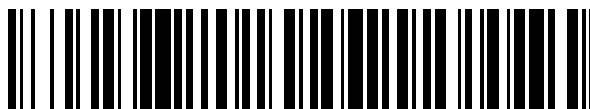


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 549 136**

51 Int. Cl.:

H01G 11/26	(2013.01) H01M 2/26	(2006.01)
H01G 11/04	(2013.01) H01M 10/04	(2006.01)
H01G 11/08	(2013.01) H01M 10/052	(2010.01)
H01G 11/22	(2013.01)	
H01G 11/52	(2013.01)	
H01G 11/76	(2013.01)	
H01G 9/008	(2006.01)	
H01G 9/02	(2006.01)	
H01G 9/04	(2006.01)	
H01G 9/26	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.01.2012 E 12701326 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.07.2015 EP 2663984**

54 Título: **Conjunto de almacenamiento de energía eléctrica con un elemento apilado**

30 Prioridad:

13.01.2011 FR 1150269

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.10.2015

73 Titular/es:

BLUE SOLUTIONS (100.0%)
Odet
29500 Ergué Gabéric, FR

72 Inventor/es:

AZAIS, PHILIPPE

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 549 136 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

Conjunto de almacenamiento de energía eléctrica con un elemento apilado.

5 La presente invención se refiere al campo técnico general de los conjuntos de almacenamiento de energía eléctrica.

En el contexto de la presente invención, por "conjunto de almacenamiento de energía eléctrica" se entiende un supercondensador (es decir, un sistema que comprende por lo menos dos electrodos cuyo material es de la misma naturaleza (carbono activado, por ejemplo), un electrolito y por lo menos un separador) o una batería (es decir, un sistema que comprende por lo menos dos electrodos realizados a partir de materiales distintos, un electrolito y por lo menos un separador) o incluso un condensador electrolítico (es decir, un sistema que comprende por lo menos dos electrodos de aluminio, un electrolito y por lo menos un separador).

Presentación general de la técnica anterior

15 Se conocen diferentes tipos de supercondensadores. Estos supercondensadores están destinados a conectarse entre sí para formar módulos por los siguientes motivos.

20 Generalmente se utilizan dos estructuras diferentes de supercondensadores unitarios, de tensión unitaria generalmente inferior a 3,0 V y que funcionan en medio orgánico:

- los supercondensadores cilíndricos, realizados a partir de bobinado simultáneo de 2 electrodos y de 2 separadores,
- 25 - los supercondensadores prismáticos, realizados a partir de capas sucesivas apiladas para formar un elemento apilado, también conocido con el nombre de "stack" (apilamiento). En este caso, se realizan dos ensamblajes de electrodos: uno para el electrodo positivo y otro para el negativo.

30 Generalmente, el diseño de los supercondensadores cilíndricos permite realizar un conjunto de almacenamiento de energía eléctrica cuya resistencia en serie es menor que la de los supercondensadores prismáticos: las recuperaciones de corriente se realizan en ocasiones directamente mediante soldadura por láser en el bobinado, tal como se describe en el documento EP1964138, lo cual permite reducir considerablemente la resistencia eléctrica de contacto.

35 No obstante, los supercondensadores cilíndricos adolecen de un inconveniente: la densidad de energía de los módulos obtenidos mediante conexión eléctrica de varios supercondensadores cilíndricos es menor que la densidad de energía de los módulos obtenidos mediante conexión eléctrica de varios supercondensadores prismáticos. En efecto, los módulos basados en supercondensadores cilíndricos son menos compactos que los módulos basados en supercondensadores prismáticos debido a la presencia de un volumen muerto entre dos supercondensadores cilíndricos adyacentes.

Ahora bien, el módulo constituye la unidad de base en las aplicaciones. Efectivamente, un supercondensador unitario no puede utilizarse solo debido a su tensión poco elevada (generalmente de 2,7 V o 2,8 V).

45 El interés de un supercondensador prismático es su densidad de energía volumétrica.

No obstante, la resistencia en serie de los supercondensadores prismáticos es generalmente muy superior a la de los supercondensadores cilíndricos debido al tipo de recuperación de corriente que se realiza mediante un montaje atornillado, y por tanto costoso en cuanto a mano de obra y piezas.

50 Esta gran resistencia en serie constituye el principal inconveniente para la tecnología, ya que implica calentamientos muy importantes (efecto Joule) lo cual conlleva un envejecimiento acelerado de los módulos.

La tabla II adjunta presenta los valores de densidades de energía másica y gravimétrica:

- 55 - por un lado de un supercondensador prismático y de un módulo basado en este supercondensador prismático,
- de un supercondensador cilíndrico y de un módulo basado en este supercondensador cilíndrico.

60 En la tabla I se constata que la resistencia en serie de un módulo basado en supercondensadores prismáticos es un 25% más elevada que la de un módulo basado en supercondensadores cilíndricos. También se constata que la densidad de energía másica de un módulo basado en supercondensadores prismáticos es un 25% más elevada que la de un módulo basado en supercondensadores cilíndricos.

65 La tabla I también muestra que los supercondensadores prismáticos, debido a su complejidad de montaje, presentan

un número generalmente más importante de piezas que un supercondensador cilíndrico.

Los problemas inherentes al montaje en módulo de supercondensadores prismáticos son por tanto la adición de numerosas piezas (calado, cinta térmica,...), una mano de obra importante, una masa de componentes inactivos muy importante (generalmente por lo menos el 50% de la masa). Finalmente, el ensamblaje de componentes requiere la utilización de soldadura entre los componentes por medio de puentes. Para resistir a los ensayos de vibración, es por tanto importante realizar una estructura robusta y por tanto muy generalmente maciza.

Por tanto, los supercondensadores cilíndricos y prismáticos presentan cada uno ventajas e inconvenientes.

Ya sea cilíndrico o prismático, la tensión de un supercondensador que funciona en medio electrolítico orgánico (tal como TEABF₄ en acetonitrilo) está limitada a alrededor de 6 V para los electrolitos orgánicos y del orden de 1 V para los electrolitos acuosos (referencia: "Electrochemical Properties of Organic Liquid Electrolytes Based on Quaternary Onium Salts for Electrical Double-Layer Capacitors" Makoto Ue, Kazuhiko Ida y Shoichiro Mori, J. Electrochem. Soc., vol. 141, n.º 11, 1994).

Más allá de esta tensión, se observa una degradación total del electrolito (disolvente y sal). Además, cuanto más elevada es la tensión de funcionamiento de un supercondensador, más rápida es la degradación del electrolito y por tanto más corta es la vida útil del supercondensador.

Por este motivo, los fabricantes de supercondensadores realizan supercondensadores cuya tensión nominal está limitada a 2,7 V incluso 2,8 V, para los electrolitos orgánicos. Esta tensión es un compromiso entre la vida útil y el rendimiento energético del supercondensador.

La energía de un supercondensador está directamente relacionada con la tensión a través de la fórmula:

$$E = \frac{1}{2} C \cdot U^2,$$

donde E representa la energía del supercondensador, C representa la capacidad del supercondensador y U representa la tensión del supercondensador.

Un supercondensador unitario presenta por tanto una baja tensión de funcionamiento. Por ello, un supercondensador unitario no puede utilizarse solo en la gran mayoría de las aplicaciones.

Tal como se recordó anteriormente, los supercondensadores se ensamblan por tanto generalmente de manera que se forma un módulo que funciona a alta tensión (siendo la tensión de utilización del módulo igual a la suma de las tensiones nominales de los supercondensadores cuando se montan en serie). Generalmente, el dimensionamiento de las aplicaciones impone tensiones mínima y máxima de funcionamiento así como una energía necesaria. A partir de estos parámetros, se desprende el número de componentes necesario para alcanzar la tensión y la capacidad total del módulo. Como consecuencia, se calcula la capacidad unitaria de cada componente y después se dimensiona cada supercondensador en función de eso. Pero, según las aplicaciones, los parámetros de tensión y de energía, y, de hecho, el dimensionamiento del supercondensador varían. No poder utilizar un mismo supercondensador independientemente de la aplicación presenta un inconveniente principal para el fabricante.

El documento US 2008/166637 describe una batería con electrolito no acuoso que comprende complejos apilados, un separador y electrodos positivos y negativos para conectar eléctricamente la batería a un generador.

El documento US 2010/220426 describe un componente electrónico cerámico laminado que comprende primeros electrodos internos que se extienden sobre una primera superficie de extremo, y una pluralidad de segundos electrodos internos que se extienden hasta una segunda superficie de extremo.

Un objetivo de la presente invención es proponer un supercondensador prismático cuya tensión de funcionamiento sea más elevada que la de los supercondensadores prismáticos existentes, para permitir la realización de módulos que funcionen a alta tensión.

Otro objetivo de la presente invención es proponer un supercondensador prismático cuya resistencia en serie sea inferior a la de los supercondensadores prismáticos existentes.

Presentación de la invención

Para ello, se propone un conjunto de almacenamiento de energía eléctrica que comprende:

- por lo menos tres complejos apilados, que comprenden cada uno por lo menos un electrodo,
- por lo menos un separador, estando el o los separadores dispuestos de manera que dicho por lo menos un separador esté dispuesto entre cada par de complejos adyacentes,

- dos terminales de conexión para conectar eléctricamente el conjunto a un generador de tensión, estando una primera muestra de complejos conectada eléctricamente a, o formando, uno de los dos terminales y estando una segunda muestra de complejos conectada eléctricamente a, o formando, el otro de los dos terminales, seleccionándose las dos muestras de manera que el número de complejos que pertenecen a la reunión de las dos muestras es inferior al número total de complejos y que la intersección de las dos muestras es un conjunto vacío.

En el contexto de la presente invención, por “complejos apilados” se entienden complejos por lo menos parcialmente superpuestos unos sobre otros. Se observará que complejos enrollados entre sí en espiras para obtener un elemento bobinado no se consideran complejos apilados en el contexto de la presente invención.

Por ejemplo, cada uno de los complejos situados en un extremo del apilamiento se conecta a, o forma, uno de los terminales de conexión, estando cada uno concretamente conectado a, o formando, un terminal de conexión distinto. Un conjunto de almacenamiento de este tipo comprende de hecho por lo menos un complejo distinto conectado a cada terminal respectivo del conjunto y por lo menos un complejo que no está conectado a ninguno de los terminales del conjunto y cuyo potencial no está impuesto por tanto por uno de estos terminales.

Un conjunto de almacenamiento de energía de este tipo permite soportar una tensión más elevada que un conjunto según el estado de la técnica. En efecto, en el conjunto según la invención, sólo algunos de los complejos, que forman cada uno un terminal de dos elementos unitarios adyacentes (estando cada elemento unitario constituido por dos complejos y formando un condensador, un supercondensador o una batería), están conectados a un generador exterior. Los demás complejos están dispuestos “flotando”, es decir, no conectados hacia el exterior.

Los elementos unitarios del conjunto se comportan como si estuvieran en serie. Por tanto, cuando los complejos conectados eléctricamente al exterior del conjunto se seleccionan correctamente, por ejemplo cuando se encuentran en los extremos del apilamiento, la tensión del generador externo no se suministra a cada elemento unitario, como es el caso en el estado de la técnica, sino a un conjunto de elementos unitarios en serie, es decir, los situados entre los dos complejos conectados hacia el exterior. La tensión unitaria aplicada a cada elemento unitario es por tanto igual a la tensión aplicada a los terminales del conjunto dividida entre el número de elementos unitarios entre los dos complejos conectados.

Por tanto, puede evitarse la degradación del electrolito, independientemente de la tensión aplicada en los terminales del conjunto, si el número de elementos unitarios se selecciona de manera acertada para que la tensión local sea lo suficientemente baja como para que el electrolito no se degrade. Debido a ello, gracias a la invención, resulta fácil crear un conjunto de almacenamiento de energía de funcionamiento fiable, aunque se someta a una alta tensión. Además, un conjunto de este tipo presenta un diseño sencillo, volumen ocupado reducido y permite librarse de elementos de conexión tales como puentes de unión o tarjeta de equilibrado, lo que permite disminuir los costes de fabricación del conjunto.

También permite obtener un módulo que presenta una gran capacidad y una baja resistencia. En efecto, dado que cada conjunto funciona a la tensión que se desea aplicar a la aplicación, es posible disponer diferentes conjuntos en paralelo y no en serie, lo que permite sumar las capacidades de los diferentes conjuntos y no obtener una capacidad total de los conjuntos inferior a la capacidad de cada conjunto, como es el caso cuando los conjuntos se conectan en serie. En cambio, debido a este ensamblaje en paralelo, la resistencia total de los conjuntos es inferior a la resistencia de cada conjunto, lo cual es ventajoso para evitar concretamente el sobrecalentamiento del módulo.

Por tanto, el conjunto según la invención permite obtener supercondensadores que presentan buenas propiedades eléctricas al tiempo que son poco costosos y sencillos de fabricar. El conjunto de almacenamiento de energía eléctrica también puede comprender un alojamiento destinado a alojar el apilamiento formado por complejos y por el (o por los) separador(es), conteniendo el alojamiento un electrolito para la impregnación de los complejos. Este alojamiento está constituido ventajosamente por un único compartimento. Por tanto, los complejos no se colocan cada uno en un compartimento respectivo sino que se colocan en un único compartimento.

