batería, los condensadores y los sistemas híbridos descritos anteriormente.

También se describe un método para proporcionar un colector de corriente integrado en un embalaje protegido con una película delgada (el cual puede comprender cobre). Esto puede permitir que se produzcan supercondensadores y/o baterías de baja ESR (resistencia equivalente en serie). En este método, se proporciona un colector de corriente de cobre en un electrodo con una capa de barrera (p. ej., poliimida) para proteger el colector de corriente/carga de las interacciones de los electrolitos. En este método, la capa de barrera puede cubrir sustancialmente la totalidad de la superficie del colector de carga, con la excepción del elemento de electrodo activo y los contactos eléctricos, para impedir la reacción química entre el material de colector de carga y el electrolito. El método puede dar como resultado una baja ESR y una alta interfase conductora para los fenómenos de transporte de iones.

La figura 3a representa una realización que comprende un electrodo 304, comprendiendo el electrodo:

una capa conductora 305 configurada para actuar, durante su uso, como colector de carga para proporcionar una trayectoria eléctrica para la carga generada y/o almacenada a través de la capa conductora;

una capa de barrera 321, estando la capa de barrera configurada para cubrir una porción de una superficie de dicha capa conductora de tal manera que, cuando el electrodo está en contacto con un electrolito, se impide que el electrolito entre sustancialmente en contacto con, y corroa, la capa conductora en la porción cubierta; y

un elemento de electrodo activo 307 configurado para su uso en la generación y/o el almacenamiento de carga, estando el elemento de electrodo activo 307 situado en una porción no cubierta en contacto eléctrico con la capa conductora 305 para impedir que el electrolito entre sustancialmente en contacto con, y corroa, la capa conductora en la porción no cubierta y para que también quede expuesto a dicho electrolito para permitir la generación y/o el almacenamiento de carga y proporcionar la carga generada/almacenada a la capa conductora.

En este caso, la capa de barrera 321 comprende poliimida (PI). Se apreciará que, para otras realizaciones de ejemplo, la capa de barrera puede comprender otros materiales, por ejemplo, otros plásticos, tales como polipropileno, poliéster, poliuretano y polietileno. En este caso, la capa de barrera es una capa impermeable y eléctricamente aislante.

En este caso, la capa conductora 305 comprende cobre.

El electrodo 304 comprende un elemento de electrodo activo 307 de gran área de superficie sobre la parte superior de, y en contacto eléctrico directo con, la capa eléctricamente conductora 305, comprendiendo el material de los elementos de electrodo activo 307 una mezcla de uno o más de carbono activado (AC), nanotubos de carbono de pared múltiple (MWNT), nanocuernos de carbono (CNH), nanofibras de carbono (CNF) y nanocollas de carbono (CNO). El AC, los MWNT, los CNH, las CNF y las CNO se utilizan debido a su gran conductividad eléctrica y gran área de superficie. Como se ha mencionado anteriormente, la gran área de superficie permite la adsorción de grandes cantidades de iones de electrolito sobre la superficie de los elementos capacitivos 304.

En esta realización de ejemplo, la película de poliimida se une con adhesivo epoxi sobre la lámina de cobre en las superficies anterior y posterior que no están revestidas por material de electrodo activo, dejando el área de electrodo activo libre de poliimida. Se apreciará que el adhesivo puede ser cualquier pegamento adecuado, tal como adhesivos de base epoxi o de base acrílica. Se apreciará que, en otras realizaciones de ejemplo, la capa de barrera se puede adherir directamente a la capa conductora. Es decir, es posible que no se requiera una capa adhesiva separada. Los supercondensadores fabricados utilizando colectores de corriente de lámina de cobre tratado muestran un buen comportamiento del condensador en el intervalo de tensión de -2,5 V a +2,5 V y pueden tener una capacitancia más alta y una ESR más baja que los que utilizan colectores de corriente de aluminio o de aluminio revestido.

En este ejemplo, un laminado revestido de cobre (p. ej., que comprende una o más capas de cobre y una o más capas protectoras respectivas, tal como una capa de poliimida, de poliéster o de naftalato de polietileno, que se puede unir a una capa de cobre respectiva utilizando adhesivo o se puede unir directamente al cobre sin adhesivo) es el punto de partida del proceso de fabricación del electrodo. El laminado revestido de cobre se puede cortar, en primer lugar, en secciones de laminado discretas de tamaño y forma adecuados para proporcionar una configuración de placa de circuito impreso (PCB)/electrodo. Después de eso, se puede perforar (para hacer cualesquiera orificios pasantes requeridos o mico vías (orificios que no son orificios pasantes, sino que se detienen en otra capa de cobre)) y depositarse con otra capa de cobre (p. ej., utilizando un proceso húmedo tal como la electrodeposición). La capa depositada de cobre, en este caso, formará la capa conductora del colector de corriente/carga del electrodo. Una capa de cobertura de poliimida (o cualquier otro revestimiento de cobertura o resistencia de soldadura) se proporciona sobre toda la superficie de la capa conductora (p. ej., utilizando un adhesivo) y, luego, se procesa la superficie exterior de la capa de cobertura (p. ej., revelándola y exponiéndola para formar un patrón de resistencia de conformidad con los procesos conocidos de Photo Imagable Cover Layer (PICL) o de resistencia de soldadura). Si se utiliza un proceso normal de capa de cubierta, las áreas se cortan con una herramienta y, luego, se ubican con un adhesivo sobre la parte superior del cobre. Entonces (en el caso de PICL, revestimiento de cubierta, resistencia de soldadura, pero no un proceso de capa de cobertura normal), una o más porciones de la poliimida de capa de cobertura se graban de las áreas donde se desea la exposición al colector de corriente (p. ej., utilizando un grabado químico para eliminar selectivamente la capa de poliimida según el patrón de resistencia). El resto del área que no se graba permanecerá como capa de barrera para proteger el colector de corriente de cobre del electrolito. La capa de barrera puede aumentar la durabilidad del colector de corriente y proteger la superficie de la corrosión y el aumento de la resistividad de la superficie, lo cual provoca que la ESR aumente. Entonces, un elemento de electrodo activo (p. ej., que comprende carbono activado (AC), nanocuernos de carbono (CNH) y/o nanotubos de carbono (CNT)) se proporciona en la porción no cubierta de la capa conductora para impedir que el electrolito entre sustancialmente en contacto con, y corroa, la capa conductora en la porción no cubierta y para que también quede expuesto a dicho electrolito para permitir la generación y/o el almacenamiento de carga y proporcionar la carga generada/almacenada a la capa conductora.

Se apreciará que, en otras realizaciones de ejemplo, la capa de cobre del laminado revestido de cobre puede formar el colector de corriente y/o la capa protectora del laminado revestido de cobre puede formar la capa de barrera.

La capa colectora de corriente puede tener, por ejemplo, un grosor de entre 12 y 18 μm . La capa de barrera puede tener un grosor de entre 12,5 y 25 μm . Una capa adhesiva puede tener un grosor de entre 10 y 15 μm .

En este caso, el electrodo tiene una capa de barrera en ambos lados (es decir, es de doble cara). Se apreciará que otras realizaciones de ejemplo pueden tener únicamente una capa de barrera en un único lado (p. ej., el lado configurado para estar en contacto con el electrolito).