Aspectos preferidos pero no limitativos del conjunto de almacenamiento de energía según la invención son los siguientes:

- el conjunto comprende por lo menos un complejo que incluye un colector de corriente,
- el conjunto también comprende dos electrodos opuestos a ambos lados del colector de corriente. Uno de los dos electrodos puede presentar un espesor más importante que el otro de los electrodos. Los dos electrodos también pueden presentar una composición distinta. Esto permite optimizar las propiedades del conjunto,
- por lo menos un, preferentemente cada, complejo situado en un extremo del apilamiento está constituido por un colector de corriente y por un único electrodo sobre su cara frente al resto del apilamiento,

- la estructura del conjunto es tal que:

o el separador se extiende en acordeón y comprende una pluralidad de secciones, estando dos secciones adyacentes conectadas a nivel de una línea de plegado para formar un pliegue que presenta un lado cóncavo y un lado convexo,

o por lo menos uno de los complejos forma un primer complejo que se extiende en forma de cheurón y que se sitúa sobre una primera cara del separador, estando cada primer complejo plegado a lo largo de una línea de plegado y estando dispuesto sobre un lado convexo respectivo de la primera cara del separador de manera que la línea de plegado de cada primer complejo coincide con una línea de plegado respectiva del separador,

o por lo menos otro de los complejos forma un segundo complejo que se extiende en forma de cheurón y que se sitúa sobre una segunda cara del separador, estando cada segundo complejo plegado a lo largo de una línea de plegado y estando dispuesto sobre un lado convexo respectivo de la segunda cara del separador de manera que la línea de plegado de cada segundo complejo coincide con una línea de plegado respectiva del separador,

- el conjunto puede entonces comprender una pluralidad de primeros complejos sobre la primera cara del separador, estando los primeros complejos situados en un lado convexo de cada dos, y una pluralidad de segundos complejos sobre la segunda cara del separador, estando los segundos complejos situados en un lado convexo de cada dos,

- las líneas de plegado del separador pueden formar los lados del apilamiento, formando una parte de un primer complejo la parte superior del apilamiento y formando una parte de un segundo complejo la parte inferior del apilamiento,

- el conjunto comprende por lo menos un terminal de medición para medir la tensión entre un terminal de conexión y el terminal de medición, estando un complejo que no pertenece ni a la primera ni a la segunda muestra conectado a, o formando, el terminal de medición,

- en un modo de realización, el conjunto comprende además un alojamiento destinado a alojar el apilamiento, y dos tapas destinadas a cubrir el alojamiento y que forman terminales de conexión del conjunto, perteneciendo el complejo situado en un extremo del apilamiento a la primera muestra y estando conectado eléctricamente a la primera tapa, preferentemente por toda su superficie, y perteneciendo el complejo situado en el otro extremo del apilamiento a la segunda muestra y estando conectado eléctricamente a la segunda tapa, preferentemente por toda su superficie,

- en otro modo de realización, el alojamiento se realiza de un material flexible, comprendiendo los complejos que pertenecen a las muestras primera y segunda una parte, constituida concretamente por una parte del colector, que se extiende en el exterior del alojamiento flexible, de manera que las partes de los complejos de una misma muestra forman un terminal de conexión del conjunto,

- por lo menos un separador forma una sola pieza con un complejo, preferentemente un separador plegado forma una sola pieza con un complejo de manera que se recubren las dos caras opuestas de ese complejo,

- el conjunto comprende un electrolito orgánico, tal como difluoromono[1,2-oxalato-(2-)-o,o']-(1-)-borato de tetraetilamonio, (o TEABF₂Ox), seleccionándose el número de complejos y la distribución de los complejos de las muestras primera y segunda de manera que la tensión local entre cualquier par de complejos adyacentes del conjunto sea inferior a 6 V, preferentemente 3 V,

- el conjunto comprende un electrolito acuoso, tal como potasa, sosa, ácido sulfúrico, nitrato de sodio, sulfato de sodio, nitrato de litio, sulfato de litio, seleccionándose el número de complejos y la distribución de los complejos de las muestras primera y segunda de manera que la tensión entre cualquier par de complejos adyacentes del conjunto sea inferior a 2 V, preferentemente 1 V.

La invención también se refiere a un módulo que comprende una carcasa que comprende por lo menos un conjunto según la invención.

Aspectos preferidos pero no limitativos del módulo según la invención son los siguientes:

- el módulo comprende una pluralidad de conjuntos, estando dichos conjuntos conectados eléctricamente en paralelo,

- cada conjunto comprende terminales de conexión primero y segundo que sobresalen de un alojamiento flexible que contiene un apilamiento, estando los conjuntos superpuestos y fijados juntos para formar un

bloque, estando los conjuntos dispuestos de manera que los primeros terminales de conexión están conectados eléctricamente entre sí, concretamente por medio de una primera placa metálica, y los segundos terminales de conexión están conectados eléctricamente entre sí, concretamente por medio de una segunda placa metálica,

- los terminales de conexión de los conjuntos reposan y están ensamblados directamente sobre las placas metálicas,
- las placas metálicas comprenden ranuras,
- cada placa metálica comprende un pasador, situado preferentemente en el centro de la placa, permitiendo los pasadores conectar eléctricamente el módulo a un elemento eléctrico externo,
- por lo menos un intersticio está dispuesto entre dos conjuntos adyacentes.

Presentación de las figuras

Otras características, objetivos y ventajas de la presente invención se desprenderán adicionalmente de la siguiente descripción, la cual es puramente ilustrativa y no limitativa y debe leerse haciendo referencia a los dibujos adjuntos en los que:

- las figuras 1, 2, 3, 4a, 4b, 5, 6a, 6b, 7a, 7b, 7c, 8 y 9 ilustran esquemáticamente diferentes modos de realización de un conjunto de almacenamiento de energía según la invención;
- la figura 10 ilustra esquemáticamente un núcleo de módulo que utiliza conjuntos constituidos por supercondensadores cilíndricos de la técnica anterior
- las figuras 11 a 16 ilustran diferentes modos de realización de un módulo que utiliza conjuntos según la invención.

Descripción de la invención

Para comprender mejor la invención, va a describirse un breve recordatorio del principio de funcionamiento de un supercondensador.

Principio de funcionamiento de los supercondensadores

Un supercondensador está constituido de manera clásica por dos complejos 1, 2, por un separador 3 entre los dos complejos 1, 2 y por un electrolito.

El separador 3 está constituido por un material eléctricamente aislante.

El electrolito puede ser un medio acuoso o un medio orgánico. En todos los casos, el electrolito comprende iones y es eléctricamente conductor. Un ejemplo de electrolito pertinente es el difluoromono[1,2-oxalato-(2-)-o,o']-(1-)borato de tetraetilamonio, (o [TEABF₂Ox]).

Cada complejo 1, 2 comprende un colector de corriente 11, 21 y por lo menos un electrodo 12, 13, 22, 23.

Cada electrodo 12, 13, 22, 23 se realiza a partir de carbono activado, de un aditivo conductor y de un (o varios) polímero(s) que permite(n) unir los dos constituyentes anteriores. Este electrodo 12, 13, 22, 23 se recubre o extruye a continuación sobre el colector de corriente 11, 21. Constituye el material activo del complejo 1, 2.

El material que constituye el colector de corriente 11, 21 es, por ejemplo, aluminio, níquel, cobre o acero inoxidable. El material del colector de corriente 11, 21 se selecciona por su inercia química y electroquímica con respecto a los constituyentes del electrodo 12, 13, 22 y 23 del electrolito.

La distancia entre los electrodos 12, 22, 13, 23 es generalmente del orden de algunas decenas de micrómetros (generalmente entre 15 y 45 μm), es decir más de 10.000 veces más importante que el tamaño de los iones. Esto permite de garantizar que un ion no puede estar por tanto simultáneamente en contacto con los dos electrodos 12, 22, 13, 23.

En un supercondensador, el almacenamiento de energía eléctrica se realiza mediante desplazamiento de iones en el interior de la porosidad del carbono activado que constituye los electrodos. El tamaño de los iones es del orden de 0,3 a 0,7 nm ([B.E. Conway, R.E. Verall, J.E. Desnoyers, Trans. Faraday Soc. 62, págs. 2738-2744, 1966] - [R.A. Robinson, R.H. Stokes, *Electrolyte Solutions*, 2ª edición, Butterworths, Londres, 1965] - [W.G. Pell, B.E. Conway, N. Marincic, *J. Electroanal. Chemistry* 491, págs. 9-21, 2000] - [M. Endo, Y. J. Kim, H. Ohta, K. Ishii, T. Inoue, T.

Hayashi, Y. Nishimura, T. Maeda, M. S. Dresselhaus, *Carbon* 40, págs. 2613-2626, 2002]).

Cuando se aplica una tensión a los terminales de un supercondensador, ésta genera un campo eléctrico. Bajo el efecto de este campo eléctrico y electrostático, los iones positivos (por ejemplo TEA⁺) van a desplazarse preferentemente hacia el electrodo negativo, y los iones negativos (por ejemplo BF₄⁻) van a desplazarse hacia el electrodo positivo.

Se obtiene como resultado que la capacidad total equivalente del componente vale $(C_+ \times C_-) / (C_+ + C_-)$. Si C₊ y C₋ son del mismo orden, la capacidad total equivalente es C / 2.

La degradación total del electrolito sólo se realiza a partir del momento en el que la tensión entre los dos electrodos de signos opuestos es del orden de 6 V para los electrolitos orgánicos y del orden de 1 V para los electrolitos acuosos. Limitando muy fuertemente la tensión entre los electrodos de signos opuestos, se limita el envejecimiento del supercondensador.

Un objetivo de la invención es permitir aumentar la tensión en los terminales de un supercondensador sin acelerar su envejecimiento.

Una solución a este problema es realizar un supercondensador que comprende un apilamiento de electrodos 12, 22, 13, 23 de signos opuestos, y en el que sólo los electrodos situados en los extremos del apilamiento están eléctricamente conectados hacia el exterior del supercondensador. Los demás electrodos del supercondensador están por tanto situados "flotando", es decir no conectados hacia el exterior.

Descripción del supercondensador según la invención

Ahora van a describirse diferentes modos de realización del conjunto de almacenamiento según la invención haciendo referencia a las figuras. En estas diferentes figuras, los elementos equivalentes del conjunto de almacenamiento llevan los mismos números de referencia.

Haciendo referencia a las figuras 1 a 3, el conjunto de almacenamiento comprende:

- un separador 3 que presenta dos caras 31, 32: una primera cara 31 y una segunda cara 32 opuesta a la primera cara 31,
- una pluralidad de primeros complejos 1 dispuestos sobre la primera cara 31 del separador 3, y
- una pluralidad de segundos complejos 2 dispuestos sobre la segunda cara 32 del separador 3.

El separador 3 es de un material eléctricamente aislante. El separador 3 se extiende entre los complejos primeros y segundos 1, 2. Permite de garantizar el aislamiento eléctrico entre los primeros complejos 1 y los segundos complejos 2.

En el modo de realización ilustrado en la figura 2, cada complejo 1, 2 comprende un colector de corriente 11, 21 sensiblemente plano y dos electrodos opuestos 12, 13 y 22, 23 a ambos lados del colector de corriente 11, 21. Cada electrodo 12, 13 y 22, 23 presenta una cara eléctricamente conductora en común con una cara respectiva del colector de corriente 11, 21. Por tanto, cada cara de un complejo 1, 2 comprende un electrodo respectivo: esto permite aumentar la densidad de energía del supercondensador.

La estructura del supercondensador de las figuras 1 a 3 es la siguiente.

El separador 3 se extiende a modo de un acordeón: comprende por lo menos tres secciones 34, estando dos secciones adyacentes conectadas a nivel de una línea de plegado 35 para formar un pliegue que presenta un lado cóncavo y un lado convexo.

Cada primer complejo 1 se extiende a modo de un cheurón: comprende dos secciones únicas 14 conectadas a lo largo de una línea de plegado 15 para formar un pliegue de complejo que presenta un lado cóncavo y un lado convexo. El lado cóncavo de cada primer complejo 1 está destinado a quedar enfrentado a un lado convexo respectivo de la primera cara 31 del separador 3.

Asimismo, cada segundo complejo 2 se extiende a modo de un cheurón y presenta un lado cóncavo y un lado convexo. Una vez más, el lado cóncavo de cada segundo complejo 2 está destinado a quedar enfrentado a un lado convexo respectivo de la segunda cara 32 del separador 3.

Cada primer complejo 1 está frente a un segundo complejo 2 para formar un elemento unitario 4. Los complejos primero y segundo de un elemento unitario 4 están desplazados uno con respecto al otro por una parte 34 de separador 3. En otras palabras, cada primer complejo 1 está plegado a lo largo de una línea de plegado 15 y está

dispuesto sobre un lado convexo respectivo de la primera cara 31 del separador 3 de manera que la línea de plegado 15 de cada primer complejo 1 coincide con una línea de plegado 35 respectiva del separador 3. Asimismo, cada segundo complejo 2 está plegado lo largo de una línea de plegado 25 y está dispuesto sobre un lado convexo respectivo de la segunda cara 32 del separador 3 de manera que la línea de plegado 25 de cada segundo complejo 2 coincide con una línea de plegado 35 respectiva del separador.

El supercondensador final puede estar constituido por varios elementos unitarios 4 dispuestos en serie y separados dos a dos por una parte de separador para formar un apilamiento 5.

Las líneas de plegado 35 del separador 3 forman los lados 51 del apilamiento 5. Una parte 16 de un primer complejo 1' está situada en un primer extremo del apilamiento de manera que se forma la parte superior del apilamiento 5 y una parte 26 de un segundo complejo 2' está situada en un segundo extremo del apilamiento de manera que se forma la parte inferior del apilamiento 5.

El primer complejo 1' situado en el primer extremo del apilamiento 5 está destinado a conectarse eléctricamente a un (o a formar un) primer terminal de conexión del conjunto de almacenamiento. El segundo complejo 2' situado en el segundo extremo del apilamiento 5 está destinado a conectarse eléctricamente a un (o a formar un) segundo terminal de conexión del conjunto de almacenamiento.

El primer complejo 1' constituye una primera muestra de complejos. El segundo complejo 2' constituye una segunda muestra de complejos. En el contexto de la presente invención, por "primera muestra de complejos" (respectivamente "segunda muestra de complejos") se entiende un grupo de complejos destinados a conectarse eléctricamente al (o a formar el) primer (respectivamente segundo) terminal de conexión del conjunto de almacenamiento.

En el modo de realización ilustrado en las figuras 1 a 3, cada muestra de complejos comprende un único complejo. No obstante, cada muestra de complejos puede comprender varios complejos. Por ejemplo, haciendo referencia a las figuras 7 y 8, cada muestra de complejos comprende una pluralidad de complejos, por ejemplo 5 en el modo de realización de la figura 7 y 3 en el modo de realización de la figura 8.

El lector apreciará que el número de complejos pertenecientes a la reunión de las dos muestras es inferior al número total de complejos y la intersección de las dos muestras es un conjunto vacío.

En otras palabras:

- por lo menos un complejo del conjunto de almacenamiento no pertenece ni a la primera ni a la segunda muestra de complejos (es decir, el número de complejos que pertenecen a la reunión de las dos muestras es inferior al número total de complejos), y
- un complejo que pertenece a la primera muestra de complejos no puede pertenecer a la segunda muestra de complejos (es decir, la intersección de las dos muestras es un conjunto vacío).