La figura 3b representa un aparato que comprende dos electrodos 304, como se muestra en la figura 3a. Se apreciará que otras realizaciones de ejemplo pueden tener únicamente un electrodo, lo cual es una realización de la presente descripción. El aparato que se muestra en la figura 3b comprende dos placas de FPC (por las siglas en inglés de *Flexible Printed Circuit*) 301, comprendiendo, cada una, una capa eléctricamente conductora 305. En esta realización, la capa eléctricamente conductora 305 en cada placa de FPC 301 está revestida en ambos lados por una capa de material eléctricamente aislante 321, el cual se puede utilizar como capa de barrera para impedir que el electrolito entre en contacto con, y corroa, la capa conductora en la porción cubierta. De esta manera, la capa conductora 305 y la capa de barrera 321 se forman a partir de capas respectivas de la placa de circuito. El material de capa de barrera aislante 321 también se utiliza para proteger la capa eléctricamente conductora 305 del medio ambiente externo.

En este caso, cada electrodo 304 se produce procesando el colector de corriente utilizando tecnología de laminación de FPC (circuito impreso flexible). Esto permite proteger la superficie (mediante la capa de barrera 321) utilizando el mismo proceso que aplicar los colectores de corriente. El proceso se puede utilizar para aplicar placas de FPC procesadas previamente con superficie de PI/Cu que se han procesado mediante litografía. Adicionalmente, el uso de materiales comunes, tal como cobre, permite utilizar técnicas desarrolladas para procesos de gran volumen, tales como los procesos de litografía de alta precisión. Esto contrasta con materiales tales como el aluminio, el cual no es un metal de proceso de FPC estándar en volúmenes (aunque los procesos conocidos se pueden adaptar, si es necesario). Se apreciará que el electrodo se puede fabricar de otras maneras.

El material de gran área de superficie 307 se puede preparar mezclando diferentes proporciones de AC, MWNT y CNH entre sí utilizando un material a base de politetrafluoroetileno (PTFE) o de copolímero de estireno butadieno (SBR) como aglutinante y acetona o agua como disolvente, y homogeneizando la mezcla mediante agitación. A continuación

de esto, la suspensión resultante se aplica estirando la mezcla sobre la superficie no cubierta de cada capa eléctricamente conductora 305. Las placas de FPC 301 se recuecen, entonces, a, por ejemplo, 80 °C durante 1 hora para retirar el disolvente y consolidar la mezcla. Para maximizar su área de superficie y conductividad eléctrica, el material de gran superficie 307 se aplica a las capas eléctricamente conductoras 305 como película delgada.

5 Como se muestra en la figura 3b, las placas de FPC 301 están configuradas de tal manera que las capas eléctricamente conductoras 305 (ahora revestidas en el material de gran área de superficie 307) están orientadas entre sí, estando un delgado separador dieléctrico 306 intercalado entre estas. El separador 306 impide el contacto físico directo (y, por lo tanto, el contacto eléctrico) entre los electrodos 304, pero comprende una serie de poros 309 para permitir que los iones del electrolito se muevan hacia el material de gran área de superficie 307 cuando se ha
10 aplicado una diferencia de potencial entre los elementos capacitivos 304.

En otras realizaciones de ejemplo, las capas eléctricamente conductoras 305 se pueden formar a partir de una variedad de materiales diferentes, pero, ventajosamente, están hechas a partir de cobre, aunque también se puede utilizar aluminio (u otros metales) o carbono. La elección del material tiene un efecto sobre las propiedades físicas y eléctricas del supercondensador. Como se ha indicado anteriormente, el cobre y, en menor medida, el aluminio,
15 presentan una conductividad eléctrica favorable. Esto resulta ventajoso porque permite que los portadores de carga fluyan a través de la capa eléctricamente conductora 305 hasta el material de gran área de superficie 307 con una resistencia mínima. Las capas eléctricamente conductoras 305 también pueden comprender un acabado de superficie (revestimiento) para proteger las capas eléctricamente conductoras 305 o para ofrecer una mejor adhesión del material de gran área de superficie 307. Los posibles materiales de superficie incluyen carbono, níquel-oro, oro y/o plata.

20 Como se ha mencionado previamente, los supercondensadores se pueden utilizar para alimentar módulos de realce de multimedia en dispositivos electrónicos portátiles. Para módulos que requieren ráfagas de alta alimentación, tales como módulos de flash LED, el supercondensador necesita implementarse cerca del circuito de carga. En el caso presente, la estructura de FPC 301 (dentro de la cual está integrado el supercondensador) forma el módulo de realce de multimedia, estando los diversos componentes del módulo conectados física (y eléctricamente) a las placas de
25 FPC 301. En la figura 3b, un LED 310 montado en superficie (SMD), dos capuchones de cerámica 311, un indicador LED 312, un inductor 313 y un cargador de supercondensador y un circuito de excitación de LED 314 están conectados (eléctricamente) a la capa eléctricamente conductora 305 de la placa de FPC superior 301, mientras que un conector de placa a placa (B2B) 315 está conectado (eléctricamente) a la capa eléctricamente conductora 305 de la placa de FPC inferior 301. Los diversos componentes eléctricos se pueden soldar a, o ponerse en contacto con una ACF
30 (película conductora anisotrópica), las placas de FPC 301. La capa eléctricamente conductora 305 se utiliza para enrutar alimentación hacia, y desde, el supercondensador y los componentes de módulo, y el conector de B2B 315 conecta (eléctricamente) la estructura de FPC 301 a la placa principal del dispositivo electrónico.

Se requiere un electrolito entre los electrodos 304 para permitir el almacenamiento de carga eléctrica. Para lograr esto, las placas de FPC 301 están configuradas para formar una cámara dentro de la cual se puede contener el electrolito.
35 La cámara se ilustra en sección transversal en la figura 3c. Para crear la cámara, se define un margen alrededor de los electrodos 304. A continuación, las placas de FPC 301 se sellan entre sí en el margen para impedir que el electrolito 321 (que puede ser un electrolito de tipo gel o líquido) se fugue o se evapore durante el uso. Las placas de FPC 301 se pueden sellar mediante procesos de laminación térmica, envasado al vacío o punzonado de FPC estándar. Una pequeña región (que no se muestra) del margen puede permanecer sin sellar hasta que el electrolito 321 se haya
40 introducido en la cámara. En determinadas realizaciones, la capa eléctricamente conductora 305 y la capa de barrera 321 se pueden extender hasta los extremos de la cámara (que no se muestran).

En otra realización, se puede incorporar un anillo en la estructura de FPC para formar una cámara. En esta realización (que no se muestra), el anillo se sitúa alrededor de los electrodos capacitivos 304 y se intercala entre las placas de FPC 301. En la práctica, esto puede implicar: ubicar una primera placa de FPC boca arriba sobre una superficie plana;
45 ubicar el anillo (el cual tiene un diámetro de al menos la mayor dimensión en el plano de los electrodos capacitivos 304) alrededor del elemento capacitivo de esta placa de FPC; fijar, de manera sellada, el anillo a la placa de FPC; llenar el anillo con electrolito 321; ubicar una segunda placa de FPC boca abajo sobre la parte superior de la primera placa de FPC de tal manera que el elemento capacitivo de la segunda placa de FPC quede contenido dentro del anillo y orientado hacia el otro elemento capacitivo; y fijar, de manera sellada, la segunda placa de FPC al anillo. Idealmente,
50 el grosor del anillo debería ser sustancialmente el mismo que el grosor total de la estructura de FPC. No obstante, debido a la flexibilidad de las placas de FPC 304, el grosor del anillo se puede desviar del grosor total de la estructura de FPC y todavía permitir la formación de la cámara.

En otra realización, el anillo puede comprender una abertura. En esta realización, el electrolito se puede introducir en la cámara a través de la abertura y, posteriormente, sellarse para retener el electrolito 321.

55 Cabría indicar, sin embargo, que el grosor, t_1 , de la cámara se exagera en la figura 3c. En la práctica, los electrodos capacitivos 304 y el separador 306 están en contacto físico para minimizar el grosor de la cámara. En otra realización, los electrodos capacitivos 304 pueden sencillamente estar espaciados entre sí. Esta configuración eliminaría la necesidad de un separador 306, pero puede ser difícil de mantener si la estructura de FPC es físicamente flexible. La estructura de la figura 3c se podría formar a partir de la misma placa de FPC plegada sobre sí misma.

Para cargar el aparato, se aplica una diferencia de potencial a través de los electrodos 304. Esto se realiza conectando los terminales positivo y negativo de una batería (u otro suministro de alimentación) a las capas eléctricamente conductoras de las placas de FPC 301 respectivas. En la práctica, sin embargo, las capas eléctricamente conductoras de las placas de FPC 301 habitualmente estarían conectadas a un circuito cargador (que no se muestra) que, a su vez, está conectado a la batería u otro suministro de alimentación. La aplicación de la diferencia de potencial polariza el electrolito 331, lo que provoca la adsorción de los iones positivos y negativos sobre las superficies expuestas del material de elemento activo de gran área de superficie 307 de los electrodos 304. La carga almacenada en la interfase entre el elemento activo 307 y el electrolito 331 se puede utilizar para alimentar los componentes eléctricos cuando se descarga el supercondensador.

Se apreciará que, a diferencia de la realización descrita anteriormente, que está configurada de tal manera que los electrodos comprenden una capa conductora que es tanto una capa de transmisión eléctricamente conductora configurada para permitir la transmisión de corriente/carga a los componentes electrónicos; como una capa conductora 305 configurada para actuar, durante su uso, como colector de carga para proporcionar una trayectoria eléctrica para la carga generada y/o almacenada a través de la capa conductora 305, otras realizaciones de ejemplo (tal como la realización que se muestra en la figura 3d) se pueden configurar de tal manera que la capa conductora configurada para actuar como colector de carga sea distinta de la capa de transmisión eléctricamente conductora configurada para permitir la transmisión de carga/corriente a los componentes electrónicos.

La realización que se muestra en la figura 3d es una placa de FPC 301d que comprende un electrodo que comprende una capa de barrera 321d, estando la capa de barrera 321d configurada para cubrir una porción de una superficie de una capa conductora 305d de tal manera que, cuando el electrodo está en contacto con un electrolito, se impide que el electrolito entre sustancialmente en contacto con, y corroa, la capa conductora en la porción cubierta; y un elemento de electrodo activo 307d configurado para su uso en la generación y/o el almacenamiento de carga, estando el elemento de electrodo activo 307d situado en una porción no cubierta en contacto eléctrico con la capa conductora 305d para impedir que el electrolito entre sustancialmente en contacto con, y corroa, la capa conductora en la porción no cubierta y para que también quede expuesto a dicho electrolito para permitir la generación y/o el almacenamiento de carga y proporcionar la carga generada/almacenada a la capa conductora. La capa eléctricamente conductora 305d está conectada eléctricamente a la capa de transmisión eléctricamente conductora 302d separada que está configurada para permitir que la corriente/carga se transmita a los componentes electrónicos (310d-314d)/circuito, p. ej., mediante conexiones de acceso de interconexión vertical (VIA) 306d.

Al igual que la realización anterior, la capa de material eléctricamente conductor de la capa de transmisión 302d (que, en este caso, es distinta de la capa conductora 305d configurada para actuar como colector de carga) está configurada para permitir que la corriente/carga pase a los componentes electrónicos que conforman un circuito eléctrico (310d-314d).

Se apreciará que la realización de la figura 3d se puede proporcionar utilizando un método similar al descrito para la realización de la figura 3a.

La figura 4a muestra una realización adicional que comprende un electrodo, comprendiendo el electrodo:

una capa conductora 405 configurada para actuar, durante su uso, como colector de carga para proporcionar una trayectoria eléctrica para la carga generada y/o almacenada a través de la capa conductora;

una capa de barrera 421, estando la capa de barrera configurada para cubrir una porción de una superficie de dicha capa conductora de tal manera que, cuando el electrodo está en contacto con un electrolito, se impide que el electrolito entre sustancialmente en contacto con, y corroa, la capa conductora en la porción cubierta; y

un elemento de electrodo activo 407 configurado para su uso en la generación y/o el almacenamiento de carga, estando el elemento de electrodo activo 407 situado en una porción no cubierta en contacto eléctrico con la capa conductora 405 para impedir que el electrolito entre sustancialmente en contacto con, y corroa, la capa conductora en la porción no cubierta y para que también quede expuesto a dicho electrolito para permitir la generación y/o el almacenamiento de carga y proporcionar la carga generada/almacenada a la capa conductora.

En este caso, la capa de barrera comprende polietileno. Se apreciará que, para otras realizaciones de ejemplo, la capa de barrera puede comprender otros materiales, por ejemplo, otros plásticos, tales como polipropileno, poliéster, poliuretano y poliimida. En este caso, la capa de barrera es una capa impermeable y eléctricamente aislante.

En este caso, la capa conductora comprende cobre (lámina). Se apreciará que, en otras realizaciones de ejemplo, la capa conductora puede comprender otro metal, por ejemplo, aluminio.

El electrodo 404 también comprende un elemento de electrodo activo de gran área de superficie 407 sobre la parte superior de, y en contacto eléctrico directo con, la capa eléctricamente conductora 405, comprendiendo el material del elemento de electrodo activo 407 una mezcla de uno o más de carbono activado (AC), nanotubos de carbono de pared múltiple (MWNT), nanocuernos de carbono (CNH), nanofibras de carbono (CNF) y nanocebollas de carbono (CNO). El AC, los MWNT, los CNH, las CNF y las CNO se utilizan debido a su gran conductividad eléctrica y gran área de superficie. Como se ha mencionado anteriormente, la gran área de superficie permite la adsorción de grandes cantidades de iones de electrolito sobre la superficie de los elementos capacitivos 404.

En esta realización de ejemplo, la capa de barrera de polietileno 421 se une con adhesivo de base acrílica 422 sobre la lámina de cobre 405 en las superficies anterior y posterior que no están revestidas por material de electrodo activo, dejando únicamente el área de electrodo activado (región alrededor de 407) y un contacto 423 libres de polietileno. Se apreciará que el adhesivo puede ser cualquier pegamento adecuado, tal como adhesivos de base epoxi o acrílica.

- 5 El material de elemento de electrodo activo de gran área de superficie 407 se puede preparar mezclando diferentes proporciones de AC, MWNT y CNH entre sí utilizando politetrafluoroetileno (PTFE) como aglutinante y acetona como disolvente, y homogeneizando la mezcla mediante agitación. A continuación de esto, la suspensión resultante se aplica estirando la mezcla sobre la superficie de cada capa eléctricamente conductora 405.

- 10 La figura 4b representa un aparato que comprende dos electrodos, como se muestra en la figura 4a. Se apreciará que otras realizaciones de ejemplo pueden tener únicamente un electrodo, lo cual es una realización de la presente descripción.