Esto significa:

- por un lado, que el apilamiento 5 comprende por lo menos un complejo que no está conectado eléctricamente ni al primer terminal, ni al segundo terminal del conjunto de almacenamiento, y
- por otro lado, que un complejo conectado al primer (respectivamente al segundo) terminal del conjunto de almacenamiento no puede estar conectado al segundo (respectivamente al primer) terminal.

El apilamiento 5 se dispone en un alojamiento 6, mostrado en la figura 3. El alojamiento está constituido por un único compartimento destinado a alojar todos los complejos. Este alojamiento contiene un electrolito que impregna todos los elementos del apilamiento.

Este alojamiento 6 puede ser rígido y de forma por ejemplo paralelepípedica, tal como se ilustra en la figura 3. En este caso, tapas superior e inferior 7, 8 permiten cubrir el alojamiento 6. El apilamiento 5 está impregnado además por un medio orgánico o acuoso que constituye el electrolito del supercondensador. La parte 16 del primer complejo 1' que forma la parte superior del elemento apilado 5 está conectada eléctricamente a la tapa superior 7 por toda su superficie. La parte 26 del segundo complejo 2' que forma la parte inferior del elemento apilado 5 está conectada eléctricamente a la tapa inferior 8 por toda su superficie. En el caso de la utilización de un colector 11, 21 de aluminio, la tapa superior 7 (respectivamente inferior 8) del supercondensador puede estar directamente soldada, unida por soldadura fuerte o soldada por soldadura fuerte-difusión con galio sobre el conjunto de la superficie de la parte 16 (respectivamente parte 26) del primer complejo 1' (respectivamente segundo 2') que forma la parte superior (respectivamente la parte inferior) del apilamiento 5. Esto permite maximizar la superficie de contacto entre cada tapa 7, 8 y el elemento apilado 5 y por tanto minimizar la resistencia eléctrica del supercondensador. Las tapas 7, 8 forman los terminales de conexión del supercondensador.

El hecho de que sólo dos complejos 1', 2' del elemento apilado 5 salgan del separador 3 y estén conectados eléctricamente a las tapas superior e inferior 7,8, estando los demás complejos "flotando", permite disminuir los riesgos de cortocircuito entre los diferentes complejos 1, 2 del elemento apilado 5 y sobre todo aplicar una tensión importante en los terminales del supercondensador sin por ello degradar el electrolito, tal como se explicó anteriormente.

Ventajosamente, el separador 3 puede preverse lo suficientemente largo como para que las partes de extremo 36 del mismo se replieguen de manera que se recubren los lados del apilamiento 5 que comprenden las líneas de plegado 35 con el fin de "disponer en capas" (o enzunchar) el elemento apilado 5, tal como puede verse en la figura 3.

En determinados modos de realización, la parte 16 del primer complejo 1' que forma la parte superior del apilamiento 5 está desprovista de electrodo sobre su cara enfrentada a la tapa 7. Esto permite por un lado facilitar la conexión eléctrica de la tapa superior 7 al primer complejo 1' que forma la parte superior del elemento apilado 5, y por otro lado reducir la resistencia eléctrica entre la tapa 7 y el complejo 1'. Asimismo, la parte 26 del segundo complejo 2' que forma la parte inferior del apilamiento 5 puede estar desprovista de electrodo sobre su cara enfrentada a la segunda tapa 8.

Una ventaja de la estructura del supercondensador ilustrado en las figuras 1 a 3 es la utilización de un único separador 3. Esto permite simplificar el procedimiento de fabricación del supercondensador. Por otro lado, la utilización de un único separador 3 permite evitar los cortocircuitos entre electrodos y facilita el calado (es decir, el ajuste) de los electrodos enfrentados. Finalmente, la utilización de un único separador 3 permite aumentar la resistencia mecánica del supercondensador, formando el separador 3 el esqueleto del supercondensador y aportándole una determinada rigidez.

La estructura del supercondensador prismático según la invención permite hacer variar la tensión en los terminales del supercondensador en función del número de electrodos que constituyen el elemento apilado 5 del supercondensador, tal como se explicó anteriormente.

Además, la estructura del supercondensador prismático permite no crear corriente inducida parásita, ya que los supercondensadores realizados no están bobinados, al contrario que los supercondensadores cilíndricos.

La utilización de supercondensadores según la invención en módulos también permite suprimir la tarjeta de equilibrado del módulo. La tensión de funcionamiento entre dos electrodos unitarios del supercondensador puede elegirse para que sea lo suficientemente baja con el fin de evitar el envejecimiento. Por ejemplo, puede elegirse mantener una tensión igual a 2,3 V entre dos electrodos enfrentados al supercondensador. Debido a ello, la generación de gas se limita muy fuertemente y la realización del módulo no necesita ningún componente muy rígido con vistas a resistir el aumento de presión interna.

Dado que el supercondensador puede dimensionarse para que la tensión entre sus terminales sea igual a la tensión deseada en la aplicación prevista, es posible realizar módulos en los que los supercondensadores están montados en paralelo, lo cual es muy ventajoso a la vez para la capacidad y para la resistencia total del módulo.

En las figuras 4a y 4b se ha ilustrado otro modo de realización del supercondensador según la invención. En este modo de realización, el alojamiento 6 que contiene el apilamiento 5 se realiza de un material flexible estanco a los gases y al electrolito.

Por ejemplo, el alojamiento 6 puede estar constituido por una (o varias) lámina(s) estanca(s) termosoldable(s) (aluminizada(s) o no), replegada(s) sobre sí misma(s) o no. Las características detalladas de un alojamiento de este tipo se describen concretamente en el documento US 4 092 464. Un alojamiento de este tipo ya se utiliza concretamente en la industria para alojar baterías de ion de litio y polímero de litio dedicadas a las aplicaciones portátiles (teléfonos móviles, PDA, GPS, etc.).

Ventajosamente, una porción de la parte 16 del primer complejo 1' que forma la parte superior del elemento apilado 5 sobresale al exterior del alojamiento 6. Esta parte de la parte 16 sirve de primer terminal de conexión eléctrica al supercondensador. Asimismo, una parte de la parte 26 del segundo complejo 2' que forma la parte inferior del elemento apilado 5 sobresale al exterior del alojamiento 6. Esta parte 26 sirve de segundo terminal de conexión eléctrica al supercondensador. Estos terminales de conexión permiten por ejemplo conectar eléctricamente el supercondensador a otro supercondensador.

En este modo de realización, las secciones 16, 26 de los complejos primero y segundo 1', 2' que forman la parte superior y la parte inferior del elemento apilado 5 comprenden un único electrodo situado enfrentado al resto del apilamiento, concretamente al electrodo adyacente. Además, el colector de cada parte 16, 26 se prolonga de manera que sobresale del alojamiento 6, estando la parte del colector que sobresale del alojamiento desprovista de electrodo.

En el modo de realización ilustrado en las figuras 4a y 4b, los terminales de conexión 16, 26 están situados sobre dos lados opuestos del alojamiento 6. El experto en la materia habrá comprendido que estos terminales de conexión 16, 26 pueden extenderse en el mismo lado del alojamiento 6 o sobre lados adyacentes del alojamiento 6, y prolongar el alojamiento en su longitud o en su anchura.

En la figura 5 se ha ilustrado una variante de realización del supercondensador según la invención. En esta variante, el supercondensador comprende varios separadores 3, 3', 3'', 3'''.

Al igual que en el modo de realización ilustrado en las figuras 1 a 3, cada separador 3, 3', 3'', 3''' está plegado a modo de un acordeón, y comprende sobre cada una de sus caras, complejos primeros y segundos 1, 2, estando cada complejo 1, 2 plegado a modo de un cheurón. Los complejos primeros y segundos 1, 2 asociados a cada separador 3, 3', 3'', 3''' están desplazados unos con respecto a otros por un paso igual a una parte de separador 3, 3', 3'', 3'''.

Los diferentes separadores 3, 3', 3'', 3''' y sus complejos asociados 1, 2 están apilados unos sobre otros para formar el apilamiento 5. Este modo de realización permite, a partir de separadores de longitud finita, realizar un elemento apilado independientemente de su altura deseada.

En un tercer modo de realización, representado en la figura 6a, cada separador forma una sola pieza con un complejo. El separador 3 está más precisamente plegado sobre un complejo 40 de manera que se recubren las dos caras opuestas de ese complejo. El apilamiento consiste entonces en una alternancia de complejos 40 que comprenden un separador 3 integrado y de complejos 41 desprovistos de separadores.

Fabricación de un conjunto según la invención

Ahora va a describirse un procedimiento de ensamblaje de un conjunto según el tercer modo de realización de la invención.

La realización de un conjunto de este tipo puede realizarse según las siguientes etapas:

- plegar el separador 3 sobre el complejo 40,
- ensamblar el separador plegado con el complejo (electrodo/colector/electrodo) en su interior mediante laminación o calandrado para formar un elemento 42 de una sola pieza. Para facilitar el ensamblaje, el separador puede perforarse con orificios 43, tal como se representa en las figuras 6A y 6B, o refundirse localmente durante el ensamblaje por medio de agujas calientes, en el caso en el que se realiza de un material polimérico,
- reconstituir un apilamiento superponiendo un complejo sin separador 41 en alternancia con un complejo con separador 40. Los complejos que forman los extremos del apilamiento son preferentemente complejos sin separador 41A. También son de una sola cara, y forman los terminales de conexión del conjunto tal como se explicó anteriormente,
- compactar el apilamiento,
- colocar el apilamiento en el alojamiento flexible o en una envuelta de plástico rígido que comprende una tapa,
- cerrar en por lo menos 2 lados del alojamiento o sellar la tapa. El cierre parcial se realiza preferiblemente de manera que los electrodos sobresalgan del alojamiento para permitir garantizar una mejor estanqueidad.

Variantes de realización de un conjunto según la invención

Ahora van a describirse variantes de realización de la invención.

En esta invención, se observará que el conjunto no comprende necesariamente complejos de dos caras (es decir, el complejo comprende un colector de corriente y dos electrodos opuestos a ambos lados del colector). Todos los complejos del módulo pueden ser de una sola cara sobre un colector (es decir, el complejo comprende un colector de corriente y un electrodo sobre una de las caras del colector) o más ventajosamente, por lo menos algunos complejos pueden ser autoportantes (es decir, el complejo comprende únicamente un electrodo y no comprende colector de corriente) tal como se describe, por ejemplo, en las patentes FR2871615 y FR2759087. En este caso, los complejos apilados y la densidad de energía se aumentan con respecto al componente que comprende un colector. Esta solución también es económicamente ventajosa, ya que permite limitar muy fuertemente la utilización de colector, constituyente costoso en los supercondensadores, y utilizar un mismo complejo para supercondensadores que funcionan en medio orgánico o en medio acuoso para los que los colectores habitualmente utilizados no son los mismos.

Los complejos y los separadores pueden evidentemente ser de diseño más sencillo que lo que se ha descrito, siendo cada uno plano.

También se observará, tal como se muestra en las figuras 7 y 8, que un conjunto puede comprender una primera muestra de varios complejos 45A a 45E que forman un primer terminal de conexión y/o una segunda muestra de varios complejos 46A a 46E que forman un segundo terminal de conexión, con la condición de que la intersección de las muestras sea evidentemente un conjunto vacío y que el número de complejos en la reunión de las muestras sea inferior al número total de complejos. Esto equivale de hecho a colocar varios apilamientos 5A a 5E tal como se describieron anteriormente en un mismo alojamiento 6. Basta entonces con hacer que sobresalgan del alojamiento estanco únicamente los complejos 45, 46 pertenecientes a las muestras primera y segunda.

Entonces pueden colocarse, tal como se representa en la figura 7a, los apilamientos de manera que dos complejos pertenecientes a la misma muestra estén adyacentes.

Tal como se representa más claramente en las figuras 7b y 7c (representando la figura 7c una vista del detalle A de la figura 7a), también pueden diseñarse los complejos de manera que sólo un elemento 47 forme dos complejos 46C, 46D que constituyen cada uno un terminal de conexión de dos apilamientos adyacentes. Un elemento 47 de este tipo comprende un colector 48 dotado de dos zonas de extremo 48A, 48B sobre las que se deposita un electrodo, sobre una única cara del mismo, y de una zona central 48C desprovista de electrodo. Este elemento es dos veces más largo que un complejo que forma un terminal de conexión clásico, tal como los complejos 45A, 46E, que forman los extremos del conjunto.

Antes de colocarse en el alojamiento 6, el elemento 47 se repliega sobre sí mismo según una línea de plegado 49 que se extiende en el centro del mismo, de manera que la primera mitad del elemento forma un complejo de extremo 46C de un primer apilamiento 5C y que la segunda mitad del mismo forma un complejo de extremo 46D de un apilamiento adyacente 5D. La zona desprovista de electrodo sobresale entonces fuera del alojamiento 6. Para garantizar la estanqueidad del conjunto dotado de un complejo de este tipo, hace falta no obstante añadir un material fusible 50 entre las dos mitades del complejo, por ejemplo durante el termosellado de la envuelta. Este material se coloca sobre la cara opuesta a aquélla en la que se ha depositado el electrodo.

También se observará que una lámina de material estanco 57, tal como el que forma el alojamiento, puede colocarse en el mismo entre dos apilamientos. No obstante, la presencia de una lámina de este tipo es opcional.

Un medio de simplificar un conjunto que comprende varios apilamientos es realizar un conjunto tal como se describe en la figura 8. Entonces se utilizan complejos de dos caras 52, 53, que forman a la vez el complejo de extremo de un primer apilamiento, respectivamente 5A y 5C para los complejos 53 y 5B, 5D para los complejos 52, y el complejo de extremo de un segundo apilamiento adyacente, respectivamente 5B y 5D para los complejos 53 y 5C, 5E para los complejos 52. El colector de un complejo 52, 53 de este tipo comprende una parte saliente que sobresale del alojamiento. En este caso, el alojamiento se sella sin problemas de escapes. En el caso de la figura 8, la primera muestra está constituida por los complejos 45A y 52 y la segunda muestra está constituida por los complejos 53 y 46E.