- 15 Como se muestra en la figura 4b, los electrodos 404 están configurados de tal manera que las capas eléctricamente conductoras 405 (ahora revestidas en el material de gran área de superficie 407) están orientadas entre sí. A diferencia de la realización anterior, en esta realización, los electrodos se mantienen separados mediante un alojamiento 435. En este caso, no se utiliza un separador para evitar que los electrodos estén en contacto eléctrico directo.

- 20 Las capas eléctricamente conductoras 405 de otras realizaciones de ejemplo se pueden formar a partir de una variedad de materiales diferentes, pero, ventajosamente, están hechas a partir de cobre o aluminio. La elección del material tiene un efecto sobre las propiedades físicas y eléctricas del supercondensador. El cobre y, en menor medida, el aluminio, presentan una conductividad eléctrica favorable. Esto resulta ventajoso porque permite que los portadores de carga fluyan a través de la capa eléctricamente conductora 405 hasta el material de gran área de superficie 407 con una resistencia mínima. Por otro lado, el tratamiento de superficie, tal como una capa delgada de carbono sobre la parte superior de la lámina, ofrece una mejor adhesión al material de gran área de superficie 407 que el cobre y el aluminio.

- 25 Se requiere un electrolito entre los electrodos 404 para permitir el almacenamiento de carga eléctrica. Para lograr esto, los electrodos, como se muestra en la figura 4a, están configurados para formar una cámara dentro de la cual se puede contener el electrolito 431. La cámara se ilustra en sección transversal en la figura 4b.

Cabría indicar, sin embargo, que el grosor, t_1 , de la cámara se exagera en la figura 4a.

- 30 En este caso, los contactos eléctricos están en contacto físico con el electrolito. En este caso, cada contacto 423 se sitúa en una porción no cubierta de la capa conductora en contacto eléctrico con la capa conductora 405 para impedir que el electrolito entre sustancialmente en contacto con, y corroa, la capa conductora en la porción no cubierta y también para permitir la transferencia de carga (o corriente) hacia/desde la capa conductora. El contacto puede ser más inerte químicamente al electrolito que la capa conductora. Por ejemplo, el contacto puede comprender oro o aluminio.

- 35 Para cargar el aparato, se aplica una diferencia de potencial a través de los electrodos 403. Esto se realiza conectando los terminales positivo y negativo de una batería (u otro suministro de alimentación) a las capas eléctricamente conductoras 405 de los electrodos 403 a través de los contactos 423. En la práctica, sin embargo, las capas eléctricamente conductoras 405 de los electrodos 403 habitualmente estarían conectadas a un circuito cargador que, a su vez, está conectado a la batería u otro suministro de alimentación. La aplicación de la diferencia de potencial polariza el electrolito 431, lo que provoca la adsorción de los iones positivos y negativos sobre las superficies expuestas del material de gran área de superficie 407 de los electrodos 404 cargados negativa y positivamente, respectivamente. La carga almacenada en la interfase entre el material de gran área de superficie 407 y el electrolito 431 se puede utilizar para alimentar los componentes de un circuito eléctrico 436 conectado cuando se descarga el supercondensador.

- 40 Las ventajas de las realizaciones descritas anteriormente incluyen que los colectores de carga de cobre (p. ej., que comprenden láminas de cobre) se pueden utilizar en un supercondensador junto con un electrolito corrosivo de otro modo (p. ej., un electrolito orgánico) debido al tratamiento de superficie no corrosivo/contaminante. El uso de cobre puede permitir que el condensador logre una ESR más baja y una capacitancia más alta, lo cual puede resultar beneficioso para aquellas aplicaciones que necesitan una alta densidad de alimentación. Adicionalmente, no se necesita una bolsa de embalaje adicional, por lo que el grosor total del dispositivo disminuye.

- 50 La figura 5 muestra un diagrama de flujo que ilustra la provisión de un electrodo que comprende una capa conductora, una capa de barrera y un elemento de electrodo activo, y se explica por sí misma. Se apreciará que se puede cambiar el orden de las etapas ilustradas. Por ejemplo, la provisión de la capa de barrera se puede producir antes, después o al mismo tiempo que la provisión de la capa de electrodo activo.

- 55 La figura 6 ilustra esquemáticamente un medio legible por ordenador/procesador 601 que proporciona un programa informático para controlar la fabricación de un electrodo y/o la fabricación de un aparato de almacenamiento eléctrico, como se describe en la presente memoria, por ejemplo, con respecto a la figura 5. En este ejemplo, el medio legible por ordenador/procesador 601 es un disco tal como un disco versátil digital (DVD) o un disco compacto (CD). En otras realizaciones, el medio legible por ordenador/procesador 601 puede ser cualquier medio que haya sido programado de tal manera que lleve a cabo una función inventiva. El medio legible por ordenador/procesador 601 puede ser un dispositivo de memoria extraíble, tal como una llave de memoria o una tarjeta de memoria (SD, mini SD o micro SD).

Otras realizaciones representadas en las figuras se han provisto de números de referencia que corresponden a características similares de realizaciones descritas anteriormente. Por ejemplo, la característica número 1 también puede corresponder a los números 101, 201, 301, etc. Estas características numeradas pueden aparecer en las figuras, pero es posible que no se hayan mencionado directamente dentro de la descripción de estas realizaciones particulares. Estos se han proporcionado igualmente en las figuras para ayudar a comprender las realizaciones adicionales, particularmente con respecto a las características de realizaciones similares descritas.

Datos experimentales

Se llevó a cabo una serie de experimentos preliminares para determinar la eficacia de diversos materiales como colectores de carga/corriente en la construcción de un electrodo.

El elemento de electrodo activo se preparó mezclando carbono activado y aglutinante al 5 % en agua para obtener una tinta imprimible. La tinta se revistió con barra sobre los colectores de corriente y se secó a 80 °C durante 1 hora. Diferentes colectores de corriente, tales como lámina de aluminio, aluminio con acabado de superficie de carbono, lámina de cobre y lámina de cobre cubierta con capa de barrera de poliimida se utilizaron como colectores de carga/corriente para su comparación. El área de electrodo activo de todos los dispositivos fue de 2 cm². Un separador empapado en electrolito (tetrafluoroborato de tetraetilamonio 1,25 M (TEABF₄) disuelto en carbonato de propileno) se intercaló entre los dos electrodos. Los electrolitos orgánicos proporcionaron ventanas electroquímicas más grandes que los acuosos y pudieron aumentar la tensión de funcionamiento de la celda hasta 2,7 V.

La figura 7a muestra las exploraciones de voltamperometría cíclica (CV) para los supercondensadores utilizando diferentes colectores de corriente (aluminio 781a, aluminio con acabado de superficie de carbono 782a y láminas de cobre 783a) de -1 a +1 V. Los dispositivos de colector de corriente de aluminio con acabado de carbono 782a y de cobre 783a mostraron formas casi rectangulares, lo que indica un comportamiento ideal del condensador de doble capa. El dispositivo de colector de corriente de aluminio 781a mostró una forma menos rectangular. Esto sugiere un contacto eléctrico deficiente entre el aluminio y el electrodo. La capacitancia y el valor de ESR calculados a partir de las curvas de carga/descarga a 1 mA se enumeran en la tabla 1. El dispositivo que utiliza colectores de corriente de cobre tiene la capacitancia más alta y la ESR más baja.