Tal como se representa en la figura 9, también es posible, en todos los modos de realización mencionados, diseñar el conjunto de manera que comprenda por lo menos un terminal de medición 54 además de los terminales de conexión 55A, 55B (en este caso, formados respectivamente por cada uno de los complejos de extremo del apilamiento). Un complejo que no pertenece ni a la primera ni a la segunda muestra y, por tanto, distinto de los complejos de extremo se conecta al terminal de medición. Esto permite realizar mediciones de tensión con ayuda de un voltímetro 56 en cada parte del apilamiento, con el fin de conocer por lo menos parcialmente la distribución de tensión en el mismo. De manera muy sencilla, este terminal de medición puede crearse, por ejemplo, añadiendo una parte de colector que prolonga un complejo intermedio del apilamiento hacia el exterior. En este caso, la tensión puede medirse fácilmente y puede determinarse si existe un envejecimiento anticipado o un defecto en el interior del apilamiento.

En una variante de realización, los espesores de los electrodos depositados sobre las dos caras del colector son diferentes. En el caso de utilización de un electrolito cuyo catión es más voluminoso que el anión (diámetro del ion), el electrodo negativo se elegirá preferentemente para ser el más fino para permitir limitar el envejecimiento. No obstante, es posible elegir el electrodo negativo más grueso con vistas a aumentar la densidad de energía. No obstante, esto se realiza en perjuicio del envejecimiento.

En otro modo de realización, el conjunto comprende complejos con un colector y electrodos de baterías, es decir electrodos realizados con materiales distintos y que forman respectivamente el cátodo y ánodo de la batería. En este caso, el colector se selecciona preferentemente para formar una barrera frente a los iones. Una primera cara del colector comprende un tipo de electrodo (cátodo, por ejemplo) y una segunda cara comprende el electrodo de polaridad opuesta (ánodo). El ánodo puede realizarse, por ejemplo, de litio metálico o grafito o material de carbono o compuesto de inserción (estaño, antimonio, silicio, azufre, etc.) mientras que el cátodo puede realizarse, por

ejemplo, de LiFePO_4 . Los espesores de los dos electrodos también pueden ser diferentes. Esto permite aumentar considerablemente la densidad de las baterías, como en el caso de los supercondensadores descritos anteriormente.

5 Medición de las características de un supercondensador que comprende un apilamiento según el segundo modo de realización de la invención

Los resultados de la tabla II adjunta se han obtenido con un supercondensador del siguiente tipo:

- 10 - Número de láminas apiladas: 22, de las cuales hay 20 complejos denominados “de dos caras” (es decir que comprenden un colector de corriente y dos electrodos, estando cada electrodo en contacto con una cara respectiva del colector de corriente) y dos complejos denominados “de una sola cara” (es decir que comprenden un colector de corriente y un único electrodo sobre una cara del colector de corriente), constituyendo los complejos de una sola cara la parte superior y la parte inferior del elemento apilado;
- 15 - Capacidad volumétrica del electrodo: 30 F/cm^3
- Dimensión de una lámina: $7 \text{ cm} \times 34 \text{ cm}$.
- 20 - Espesor de los complejos de una sola cara: $100 \mu\text{m}$ de electrodo sobre colector de aluminio con espesor de $30 \mu\text{m}$ (espesor total = $130 \mu\text{m}$)
- Espesor de los complejos de dos caras: $100 \mu\text{m}$ de electrodo en ambos lados sobre colector de aluminio con espesor de $30 \mu\text{m}$ (espesor total: $230 \mu\text{m}$)
- 25 - Número de separadores: 21.
- Espesor de separador: $25 \mu\text{m}$ (TF4425 de NKK).
- 30 - Volumen de electrodo: $2,38 \text{ cm}^3$.
- Capacidad teórica esperada: $2,38 \text{ cm}^3 \times 30 \text{ F/cm}^3 / 21 = 3,4 \text{ F}$ (volumen de electrodo x capacidad volumétrica / número de condensadores apilados (= capas de separadores)). Las mediciones se realizaron a 54 V en modo galvanostático de 10 A de carga/descarga. La tensión entre láminas (es decir para cada supercondensador constituido por dos láminas sucesivas) es de $2,57 \text{ V}$.

Se constata que el valor medio de la capacidad obtenida es muy próximo al valor teórico esperado.

40 La constante de tiempo sigue siendo inferior al segundo, lo que muestra correctamente el comportamiento convencional del supercondensador así obtenido.

Realización de un módulo a partir de supercondensadores según la invención:

45 Ahora va a describirse, haciendo referencia a las figuras 11 a 16, un ejemplo de módulo obtenido conectando eléctricamente en paralelo una pluralidad de supercondensadores 9 con alojamiento flexible.

Cada supercondensador 9 está compuesto por un apilamiento 5 que comprende dos terminales de conexión 16, 26.

Los supercondensadores están dispuestos de manera que:

- 50 - los extremos de los terminales de conexión 16 de signo positivo de los diferentes supercondensadores están contenidos en un primer plano P^+ ,
- 55 - los extremos de los terminales de conexión 26 de signo negativo de los diferentes supercondensadores están contenidos en un segundo plano P^- .

Estos dos planos $P^+ P^-$ se extienden a ambos lados de los supercondensadores 9. El conjunto de estos terminales de conexión pueden fijarse entre sí mecánicamente utilizando un adhesivo o una resina 91 para formar un bloque, tal como se ilustra en la 8.

60 A continuación se reúnen las “franjas” 92, 93 a ambos lados del módulo así formado para formar sólo dos bornes de conexión del módulo. Las franjas 92, 93 pueden presentar ventajosamente una dimensión igual a la de los terminales de conexión 16, 26 de los supercondensadores. Esto permite conducir la corriente de manera uniforme (potencial idéntico por el conjunto del supercondensador) y también poder constituir un “radiador” eficaz para el supercondensador.

Las franjas 92, 93 pueden disponerse tal como se describe en el documento FR 2 921 195 con vistas a soldarse entre sí tal como se ilustra en la figura 9. También pueden ensamblarse mediante soldadura fuerte tal como se describe en el documento FR 2 902 938, o mediante cualquier otro procedimiento que permita obtener una baja resistencia eléctrica.

5 Para conectar eléctricamente las franjas 92, 93, puede soldarse una placa 94 metálica a las (o unirse por soldadura fuerte a las) franjas 92, 93, dispuestas y ensambladas previamente, dispuestas y no ensambladas previamente, no dispuestas pero ensambladas previamente o no dispuestas ni ensambladas previamente.

10 El hecho de disponer las franjas 92, 93 y de realizar un ensamblaje de la placa 94 metálica directamente sobre las franjas dispuestas permite reducir la resistencia eléctrica de contacto. La placa 94 metálica así ensamblada también permite disipar el calor hacia el exterior del módulo de manera eficaz. Cada placa 94 puede realizarse de aluminio, lo que proporciona una ventaja térmica, y comprender ranurados para mejorar la disipación del calor.

15 La conexión hacia la aplicación puede realizarse a través de un pasador 95 situado en el centro de la placa 94 para distribuir uniformemente la corriente, tal como se ilustra en la figura 15. Cada pasador 95 también puede estar descentrado según las necesidades dimensionales, incluso llevarse al lado del módulo final, tal como se ilustra en la figura 16.

20 La verticalización de los supercondensadores permite facilitar la disipación del calor producido durante cargas / descargas del módulo: los supercondensadores verticales desempeñan por tanto el papel de "radiador" térmico.

25 Los supercondensadores pueden juntarse unos a otros directamente. También es posible situar intersticios 97 entre los supercondensadores. Estos intersticios 97 pueden estar constituidos por un material rígido para reforzar mecánicamente el módulo. Estos intersticios también pueden estar constituidos por un material polimérico (por ejemplo de tipo "gad pad") con el fin de mejorar el rendimiento de disipación térmica.

También puede sobremoldearse el conjunto del módulo formado (como es el caso en los motores eléctricos, por ejemplo). Esto permite protegerse frente a escapes al tiempo que se rigidiza el módulo.

30 Los flancos 96 del módulo pueden realizarse de material de plástico para aislar eléctricamente los dos polos del módulo.

35 El conjunto del módulo también puede recubrirse mediante una funda aislante que sólo deja salir los dos pasadores 95 de conexión del módulo con el fin de evitar cualquier problema de seguridad con respecto a la utilización o al usuario. Esta funda puede ser flexible o puede realizarse mediante sobremoldeo (por inmersión, por ejemplo). Preferentemente, el espesor de esta funda se prevé lo suficientemente fino como para facilitar la disipación térmica.

40 También puede imaginarse que las partes que sobresalen de los complejos de extremo salen no en la altura del módulo sino en la longitud del mismo. En este caso, dos flancos opuestos pueden ser conductores mientras que las otras paredes del módulo son aislantes.

45 En otra configuración, el conjunto de las paredes de los módulos es aislante: cada terminal agrupa respectivamente los complejos que forman respectivamente el terminal positivo y negativo de cada conjunto, y atraviesa de un lado a otro una o varias paredes del módulo. En este modo de realización, entonces es posible situar los terminales del módulo en el mismo lado.

También se observará que, en el caso en el que se colocan varios apilamientos en un único alojamiento, un conjunto puede constituir por sí solo un módulo utilizable para una de las aplicaciones descritas a continuación.

50 Comparación de enfoques de dimensionamiento de un módulo

Para hacer resaltar el interés del supercondensador según la invención, ahora van a compararse los enfoques de dimensionamiento:

- 55 - de un módulo que utiliza supercondensadores cilíndricos de la técnica anterior,
- de un módulo que utiliza supercondensadores prismáticos según la invención.

60 Se recuerda que un interés de la invención es poder realizar supercondensadores compactos de alta tensión.

65 El problema que debe resolverse por cualquier fabricante de supercondensadores y de módulo es adaptar, en un volumen dado, el ensamblaje de supercondensadores de capacidad unitaria elevada (generalmente superior a 500 F) con una tensión fijada por la aplicación (generalmente muy elevada con respecto a la tensión unitaria que puede soportar cada supercondensador) y una energía útil mínima.

Ejemplo de dimensionamiento convencional con componentes cilíndricos.

Se suponen los siguientes datos de entrada:

$$U_{\text{máx.aplicación}} = 120 \text{ V} \text{ i } U_{\text{mín.aplicación}} = 60 \text{ V.}$$

Energía necesaria: 200 kJ.

La tensión de la aplicación induce un número de supercondensadores necesarios:

- si la tensión nominal de cada supercondensador es de 2,5 V, entonces el número de supercondensadores que deben montarse en serie es igual a: $120 \text{ V} / 2,5 = 48$ supercondensadores montados en serie;
- si la tensión nominal de cada supercondensador es de 2,73 V, entonces el número de supercondensadores que deben montarse en serie es igual a: $120 \text{ V} / 2,73 = 44$ supercondensadores en serie
- si la tensión nominal de cada supercondensador es de 3,0 V, entonces el número de supercondensadores que deben montarse en serie es igual a: $120 \text{ V} / 3,0 \text{ V} = 40$ supercondensadores.

En este caso se observa inmediatamente el problema de elección que se le impone al fabricante: el hecho de utilizar 44 supercondensadores cilíndricos parece más ventajoso que la utilización de un número superior (48 supercondensadores); no obstante, la utilización de 44 supercondensadores no corresponde a ninguna otra disposición aparte de 4 filas de 11 componentes, lo cual no es ventajoso en cuanto al dimensionamiento volumétrico. El dimensionamiento basado en 40 componentes parece más compacto (8 filas de 5 componentes) pero es particularmente agresivo en cuanto al envejecimiento, teniendo en cuenta la tensión más elevada aplicada a los terminales de cada supercondensador.

La energía necesaria induce el dimensionamiento de cada supercondensador:

$$200 \text{ kJ} = \frac{1}{2} C ((U_{\text{máx}})^2 - (U_{\text{mín}})^2)$$

$$200.000 \times 2 / (120^2 - 60^2) = 37,04 \text{ F}$$

Si cada supercondensador funciona a 2,5 V, se obtiene una capacidad unitaria de 1778 F para cada supercondensador.

Si cada supercondensador funciona a 2,73 V, la capacidad es entonces de 1630 F.

Si cada supercondensador funciona a 3,0 V, la capacidad es entonces de 1482 F.

De la misma manera, esto genera el desarrollo de tapas, de carcasas, etc. para realizar este supercondensador que no existen en la gama de los fabricantes. Se observa correctamente que para cada aplicación, la capacidad del supercondensador será diferente.

Además, el hecho de hacer funcionar un supercondensador a 2,5 V o a 2,73 V incluso a 3,0 V cambia considerablemente los componentes de la tarjeta electrónica de equilibrado.

Por tanto, no es económicamente ventajoso modificar, para cada aplicación, la tensión unitaria del supercondensador. Esta tensión unitaria es por tanto una limitación adicional que dimensiona directamente el módulo final. Asimismo, la autodescarga de cada supercondensador no será la misma en función de la tensión unitaria del supercondensador (pérdida de tensión ΔU más importante a un tiempo fijo si la tensión unitaria U aumenta).

Ejemplo de dimensionamiento a partir de supercondensadores de la técnica anterior de 1852 F montados en serie y que funcionan de manera unitaria a una tensión de 2,4 V

La energía se alcanza para 50 supercondensadores. Esto representa un módulo que comprende 5 filas de 10 supercondensadores.

En la figura 10 se ha ilustrado un núcleo de módulo (es decir, la disposición de supercondensadores sin la carcasa del módulo y sin las tarjetas electrónicas de gestión) obtenido con un dimensionamiento de este tipo.

El diámetro de cada supercondensador es de 6,2 cm y la altura con puente es igual a 11 cm. La capacidad del electrodo es de 30 F/cm³. La anchura activa (o capa que contiene el material activo) es de 10 cm. La energía volumétrica a nivel del supercondensador (sin puente) es de 4,4 Wh/l a 2,4 V.

El espacio entre cada supercondensador necesario para eliminar los problemas de cortocircuito es de 2 mm a cada lado de un supercondensador. Este espacio es el mismo entre un supercondensador y el flanco del módulo. El espesor de los flancos es de 3 mm. El espesor de los aislantes elastoméricos (superior e inferior) es de 3 mm cada uno. El espesor de las cubiertas inferior y superior también es de 3 mm.

5 El volumen del módulo es, por tanto, igual a: $328 \text{ mm} \times 648 \text{ mm} \times 122 \text{ mm} = 25,9 \text{ litros}$. La energía volumétrica de este módulo es de $2,15 \text{ Wh/l}$.

10 En el sector del automóvil, algunas veces es útil, para vehículos que consumen más energía, disponer de módulos cuya energía es más importante (por ejemplo de hasta 500 kJ). No obstante, por motivos económicos evidentes (elección del convertidor, conexiones y tarjetas electrónicas), la tensión de utilización será la misma (máximo de 120 V). Esta tensión está generalmente fijada por el convertidor, el conjunto electrónico de potencia asociada y el motor eléctrico utilizados.

15 Realizando el mismo tipo de dimensionamiento (2,7 V/supercondensador, $U_{\text{máx}} = 120 \text{ V}$ y $U_{\text{mín}} = 60 \text{ V}$), la supercapacidad unitaria vale 4167 F. El diámetro de cada componente es entonces de 6,7 cm y la altura del componente vale 17,8 cm. La densidad de energía del componente es entonces de $4,2 \text{ Wh/l}$ a 2,7 V. El volumen del módulo vale entonces $H \times L \times I$ (en dm) = $1,9 \times 6,29$ (fila de 9 componentes) $\times 3,53$ (fila de 5 componentes) = $42,2 \text{ l}$. La densidad de energía del módulo vale entonces $3,30 \text{ Wh/l}$. Los cálculos anteriores se realizan tal como se explicó anteriormente, teniendo en cuenta las características del módulo realizado a partir de los siguientes componentes bobinados con una capacidad unitaria de 4167 F:

Organización: 9 filas de 5 líneas de componentes (45 en total)

25 Espacio entre componentes: 2 mm

Espesor del puente incluido en la tapa

30 Espesor de las tapas: 3 mm

Espesor de los aislantes elastoméricos: 3 mm

35 En el caso de una aplicación que funciona con un pico de 500 A, los dos supercondensadores conectados a los terminales del módulo experimentan un amperaje muy elevado y por tanto un sobrecalentamiento elevado con respecto a los demás supercondensadores del módulo, y por tanto un envejecimiento acelerado.

40 Además, el ensamblaje de supercondensadores constituidos en módulo presenta un inconveniente principal: el potencial de cada supercondensador a nivel de la cubierta inferior (es decir, superior respectivamente) es diferente en todos los puntos. Esto necesita añadir materiales eléctricamente aislantes y resistentes a una tensión de ruptura elevada. No obstante, los materiales utilizados deben poder evacuar térmicamente el calor, lo cual constituye generalmente una gran dificultad para realizar un módulo con buen rendimiento. La invención presenta un medio muy interesante para superar este problema y por tanto limitar fuertemente la utilización de estos materiales costosos.

45 Medición de las características de un módulo de supercondensadores según la invención

La tabla III adjunta presenta los dimensionamientos de módulos de energía variable (200 kJ y 500 kJ). La invención permite responder a diferentes valores de energía requerida pero con un mismo nivel de tensión y con un único tipo de conjunto de almacenamiento de energía en el que sólo el número es variable. Estos conjuntos, o supercondensadores, se conectan eléctricamente en paralelo para alcanzar el resultado mencionado anteriormente.

50 Tal como muestra el resultado referente al módulo de 500 kJ, de tensión idéntica, el volumen se reduce en un 28% con respecto a la solución propuesta a partir de componentes bobinados.

55 En el caso del módulo de 200 kJ, la ganancia es del 45%.

La invención también muestra que no es necesario aumentar la tensión para alcanzar una densidad de energía elevada.

60 En el estado de la técnica, tal como se detalló anteriormente, la realización de módulos de energía variable pero de tensión idéntica no puede basarse en una unidad idéntica ya que a la vez los parámetros de tensión y de capacidad varían cuando se cambia el número de supercondensadores de capacidad idénticos. Esto es económicamente perjudicial.

65 En la invención, puede adoptarse un conjunto unitario idéntico para obtener diferentes valores de energía cuando la tensión es idéntica, tal como se muestra en la tabla III, ya que la tensión del conjunto equivale a la de la aplicación.

Esta estrategia significa muy fuertemente la realización de ensamblaje y disminuye los costes de fabricación de tales ensamblajes, con vistas a realizar un módulo.

Ejemplo de dimensionamiento a partir de supercondensadores según la invención

Los supercondensadores según la invención son adecuados para funcionar a la tensión de la aplicación.

Se suponen los siguientes datos de entrada, idénticos a los utilizados para realizar el módulo según el estado de la técnica:

$$U_{\text{máx. aplicación}} = 120 \text{ V} \cdot U_{\text{mín. aplicación}} = 60 \text{ V}.$$

Energía necesaria: 200 kJ.

La tensión de cada supercondensador depende del número de láminas apiladas en el elemento apilado.

Si se desea limitar drásticamente el envejecimiento, pueden hacerse funcionar los electrodos enfrentados a una tensión máxima de 2,4 V.

Con 51 láminas (por tanto 50 condensadores planos en serie) la tensión entre electrodos es de 2,40 V. Se observa que el número de láminas no es en este caso un factor de elección limitante: nada impediría utilizar sólo 45 láminas que funcionen dos a dos a 2,7 V.

La capacidad que debe alcanzarse es de 37,04 F para el módulo final. Utilizando un supercondensador prismático con una capacidad unitaria de 4,63 F, basta con montar 8 supercondensadores prismáticos (o conjuntos) en paralelo para realizar el módulo final deseado.

Dimensión unitaria de la lámina:

Capacidad del electrodo: 30 F/cm³

49 láminas de dos caras apiladas con un espesor de 230 µm y 2 láminas de una sola cara con un espesor de 130 µm, idénticas a las utilizadas en el ejemplo anterior (es decir, en total 51 láminas).

Una anchura de 16 cm es un buen compromiso para limitar la resistencia con un complejo de este espesor. El volumen de un electrodo se calcula por tanto de la siguiente manera:

$$\text{Volumen de un electrodo} = L \times 16 \times 0,01 \text{ cm}^3$$

La capacidad teórica que debe alcanzarse es de 4,63 faradios, tal como se explicó anteriormente. Se calcula de la siguiente manera

Capacidad teórica que debe alcanzarse = volumen de electrodo x capacidad volumétrica / número de supercondensadores apilados (= número de separadores) = volumen de electrodo x 30 / 50

El volumen de una capa de electrodo vale por tanto 7,712 cm³.

La longitud del electrodo unitario vale por tanto $L = 7,712 / (0,01 \times 16)$, es decir aproximadamente 48,2 cm (o 482 mm tal como se indica en la tabla III).

Tal como puede observarse, el dimensionamiento del electrodo está limitado únicamente por la longitud del electrodo, lo cual equivale a un dimensionamiento de la longitud del alojamiento del módulo final que cubre el electrodo, es decir, no una pieza metálica, sino una película desenrollable y que puede cortarse a la dimensión deseada. Por tanto, resulta fácil adaptar el conjunto a la aplicación deseada.

El módulo final presentará por tanto, como mínimo, las siguientes dimensiones (puede hacerse referencia a la tabla III).

Para cada conjunto:

Separador (número: 50): espesor = 25 µm y anchura = 17 cm x 49,2 cm

Electrodos de dos caras (número: 49): espesor = 230 µm

Electrodos de una sola cara (número: 2): espesor = 130 µm.

Estos electrodos presentan una dimensión activa de 16 cm x 48,2 cm y los electrodos de una sola cara también comprenden un saliente colector (que forma un terminal de conexión) de 3 cm, lo cual aumenta la anchura del módulo.

- 5 Envuelta que forma el alojamiento con un espesor de 2 mm (por tanto, 4 mm en total, tal como se indica en la tabla III) y con una dimensión externa: $(16 + 2) \text{ cm} \times (48,2 + 2) \text{ cm} = 18 \text{ cm} \times 50,2 \text{ cm}$.

De ahí se obtienen, para el conjunto, las siguientes dimensiones:

- 10 Espesor total: 1,7 cm

Altura total: 19 cm (teniendo en cuenta el saliente colector)

Longitud total: 50,2 cm

- 15 La dimensión total del módulo que comprende 8 conjuntos de 4,63 F/unidad a 120 V, tal como se describió anteriormente, presenta las siguientes dimensiones.

Anchura del módulo: 14,5 cm

- 20 Longitud total: 51,2 cm (teniendo en cuenta la distancia necesaria para el ensamblaje de los conjuntos)

Altura total: 19 cm.

- 25 Esta anchura se alcanza ya que, entre los conjuntos, se añade una traviesa que permite evacuar el calor de manera eficaz (material termoconductor). Cada traviesa puede medir 1 mm de espesor.

- 30 También se considera el espesor de los flancos del módulo final, que puede ser de 3 mm. Estos flancos se seleccionan aislantes o conductores en función de la colocación de los terminales del módulo, para no alterar el funcionamiento eléctrico del supercondensador.

El módulo no necesita ninguna tarjeta de equilibrado, al ser las tensiones unitarias entre láminas bajas (2,4 V) y al estar los conjuntos montados en paralelo.

- 35 Se obtiene por tanto un módulo con un volumen total: $51,2 \times 14,5 \times 19 = 14,1$ litros.

Esto representa por tanto una ganancia del 45% en volumen con respecto a un núcleo de módulo realizado a partir de supercondensadores cilíndricos que funcionan a la misma tensión.

- 40 La densidad de energía volumétrica es por tanto: $200 \text{ kJ} / 14,1 \text{ l} = 3,9 \text{ Wh/l}$, aunque los electrodos funcionen de manera unitaria a una tensión de 2,4 V.

- 45 Se observará que la corriente de cada conjunto sigue siendo baja aunque la corriente del módulo sea elevada, ya que la corriente de cada ramificación es la división de la corriente total entre el número de conjuntos de almacenamiento de energía. En el caso del módulo dimensionado en este caso, la aplicación necesita una corriente pico del orden de 500 A en el módulo. Esto conlleva por tanto una corriente unitaria de 67,5 A para cada conjunto, lo cual es relativamente bajo. El calentamiento de cada supercondensador será por tanto bastante limitado.

- 50 Se comprende en este caso que una ventaja de la invención es dimensionar el módulo directamente a través de la tensión máxima dada por la aplicación.

- 55 A continuación se determina el nivel de capacidad buscado mediante la energía que debe proporcionarse. Por tanto, la energía depende directamente de la capacidad que debe proporcionarse (mediante suma), lo cual corresponde a un ensamblaje en paralelo de supercondensadores cuyo nivel de tensión como requisito previo ya se ha alcanzado.

- A la inversa, realizando supercondensadores de gran valor de capacidad y de baja tensión unitaria, generalmente resulta complejo responder lo mejor posible a las limitaciones de la aplicación debido al nivel de tensión que debe alcanzarse: por tanto resulta más sencillo realizar un ensamblaje de conjuntos de gran tensión y de baja capacidad que a la inversa.

- 60 Otro interés de un módulo que funciona a alta tensión es poder utilizar un convertidor CC/CC entre el módulo de supercondensadores y la aplicación (de tensión variable) utilizando corrientes más bajas que funcionando a baja tensión.

En resumen, las ventajas del supercondensador descrito anteriormente son las siguientes:

- la tensión de la aplicación prevista se obtiene directamente mediante el número de complejos superpuestos unos sobre otros en un mismo conjunto;
- la energía necesaria se obtiene asociando en paralelo el número de conjuntos necesario;
- la densidad de energía de los módulos que utilizan supercondensadores según la invención es superior a la de los módulos realizados a partir de supercondensadores cilíndricos de igual tensión e igual capacidad;
- la resistencia en serie del supercondensador según la invención es baja ya que el conjunto de una cara de electrodo puede soldarse o unirse por soldadura fuerte directamente sobre la tapa;
- las recuperaciones de corriente del supercondensador según la invención pueden realizarse de manera mucho más sencilla que para un supercondensador prismático de la técnica anterior, y por tanto el número de piezas que pueden utilizarse es mucho menor (precio de fabricación optimizado);
- el supercondensador puede comprender un único separador en lugar de dos en los supercondensadores cilíndricos;
- las polaridades del supercondensador según la invención pueden disponerse a ambos lados del supercondensador, al contrario que lo que se realiza para los supercondensadores prismáticos de la técnica anterior. Esto también permite disipar mejor los calentamientos y permite simplificar considerablemente el ensamblaje en paralelo de estos diferentes módulos;
- la corriente de cada supercondensador según la invención sigue siendo baja, aunque la corriente del módulo sea elevada, ya que la corriente de cada ramificación es la división de la corriente total entre el número de componentes.

El lector habrá comprendido que pueden aportarse numerosas modificaciones al conjunto de almacenamiento y al módulo descritos anteriormente sin apartarse realmente de las nuevas enseñanzas y de las ventajas descritas en este caso.