Tabla 1: capacitancia y valores de ESR para diversos colectores de corriente/carga

Colector de corriente/carga	Capacitancia (mF)	ESR (Ω)
Lámina de Al 781a	44	14,8
Lámina de Al con acabado de carbono 782a	84	1,42
Lámina de Cu 783a	109	1,08

Para los mismos dispositivos, si todas las condiciones se mantienen iguales, excepto que el intervalo de exploración de CV es de -2,5 a 2,5 V, como se muestra en la figura 7b. Los dispositivos de colector de corriente de lámina de aluminio 781b y de aluminio con acabado de carbono 782b muestran el mismo comportamiento que la exploración de -1 a 1 V. Ahora bien, el dispositivo de colector de corriente/carga de cobre 783b tiene picos redox evidentes, lo cual proviene de la reacción electroquímica entre el cobre expuesto y el electrolito.

En cambio, si el área de cobre expuesta al electrolito está cubierta por una película de poliimida, como se ilustra en las figuras 3a o 4b, la exploración de CV de -2,5 V a 2,5 V conserva el buen comportamiento del condensador que se muestra en la figura 7a. No se observó degradación en el rendimiento en el dispositivo. Esto se ilustra en la figura 7c, que muestra la diferencia de exploraciones de CV de los dispositivos con 784c y sin 783c, una capa de barrera de poliimida sobre cobre.

Estos resultados indican que el cobre se puede utilizar como colector de corriente en supercondensadores incluso cuando se utilizan electrolitos orgánicos si el área de cobre expuesta al electrolito está cubierta por una capa protectora. Tales dispositivos tienen un mejor rendimiento en comparación con el dispositivo que utiliza lámina de aluminio o de aluminio revestido. Sin necesidad de una bolsa de embalaje adicional, el dispositivo también es más delgado y liviano en comparación con las celdas actualmente disponibles comercialmente.

Un lector experto apreciará que cualquier aparato/dispositivo mencionado y/u otras características de un aparato/dispositivo mencionado particular pueden ser proporcionados por aparatos dispuestos de tal manera que se configuren para llevar a cabo las operaciones deseadas únicamente cuando estén habilitados, p. ej., encendidos o similares. En tales casos, es posible que no tengan necesariamente el *software* apropiado cargado en la memoria activa en el estado no habilitado (p. ej., apagado) y únicamente carguen el *software* apropiado en el estado habilitado (p. ej., encendido). El aparato puede comprender circuitería de *hardware* y/o *firmware*. El aparato puede comprender un *software* cargado en la memoria. Tales *software*/programas informáticos se pueden grabar en la misma memoria/procesador/unidades funcionales y/o en una o más memorias/procesadores/unidades funcionales.

5 En algunas realizaciones, un aparato/dispositivo mencionado particular se puede programarse previamente con el *software* apropiado para llevar a cabo las operaciones deseadas, y en donde el *software* apropiado se puede habilitar para su uso por parte de un usuario que descargue una "clave", por ejemplo, para desbloquear/habilitar el *software* y su funcionalidad asociada. Las ventajas asociadas con tales realizaciones pueden incluir un requisito reducido para descargar datos cuando se requiere una funcionalidad adicional para un dispositivo y esto puede resultar útil en ejemplos donde se percibe que un dispositivo tiene suficiente capacidad para almacenar tal *software* programado previamente para una funcionalidad que puede no ser habilitada por un usuario.

10 Se apreciará que cualquier aparato/circuitería mencionado puede tener otras funciones además de las funciones mencionadas y que estas funciones pueden ser realizadas por el mismo aparato/circuitería. Uno o más aspectos descritos pueden abarcar la distribución electrónica de programas informáticos asociados y programas informáticos (que pueden estar codificados en fuente/transporte) grabados en un portador apropiado (p. ej., memoria, señal).

15 Haciendo referencia a cualquier exposición de cualquier ordenador y/o procesador y memoria mencionados (p. ej., incluyendo ROM, CD-ROM, etc.), estos pueden comprender un procesador informático, un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), una matriz de puertas programables en campo (FPGA) y/u otros componentes de *hardware* que hayan sido programados de tal manera que lleven a cabo la función inventiva.

REIVINDICACIONES

1. Un electrodo (304), comprendiendo el electrodo (304):

una capa conductora (305) configurada para actuar, durante su uso, como colector de carga para proporcionar una trayectoria eléctrica para la carga generada y/o almacenada a través de la capa conductora;

5 una capa de barrera (321), estando la capa de barrera (321) configurada para cubrir una porción de una superficie de dicha capa conductora (305) de tal manera que, cuando el electrodo (304) está en contacto con un electrolito (331), se impide que el electrolito (331) entre sustancialmente en contacto con, y corroa, la capa conductora (305) en la porción cubierta, y

10 un elemento de electrodo activo (307) configurado para su uso en la generación y/o el almacenamiento de carga, estando el elemento de electrodo activo (307) situado en una porción no cubierta de dicha superficie en contacto eléctrico con la capa conductora (305) para impedir que el electrolito (331) entre sustancialmente en contacto con, y corroa, la capa conductora (305) en la porción no cubierta y para que también quede expuesto a dicho electrolito (331) para permitir la generación y/o el almacenamiento de carga y proporcionar la carga generada/almacenada a la capa conductora (305), impidiéndose que el electrolito (331) entre sustancialmente en contacto con, y corroa, la capa conductora (305) únicamente mediante la capa de barrera (321) o mediante el elemento de electrodo activo (307).

2. El electrodo (304) de la reivindicación 1, en donde la capa de barrera (321) es un aislante eléctrico.

3. El electrodo (304) de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde el material activo (307) comprende uno o más de los siguientes: nanopartículas de carbono, nanotubos de carbono, nanocuernos de carbono, una red de nanotubos de carbono, grafeno, plaquetas de grafeno, nanoalambres de metal, una malla de nanoalambres de metal, nanoalambres semiconductores, una malla de nanoalambres semiconductores y nanopartículas de óxido metálico.

4. El electrodo (304) de cualquier reivindicación precedente, en donde una porción de la capa conductora (305) no cubierta por la capa de barrera (321) está configurada para actuar como contacto eléctrico para la conexión a los componentes eléctricos de un circuito.

5. El electrodo (304) de cualquier reivindicación precedente, en donde la capa conductora (305) comprende cobre.

25 6. El electrodo (304) de cualquier reivindicación precedente, en donde la capa de barrera (321) comprende uno o más de plástico, polímero, poliimida, poliéster, poliuretano y polietileno.

7. El electrodo (304) de cualquier reivindicación precedente, en donde la capa de barrera (321) se une a la capa conductora (305) utilizando adhesivo.

30 8. El electrodo (304) de la reivindicación 7, en donde el adhesivo comprende un adhesivo epoxi o un adhesivo de base acrílica.

9. Una placa de circuito (301) que comprende el electrodo (304) de cualquier reivindicación precedente, en donde una o más de la capa de conducción (305) y la capa de barrera (321) se forman a partir de capas respectivas de la placa de circuito (301).

10. Un aparato, comprendiendo el aparato:

35 un primer y un segundo electrodos (304), siendo al menos un electrodos (304) un electrodo según cualquier reivindicación precedente, en donde el aparato está configurado de tal manera que se define una cámara entre el primer y el segundo electrodos (304), comprendiendo la cámara el electrolito (331).