Por consiguiente, todas las modificaciones de este tipo están destinadas a quedar incorporadas dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

Anexo

N.º de apilamiento	RsDC (mOhm)	Capacidad (faradios)	Constante de tiempo (s)
Célula 1	261,4	3,10	0,81
Célula 2	238,0	3,21	0,76
Célula 3	222,0	3,44	0,76
Célula 4	215,0	3,43	0,74
Célula 5	242,4	3,21	0,78
Célula 6	252,1	3,25	0,82
Célula 7	232,4	3,40	0,79
media	237,6	3,29	0,78

Tabla I

Tipo de componente	Célula prismática de LS Cable	Módulo de 20 células	Célula cilíndrica de Maxwell	Módulo de 20 células
Capacidad unitaria (F)	3000 F	150 F	3000 F	150 F
Tensión máxima (V)	2,8 V	56 V	2,7 V	56 V
Resistencia interna (ESR, en mΩ)	0,36	Mín 7,2	0,29	Mín 5,8

Densidad de energía volumétrica (a 2,8 V, en Wh/l)	5,03	Máx 5,03 / componente	5,93	Máx 5,93 / componente
Densidad de energía másica (a 2,8 V, en Wh/kg)	6,97	Máx 6,97	6,87	Máx 5,39
Número de piezas en el supercondensador	16	-	10	-

Tabla II

	Inversión												Técnica anterior					
	200	500	200	500	200	500	200	500	200	500	200	500	200	500	200	500	200	500
necesidad energética (kJ)	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Umáx	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Umin	37,04	92,59	37,04	92,59	37,04	92,59	37,04	92,59	37,04	92,59	37,04	92,59	37,04	92,59	37,04	92,59	37,04	92,59
capacidad objetivo (F)	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
anchura (mm) (es decir, altura del mini-apilamiento)	530	530	502	502	482	482	463	463	444	444	444	435	435	435	435	435	435	435
longitud (mm)	55	55	52	52	50	50	48	48	46	46	46	45	45	45	45	45	45	45
número de super-condensadores	2,18	2,18	2,31	2,31	2,40	2,40	2,50	2,50	2,61	2,61	2,61	2,67	2,67	2,67	2,67	2,67	2,67	2,67
tensión entre capas (V)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
espesor de complejo (µm)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
espesor de colector (µm)	54	54	51	51	49	49	47	47	45	45	45	44	44	44	44	44	44	44
número de complejos 100/30/100	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
espesor de separador (µm)	55	55	52	52	50	50	48	48	46	46	46	45	45	45	45	45	45	45
número de separadores	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1 de una sola cara 100 µm + col. 30 µm	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
capacidad volumétrica (F/cm³)	8,48	8,48	8,032	8,032	7,712	7,712	7,408	7,408	7,104	7,104	7,104	6,96	6,96	6,96	6,96	6,96	6,96	6,96
volumen de una capa de electrodo (cm³)	4,63	4,63	4,63	4,63	4,63	4,63	4,63	4,63	4,63	4,63	4,63	4,64	4,64	4,64	4,64	4,64	4,64	4,64
capacidad unitaria (F)	8,0	20,0	8,0	20,0	8,0	20,0	8,0	20,0	8,0	20,0	8,0	20,0	8,0	20,0	8,0	20,0	8,0	20,0
número de mini-apilamientos necesarios	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
espesor de envuelta de mini-apilamiento (mm)	18,315	18,315	17,55	17,55	17,04	17,04	16,53	16,53	16,02	16,02	16,02	15,765	15,765	15,765	15,765	15,765	15,765	15,765
espesor final (mm)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
anchura de saliente (mm)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
longitud de saliente (mm)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
travesía entre mini-apilamientos	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
espesor de flanco (mm)	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190
altura final del apilamiento	155,7	387,6	149,3	371,7	145,4	362,0	141,2	351,6	137,1	341,1	341,1	335,6	335,6	335,6	335,6	335,6	335,6	335,6
anchura final del apilamiento (mm)	560	560	532	532	512	512	493	493	474	474	474	465	465	465	465	465	465	465
longitud final del apilamiento (mm)	16,6	41,2	15,1	37,6	14,1	35,2	13,2	32,9	12,3	30,7	30,7	29,6	29,6	29,6	29,6	29,6	29,6	29,6
volumen de apilamiento final (l)	3,35	3,37	3,68	3,70	3,93	3,94	4,20	4,22	4,50	4,52	4,52	4,68	4,68	4,68	4,68	4,68	4,68	4,68
energía volumétrica (Wh/l)	233,4	583,5	208,6	521,6	192,9	482,3	177,8	444,4	163,3	408,2	408,2	390,6	390,6	390,6	390,6	390,6	390,6	390,6
longitud de electrodo, anchura 160 (m)																		

Tabla III

REIVINDICACIONES

1. Conjunto de almacenamiento de energía eléctrica, que comprende:
5
 - por lo menos tres complejos (1, 1', 2, 2'; 40, 41; 45A - 45E, 46A - 46E; 52, 53) apilados, que comprenden cada uno por lo menos un electrodo (12, 13; 22, 23),
 - por lo menos un separador (3, 3', 3'') dispuesto de manera que dicho por lo menos un separador está
10dispuesto entre cada par de complejos adyacentes,
 - dos terminales de conexión para conectar eléctricamente el conjunto a un generador de tensión, estando una primera muestra de complejos (1'; 45A - 45E, 52) conectada eléctricamente a, o formando, uno de los dos terminales y estando una segunda muestra de complejos (2'; 46A - 46E, 53) conectada eléctricamente a, o
15formando, el otro de los dos terminales, caracterizado por que las dos muestras se seleccionan de manera que el número de complejos que pertenecen a la reunión de las dos muestras es inferior al número total de complejos y que la intersección de las dos muestras es un conjunto vacío.
2. Conjunto según la reivindicación anterior, en el que cada uno de los complejos (1', 2'; 45A, 46E) situados en un extremo del apilamiento (5) está conectado a, o forma, uno de los terminales de conexión, estando cada uno concretamente conectado a, o formando, un terminal de conexión distinto.
3. Conjunto de almacenamiento de energía según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende por lo menos un complejo que incluye un colector de corriente (11, 21) y dos electrodos opuestos (12, 13 y 22, 23) a
25ambos lados del colector de corriente (11, 21).
4. Conjunto según la reivindicación anterior, en el que uno de los dos electrodos presenta un espesor más importante que el otro de los electrodos.
5. Conjunto según cualquiera de las reivindicaciones 3 y 4, en el que los dos electrodos presentan una composición distinta.
6. Conjunto según una de las reivindicaciones 1 y 2, en el que por lo menos uno, preferentemente cada, complejo (1') situado en un extremo del apilamiento (5) está constituido por un colector de corriente (11) y por un único electrodo (13) sobre su cara enfrentada al resto del apilamiento (5).
35
7. Conjunto según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que:
40
 - el separador (3) se extiende en acordeón y comprende por lo menos tres secciones (34), estando dos secciones adyacentes (34) conectadas a nivel de una línea de plegado (35) para formar un pliegue que presenta un lado cóncavo y un lado convexo,
 - por lo menos uno de los complejos forma un primer complejo (1) que se extiende en forma de cheurón y que está situado sobre una primera cara (31) del separador (3), estando cada primer complejo (1) plegado a lo
45largo de una línea de plegado (15) y estando dispuesto sobre un lado convexo respectivo de la primera cara (31) del separador (3) de manera que la línea de plegado (15) de cada primer complejo (1) coincida con una línea de plegado (35) respectiva del separador (3),
 - por lo menos otro de los complejos forma un segundo complejo (2) que se extiende en forma de cheurón y que está situado sobre una segunda cara (32) del separador (3), estando cada segundo complejo (2) plegado a lo largo de una línea de plegado (25) y estando dispuesto sobre un lado convexo respectivo de la segunda cara (32) del separador (3) de manera que la línea de plegado (25) de cada segundo complejo (2) coincida con una línea de plegado (35) respectiva del separador (3).
50
8. Conjunto de almacenamiento de energía eléctrica según la reivindicación anterior, que comprende:
55
 - una pluralidad de primeros complejos (1) sobre la primera cara (31) del separador (3), estando los primeros complejos situados en un lado convexo de cada dos, y
 - una pluralidad de segundos complejos (2) sobre la segunda cara (32) del separador (3), estando los
60segundos complejos (2) situados en un lado convexo de cada dos.
9. Conjunto según una de las reivindicaciones 7 y 8, en el que las líneas de plegado (34) del separador (3) forman los lados del apilamiento (5), formando una parte (16) de un primer complejo (1') la parte superior del apilamiento (5) y formando una parte (26) de un segundo complejo (2') la parte inferior del apilamiento (5).
65

10. Conjunto según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende por lo menos un terminal de medición (54) para medir la tensión entre un terminal de conexión (54A, 54B) y el terminal de medición, estando un complejo que no pertenece ni a la primera ni a la segunda muestra conectado a, o formando, el terminal de medición.
- 5 11. Conjunto según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un alojamiento (6) destinado a alojar el apilamiento, y dos tapas (7, 8) destinadas a cubrir el alojamiento (6) y que forman terminales de conexión del conjunto, perteneciendo el complejo (1') situado en un extremo del apilamiento a la primera muestra y estando conectado eléctricamente a la primera tapa (7), preferentemente por toda su superficie, y perteneciendo el complejo (1') situado en el otro extremo del apilamiento a la segunda muestra y estando conectado eléctricamente a la
10 segunda tapa (8), preferentemente por toda su superficie.
12. Conjunto de almacenamiento de energía según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el alojamiento (6) está realizado en un material flexible, comprendiendo los complejos que pertenecen a la primera y segunda muestras una parte (16, 26), constituida concretamente por una parte del colector, que se extiende en el exterior del
15 alojamiento flexible, de manera que las partes de los complejos de una misma muestra formen un terminal de conexión del conjunto.
13. Conjunto según una de las reivindicaciones anteriores, en el que por lo menos un separador (3) forma una sola pieza con un complejo (40), preferentemente un separador plegado forma una sola pieza con un complejo de
20 manera que se recubren las dos caras opuestas de este complejo.
14. Conjunto según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende un electrolito orgánico, tal como difluoromono[1,2-oxalato-(2-)-o,o']-(1-)-borato de tetraetilamonio, (o TEABF₂Ox), siendo el número de complejos y la distribución de los complejos de la primera y segunda muestras seleccionado de manera que la tensión local entre
25 cualquier par de complejos adyacentes del conjunto sea inferior a 6 V, preferentemente 3 V.
15. Conjunto según una de las reivindicaciones 1 a 13, que comprende un electrolito acuoso, tal como potasa, sosa, ácido sulfúrico, nitrato de sodio, sulfato de sodio, nitrato de litio, sulfato de litio, seleccionándose el número de complejos y la distribución de los complejos de las muestras primera y segunda de manera que la tensión entre
30 cualquier par de complejos adyacentes del conjunto sea inferior a 2 V, preferentemente 1 V.
16. Módulo, caracterizado por que comprende una carcasa en la que está dispuesto por lo menos un conjunto de almacenamiento de energía eléctrica según una de las reivindicaciones anteriores.
- 35 17. Módulo según la reivindicación anterior, que comprende una pluralidad de conjuntos (9), estando dichos conjuntos conectados eléctricamente en paralelo.
18. Módulo según la reivindicación anterior, en el que cada conjunto comprende unos primeros y segundos terminales de conexión (16, 26) que sobresalen de un alojamiento flexible (6) que contiene un apilamiento (5),
40 estando los conjuntos superpuestos y fijados juntos para formar un bloque, estando los conjuntos dispuestos de manera que los primeros terminales de conexión (16) estén conectados eléctricamente entre sí, concretamente por medio de una primera placa (94) metálica, y los segundos terminales de conexión (26) estén conectados eléctricamente entre sí, concretamente por medio de una segunda placa (94) metálica.
- 45 19. Módulo según la reivindicación anterior, en el que los terminales de conexión (16, 26) de los conjuntos (9) reposan y están ensamblados directamente sobre las placas (94) metálicas.
20. Módulo según una de las reivindicaciones 18 o 19, en el que las placas (94) metálicas comprenden unas ranuras.
- 50 21. Módulo según una de las reivindicaciones 18 a 20, en el que cada placa metálica comprende un pasador, situado preferentemente en el centro de la placa, permitiendo los pasadores conectar eléctricamente el módulo a un elemento eléctrico externo.
22. Módulo según la reivindicación 18 a 21, que además comprende por lo menos un intersticio (97) dispuesto entre
55 dos conjuntos adyacentes.