11. El aparato de la reivindicación 10, en donde el primer y el segundo electrodos (304) están sellados entre sí para contener el electrolito (331) dentro de la cámara.

40 12. El aparato de la reivindicación 10 u 11, en donde uno o más componentes eléctricos (310-314) están física y eléctricamente conectados a uno o ambos del primer y el segundo electrodos (304) para permitir el suministro de energía eléctrica a dichos uno o más componentes eléctricos (310-314).

13. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en donde el electrolito (331) comprende uno o más de carbonato de propileno, tetrafluoroborato de tetraetilamonio, una solución acuosa de cloruro de potasio.

45 14. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, en donde el aparato comprende un separador (306) entre el primer y el segundo electrodos (304).

15. Un método de fabricación de un electrodo (304), comprendiendo el método:

proporcionar una capa conductora (305) configurada para actuar, durante su uso, como colector de carga para proporcionar una trayectoria eléctrica para la carga generada y/o almacenada a través de la capa conductora;

proporcionar una capa de barrera (321), estando la capa de barrera (321) configurada para cubrir una porción de una superficie de dicha capa conductora (305) de tal manera que, cuando el electrodo (304) está en contacto con un electrolito (331), se impide que el electrolito (331) entre sustancialmente en contacto con, y corroa, la capa conductora (305) en la porción cubierta; y

- 5 proporcionar un elemento de electrodo activo (307) configurado para su uso en la generación y/o el almacenamiento de carga, estando el elemento de electrodo activo (307) situado en una porción no cubierta de dicha superficie en contacto eléctrico con la capa conductora (305) para impedir que el electrolito (331) entre sustancialmente en contacto con, y corroa, la capa conductora (305) en la porción no cubierta y para que también quede expuesto a dicho electrolito (331) para permitir la generación y/o el almacenamiento de carga y proporcionar
- 10 la carga generada/almacenada a la capa conductora (305), impidiéndose que el electrolito (331) entre sustancialmente en contacto con, y corroa, la capa conductora (305) únicamente mediante la capa de barrera (321) o mediante el elemento de electrodo activo (307).

Figura 1a

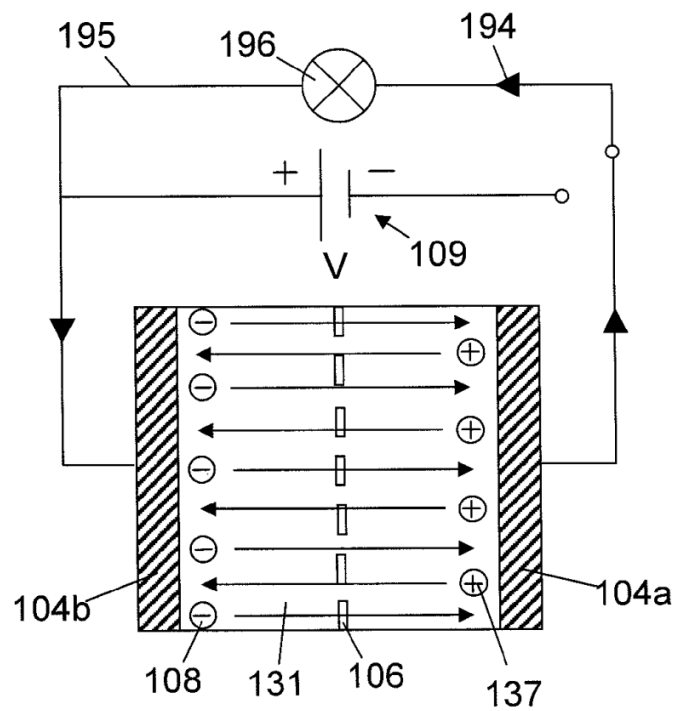


Figura 1b

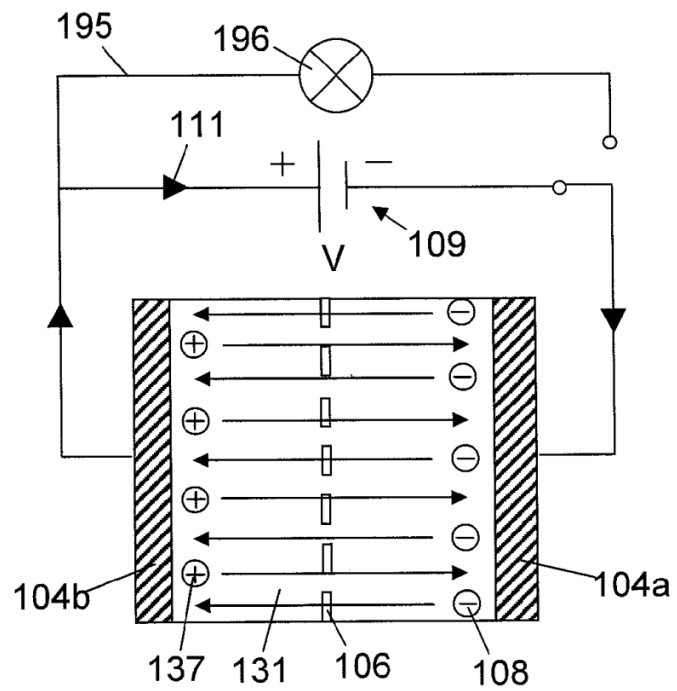


Figura 2a

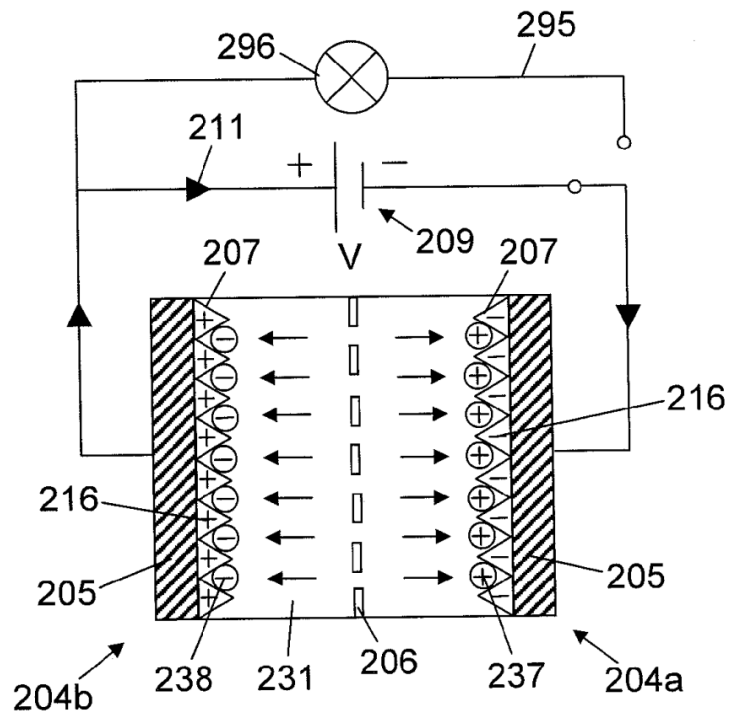


Figura 2b

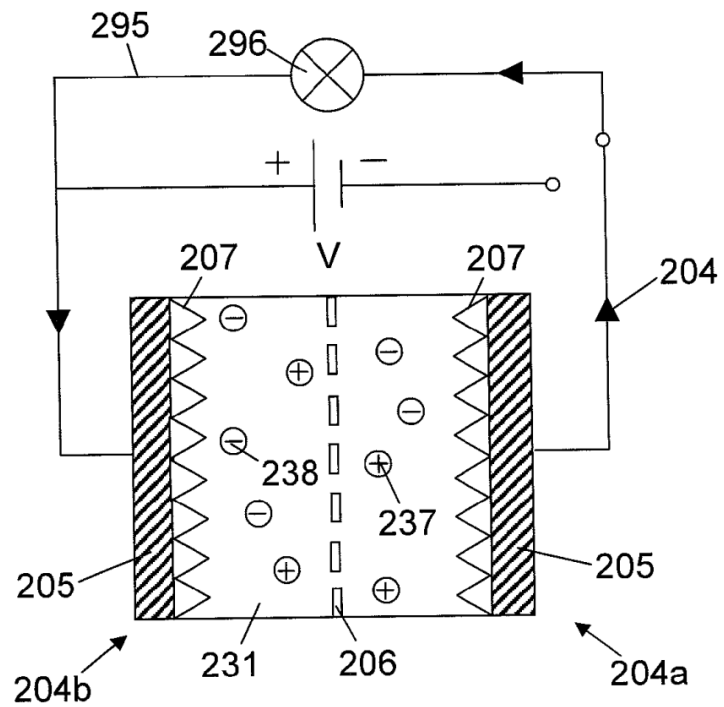


Figura 3a

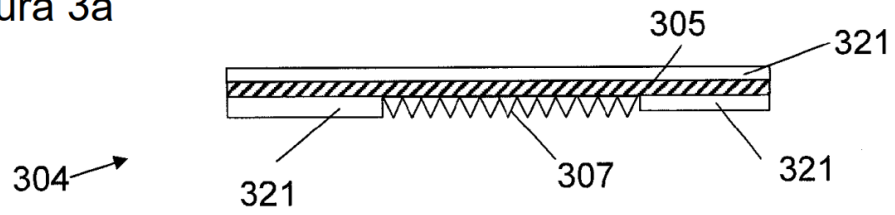


Figura 3b

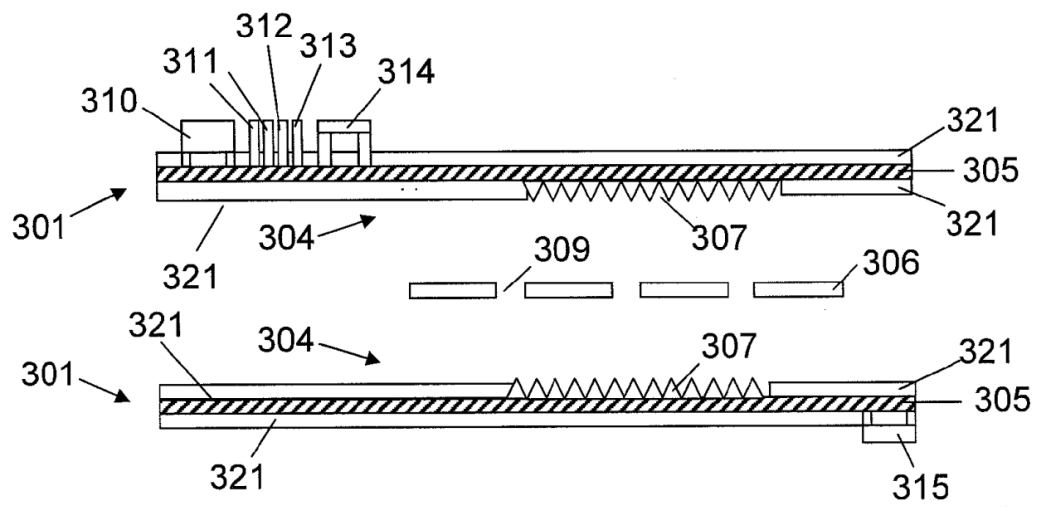


Figura 3c

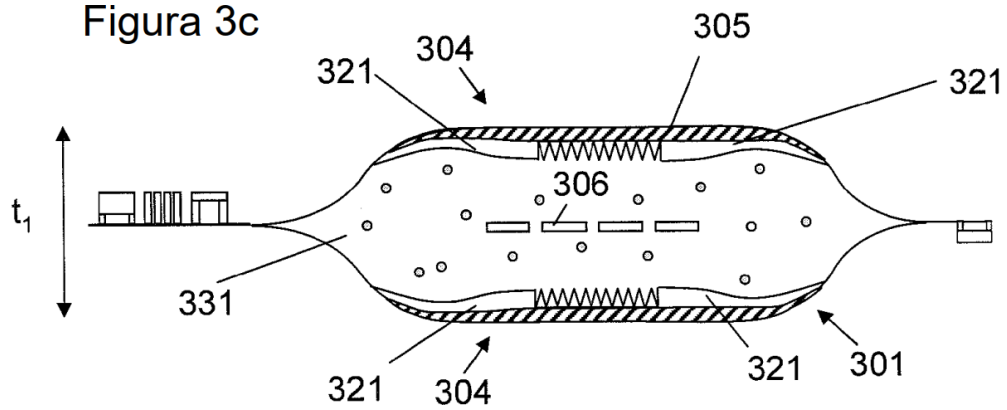