FIG. 1

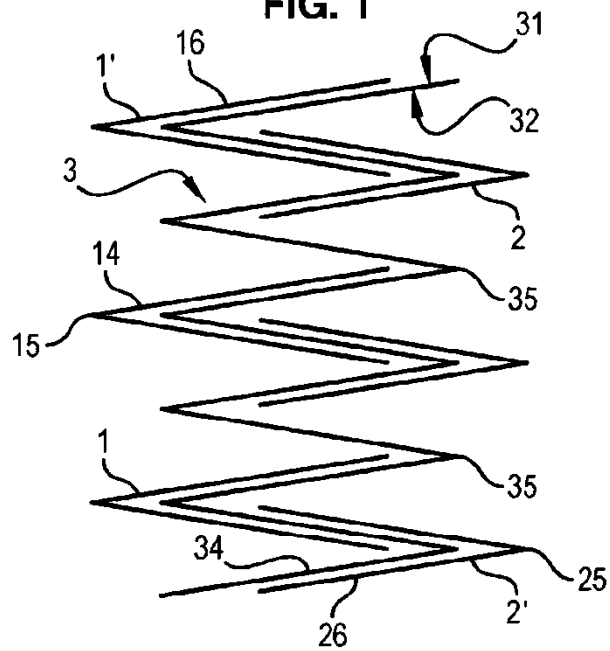


FIG. 2

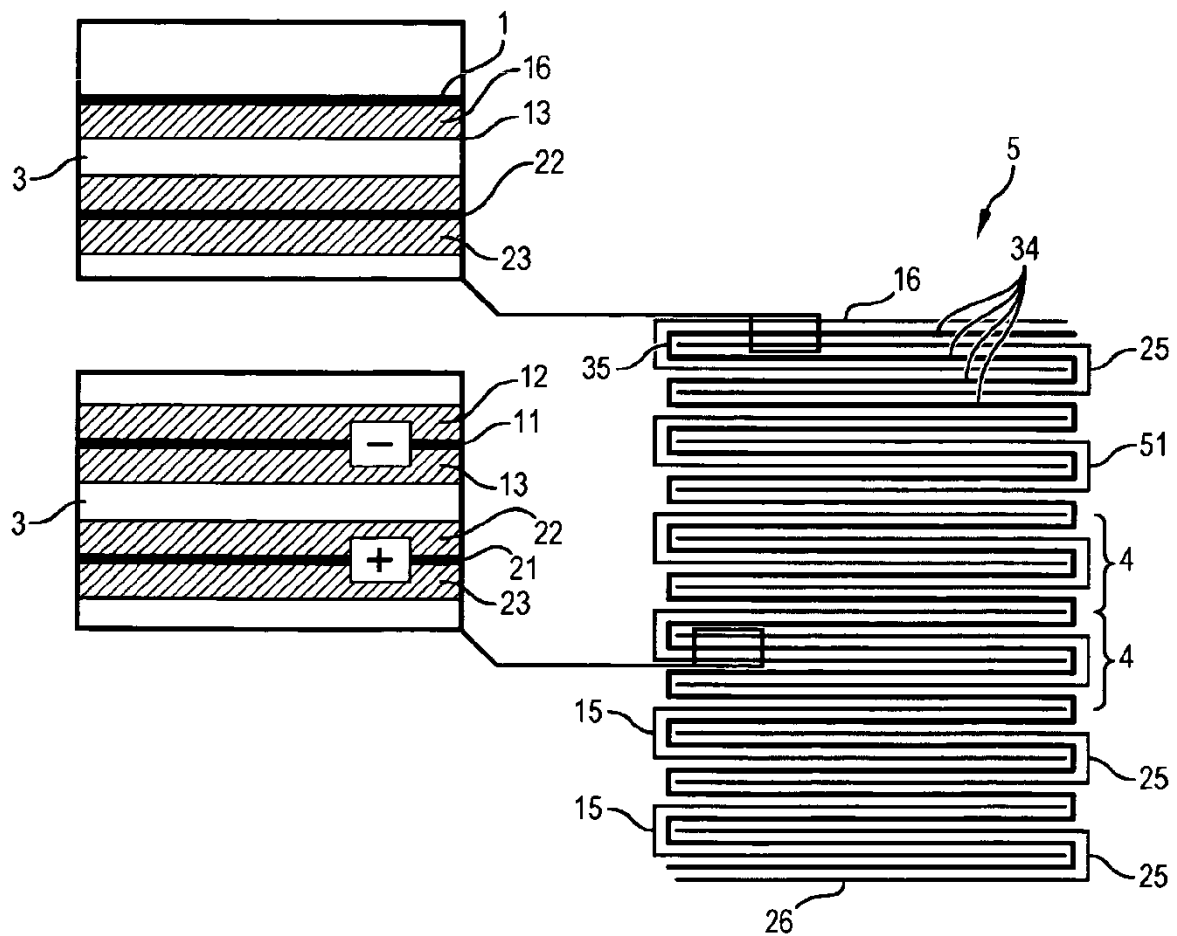


FIG. 3

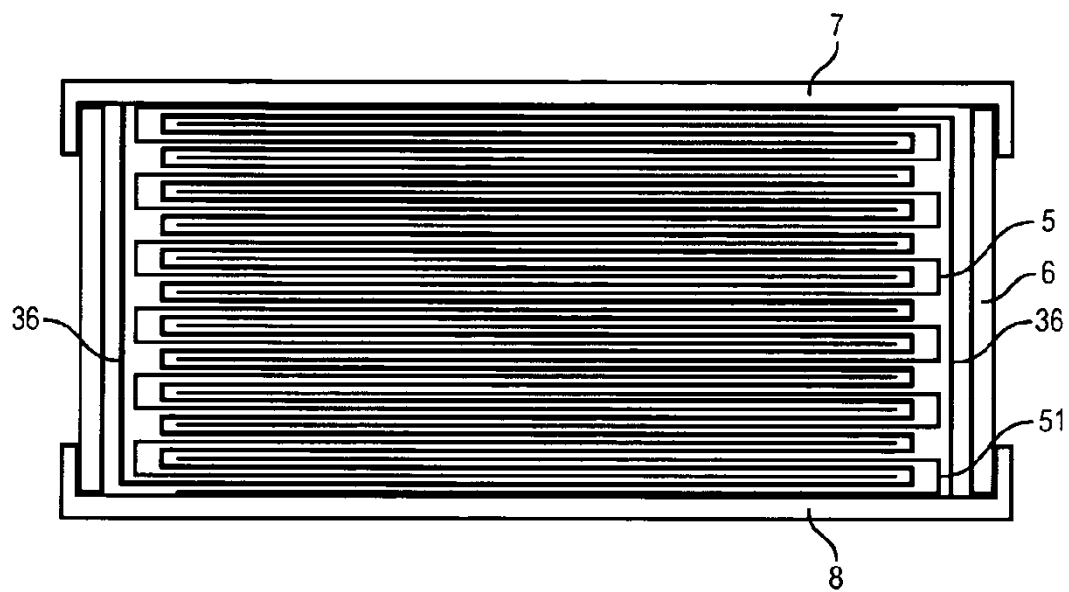


FIG. 4a

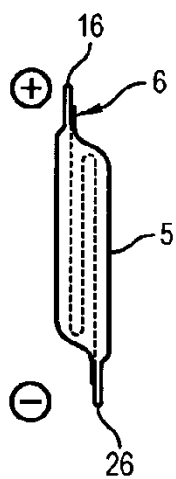


FIG. 4b

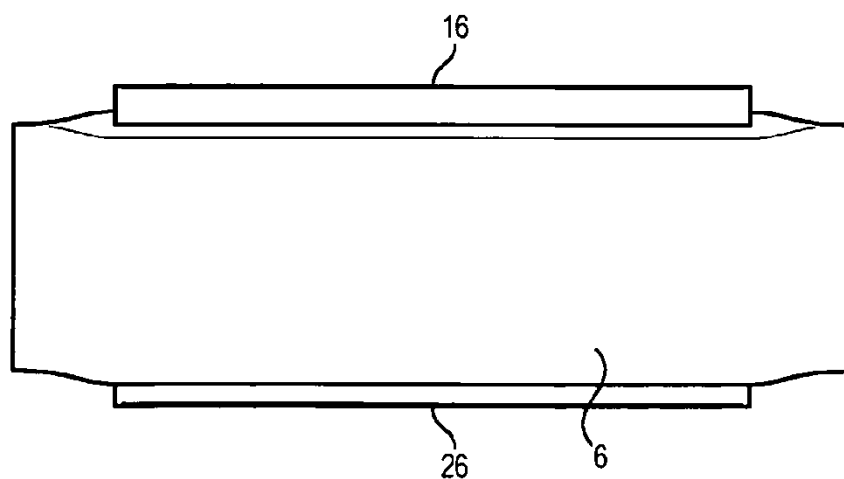


FIG. 5

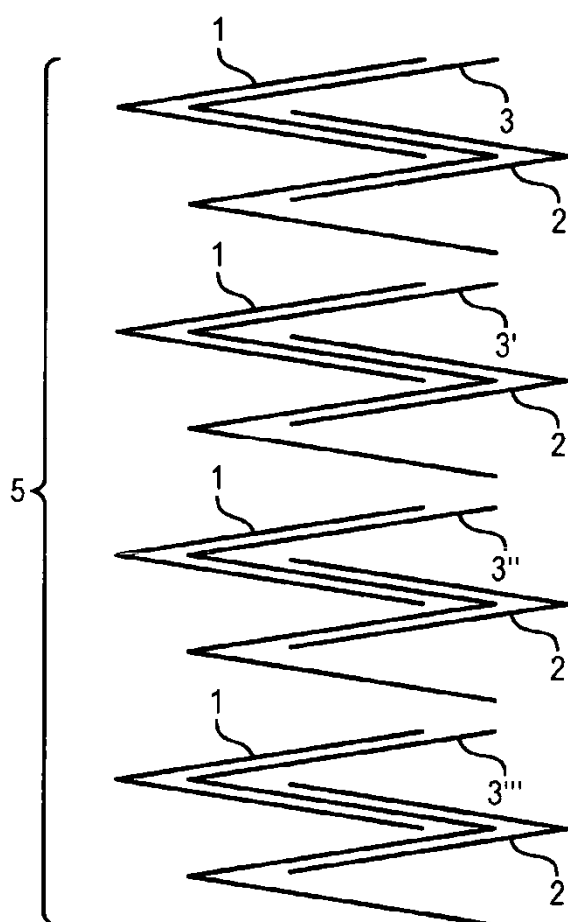


FIG. 6A

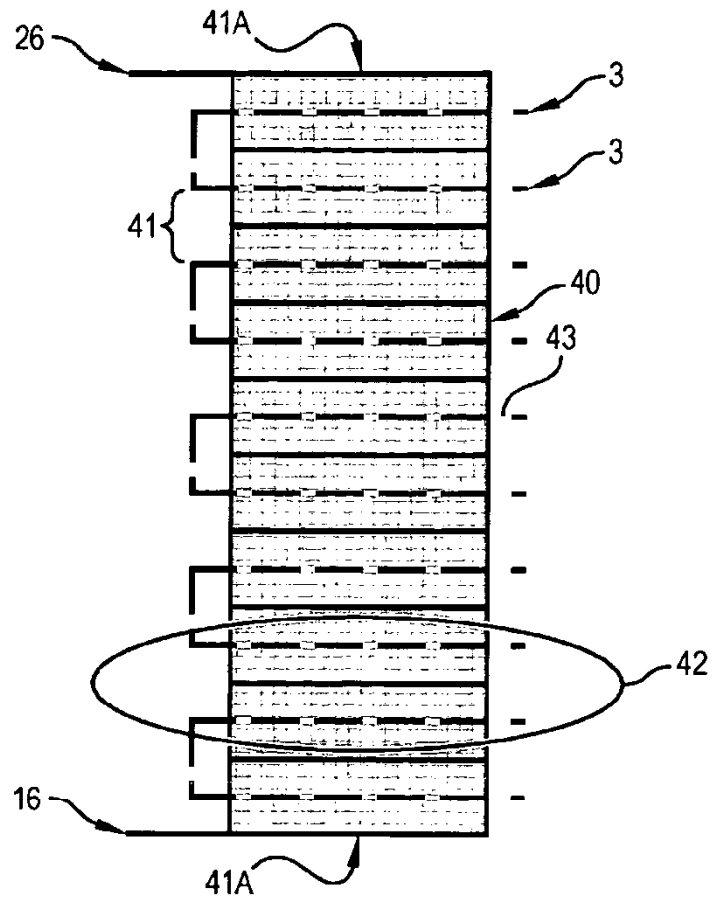


FIG. 6B

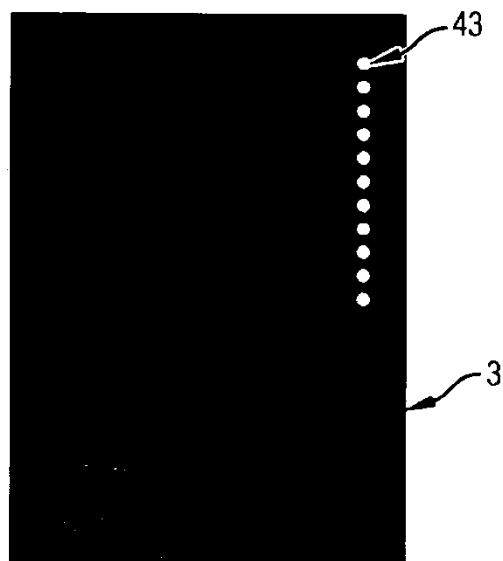


FIG. 7A

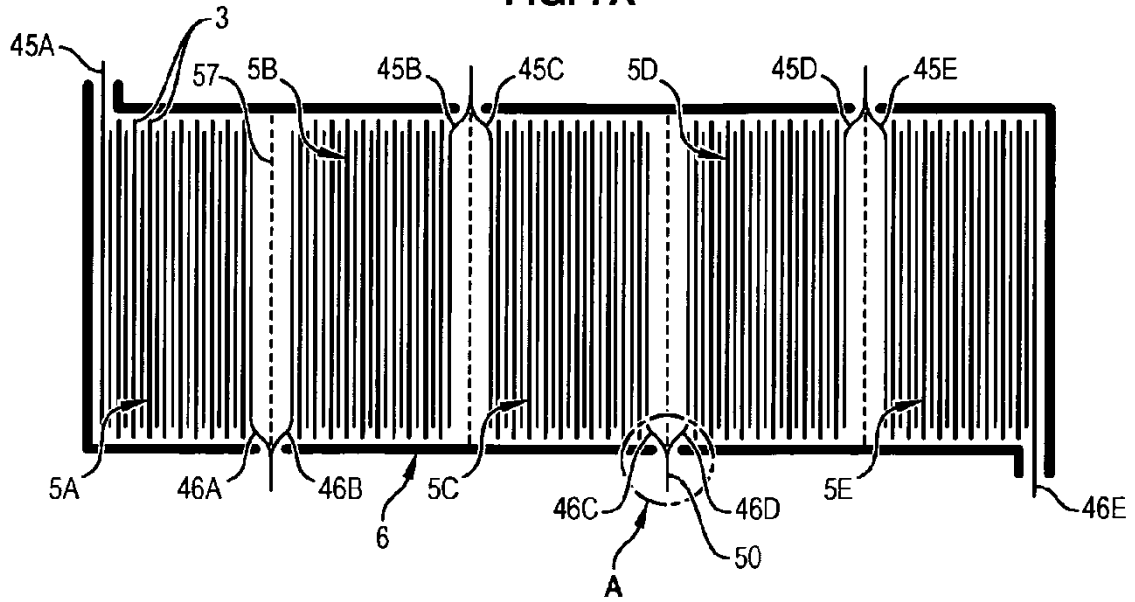


FIG. 7B

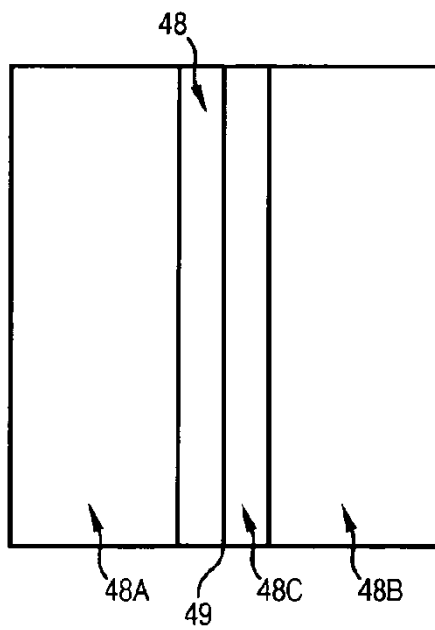