Figura 3d

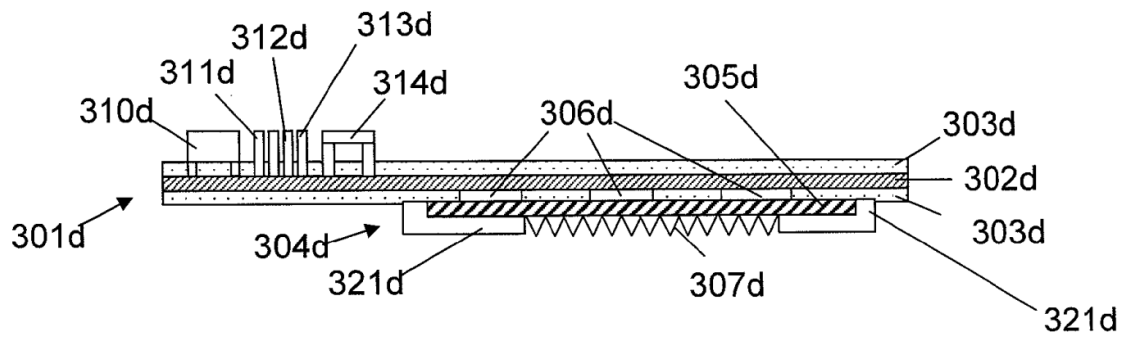


Figura 4a

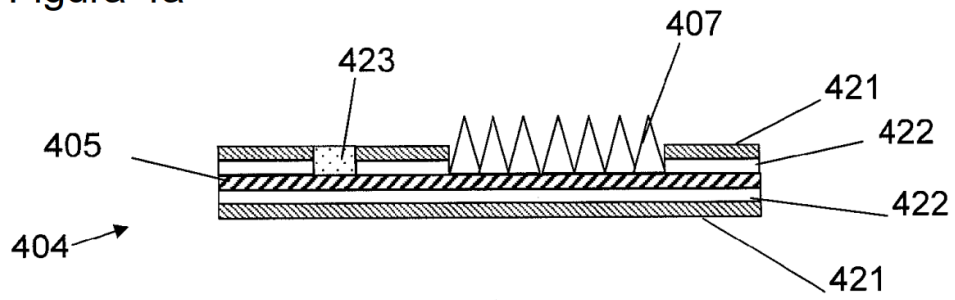


Figura 4b

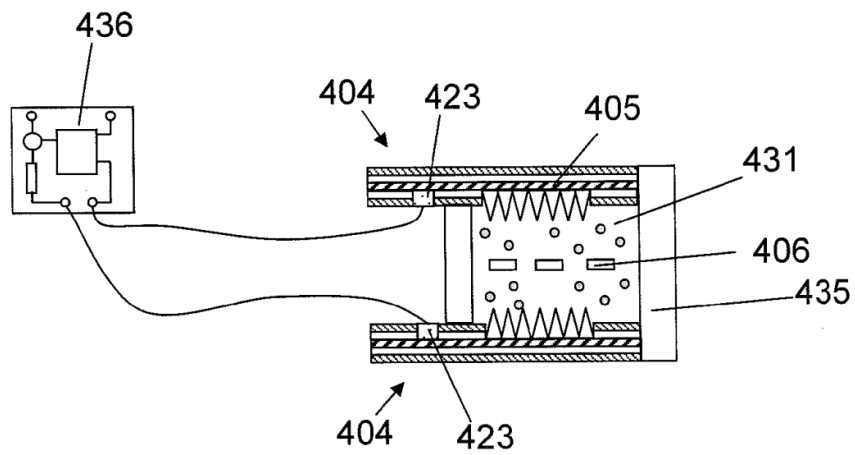


Figura 5

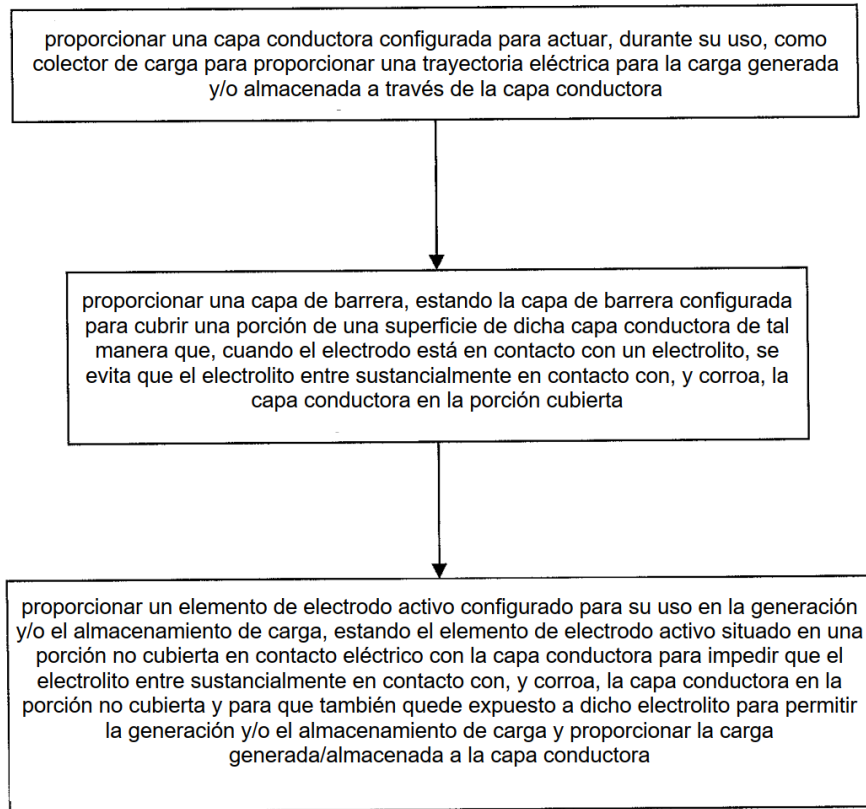


Figura 6

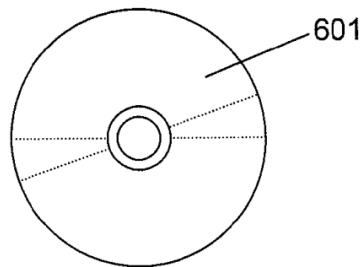


Figura 7a

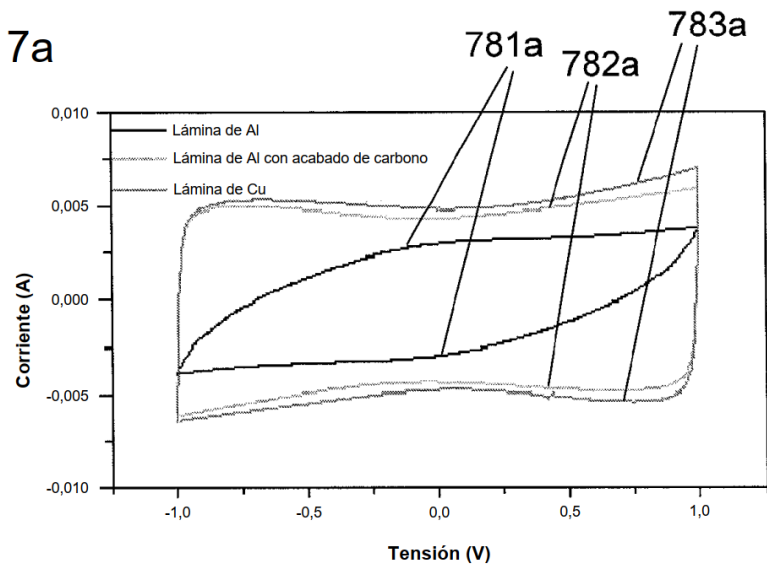


Figura 7b

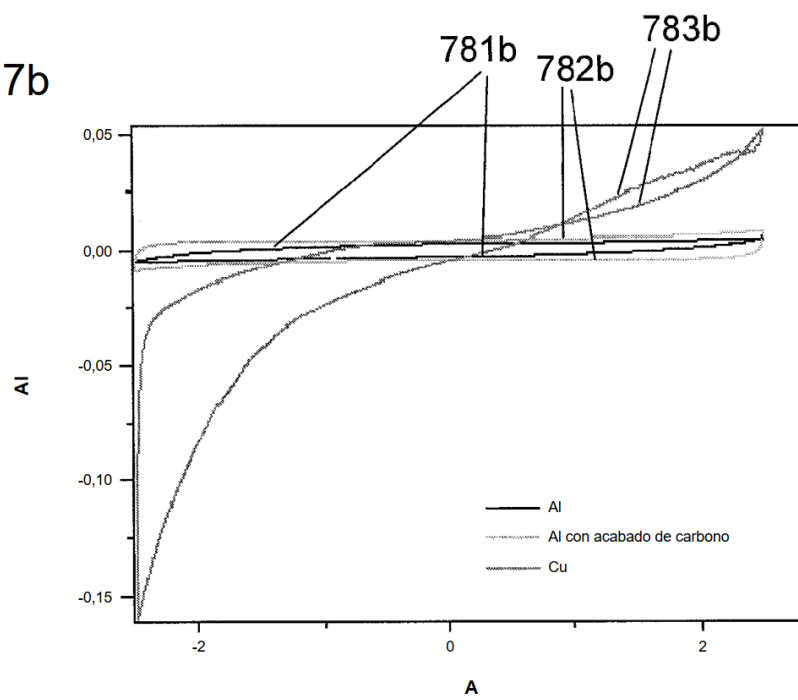


Figura 7c