FIG. 7C

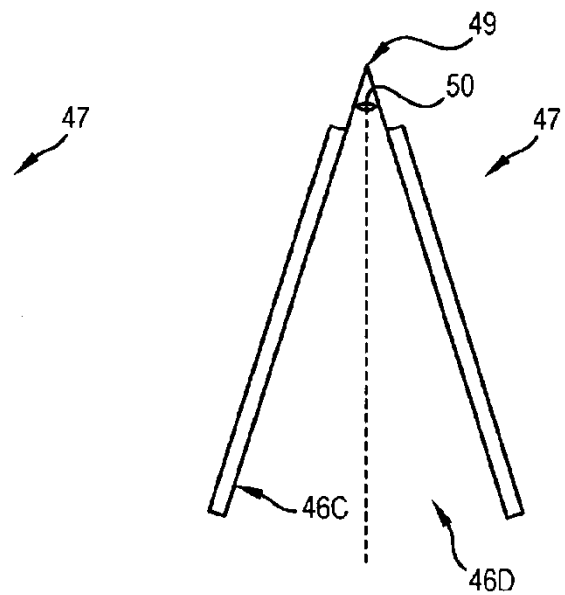


FIG. 8

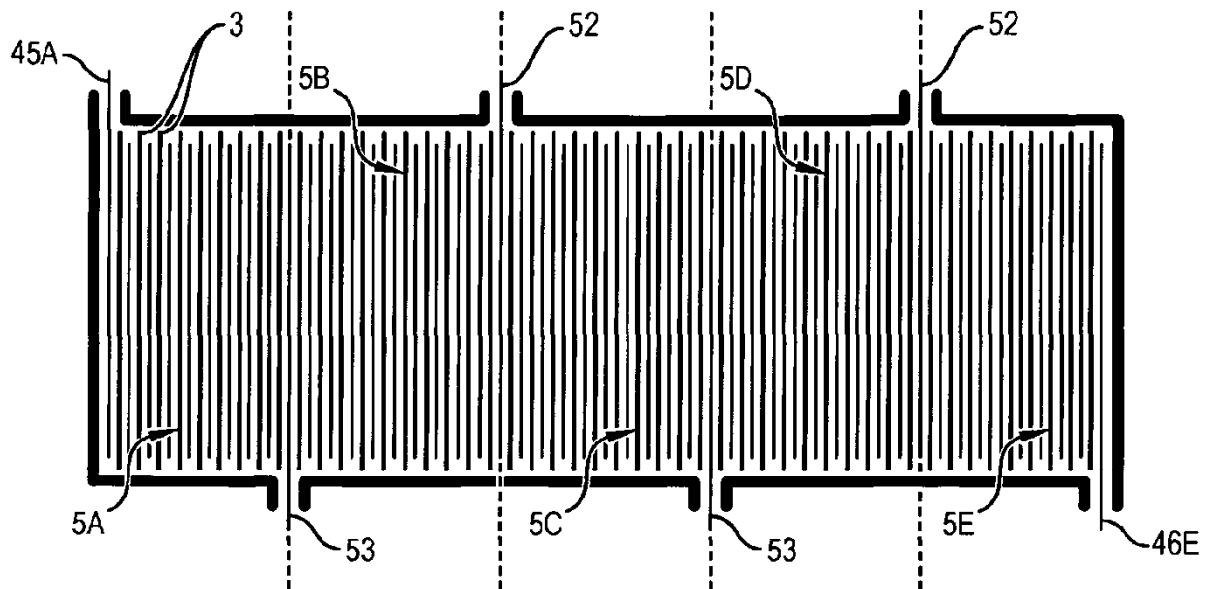


FIG. 9

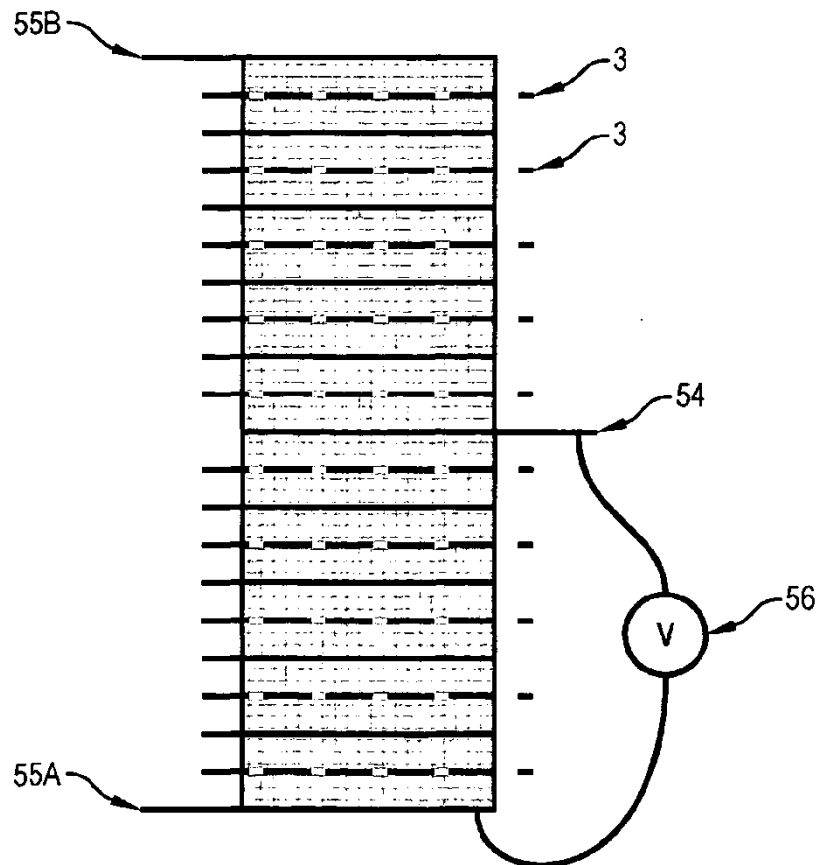


FIG. 10

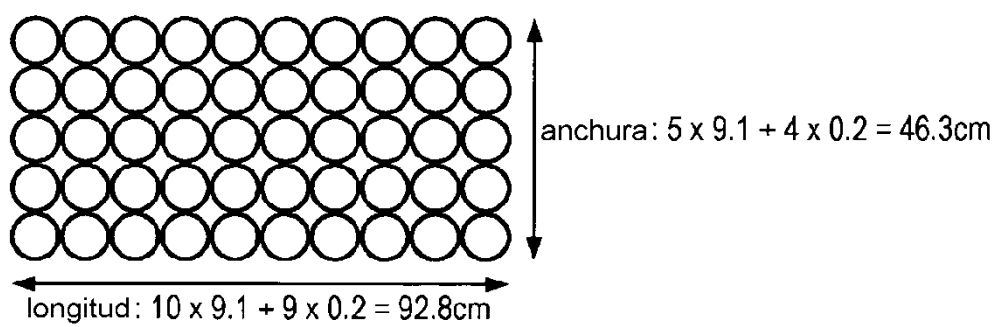


FIG. 11

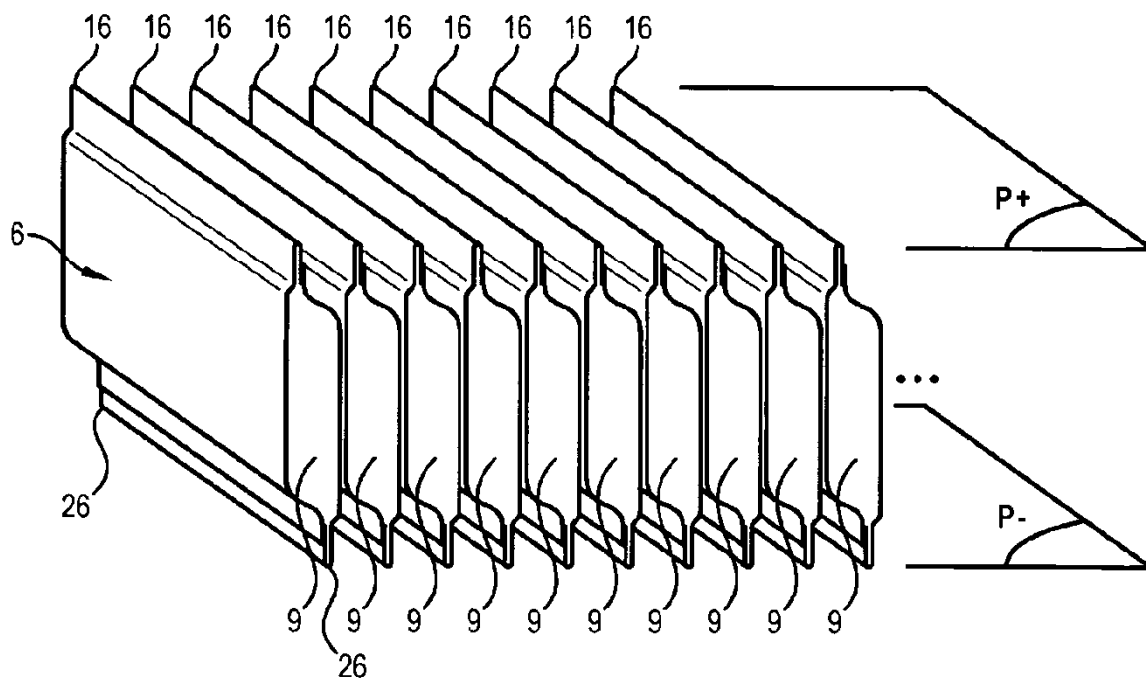


FIG. 12

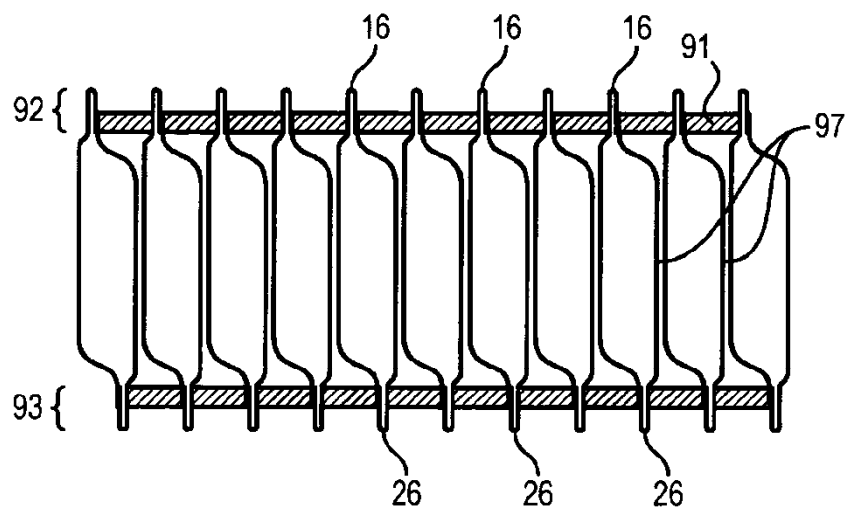


FIG. 13

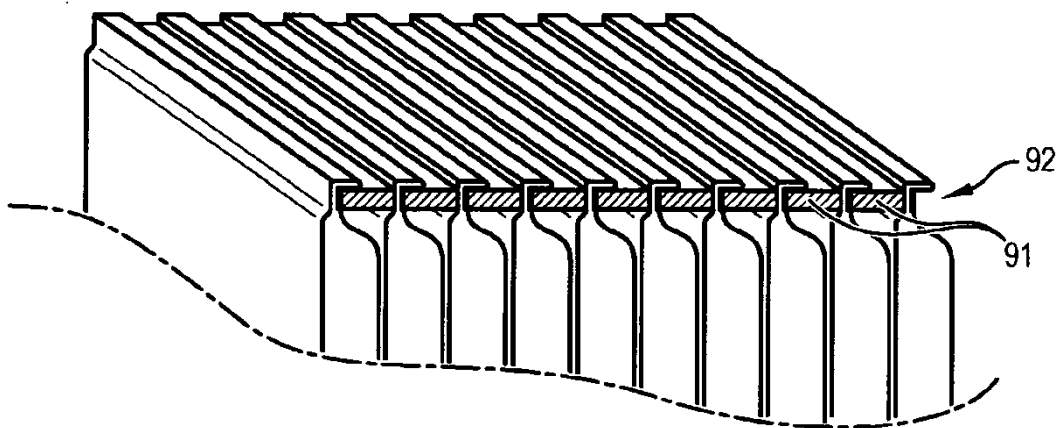


FIG. 14

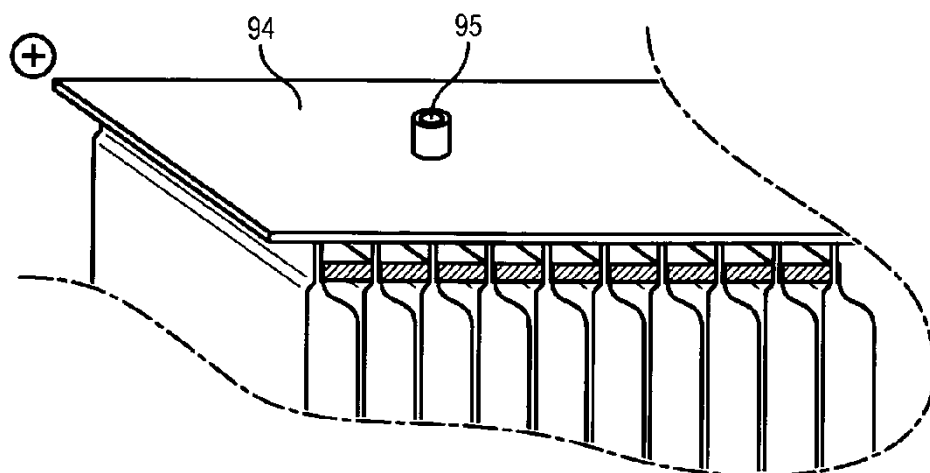


FIG. 15

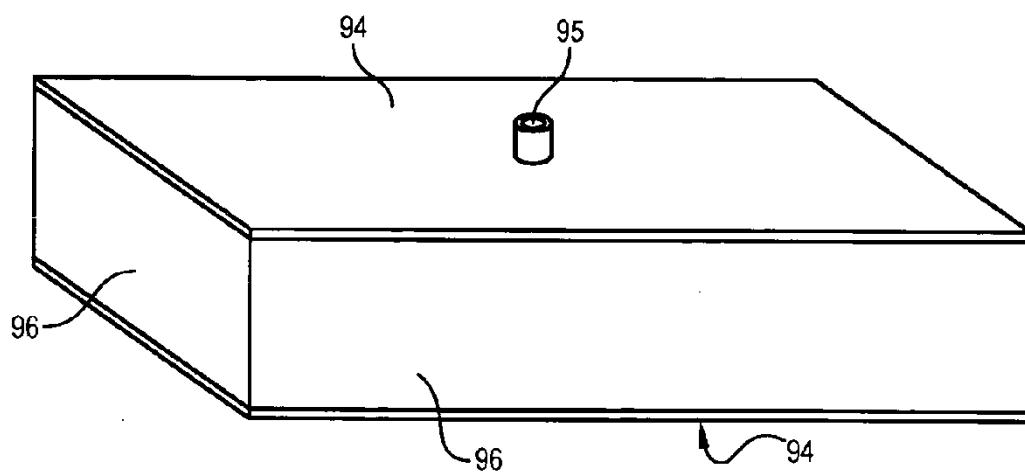


FIG. 16

