

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11) Número de publicación: **2 745 218**

51) Int. Cl.:

H01M 10/0525	(2010.01) <i>H01M 10/0567</i>	(2010.01)
H01M 2/10	(2006.01) <i>H01M 16/00</i>	(2006.01)
H01M 2/02	(2006.01) <i>H01M 10/42</i>	(2006.01)
H01M 2/34	(2006.01)	
H01M 4/485	(2010.01)	
H01M 4/505	(2010.01)	
H01M 4/525	(2010.01)	
H01M 4/58	(2010.01)	
H01M 2/16	(2006.01)	
H01M 4/36	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.10.2013 PCT/US2013/064654**
- 87) Fecha y número de publicación internacional: **17.04.2014 WO14059348**
- 96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.10.2013 E 13785696 (9)**
- 97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2019 EP 2907177**

54) Título: **Batería de iones de litio**

30) Prioridad:

11.10.2012 US 201261795150 P

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

28.02.2020

73) Titular/es:

**CADENZA INNOVATION, INC. (100.0%)
286 Millstone Road
Wilton, CT 06897, US**

72) Inventor/es:

**LAMPE-ONNERUD, MARIA CHRISTINA y
JENS ONNERUD, TORD PER**

74) Agente/Representante:

FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás

ES 2 745 218 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

Batería de iones de litio

5 **CAMPO DE LA DIVULGACIÓN**

La presente invención se refiere a baterías de iones de litio y, más en particular, a baterías de iones de litio de múltiples núcleos que tienen una seguridad mejorada y costes de fabricación reducidos.

10 **ANTECEDENTES**

La demanda de celdas de alimentación electroquímicas, tales como las baterías de iones de litio, se incrementa constantemente debido al aumento de aplicaciones tales como los vehículos eléctricos y los sistemas de almacenamiento en red, así como otras aplicaciones con baterías de múltiples celdas, tales como bicicletas eléctricas, sistemas de baterías de alimentación ininterrumpida y baterías de recambio de plomo-ácido. Es un requisito para estas aplicaciones que las densidades de energía y potencia sean altas, pero son igualmente importantes, si no más, los requisitos de fabricación a bajo coste y seguridad incrementada para posibilitar una amplia adopción comercial. Existe además una necesidad de adaptar las proporciones de energía con respecto a potencia de estas baterías a las de la aplicación.

Para el almacenamiento en red y los vehículos eléctricos, que son aplicaciones de gran formato, se requieren conjuntos de múltiples celdas conectadas en serie y en paralelo. Los proveedores de celdas se centran en celdas grandes, definidas en el presente documento como de más de 10 Ah (amperios por hora) para cada celda individual, o bien celdas pequeñas, definidas en el presente documento como de menos de 10 Ah. Se fabrican celdas grandes, tales como celdas prismáticas o de polímero, que contienen electrodos apilados o laminados, por LG Chemical, AESC, ATL y otros comerciantes. Se fabrican celdas pequeñas, tales como las celdas cilíndricas 18650 o 26650, o celdas prismáticas, tales como las celdas 183765 o 103450 y otros tamaños similares por Sanyo, Panasonic, EoneMoli, Boston-Power, Johnson Controls, Safi, BYD, Gold Peak y otros. Estas celdas pequeñas a menudo utilizan una estructura de capa de gelatina de forma oblonga o cilíndrica. Algunas celdas pequeñas son celdas de polímero con electrodos apilados, similares a las celdas grandes, pero de menos capacidad.

Las baterías de celdas pequeñas y grandes existentes tienen algunos inconvenientes significativos. Con respecto a las celdas pequeñas, tales como las celdas, 18650, tienen la desventaja de estar típicamente restringidas por una envoltura o 'cilindro', que provoca limitaciones en la vida cíclica y la vida de calendario, debido, en parte, a la tensión mecánica o a la falta de electrolitos. A medida que las baterías de iones de litio se cargan, los electrodos se expanden. Debido al cilindro, las estructuras de capa de gelatina de los electrodos están restringidas y se produce una tensión mecánica en la estructura de capa de gelatina, lo que limita su ciclo de vida. Puesto que se desea más y más capacidad de almacenamiento, se están insertando más materiales de ánodo y cátodo activos en un cilindro de un volumen dado, lo que da como resultado tensiones mecánicas adicionales en el electrodo.

Además, la capacidad de incrementar la cantidad de electrolito en las celdas pequeñas es limitada y, a medida que el litio se intercala y se desintercala, el movimiento del electrodo exprime el electrolito de la capa de gelatina. Esto provoca que al electrodo le falte electrolito, lo que da como resultado gradientes de concentración de iones de litio durante el consumo de energía, así como el secado de los electrodos, lo que provoca reacciones secundarias y regiones secas que bloquean la trayectoria de los iones, degradando la vida de la batería. Para superar estos problemas, especialmente para las baterías de larga vida, los usuarios han de comprometer el rendimiento reduciendo el estado de carga, limitando la capacidad disponible de las celdas o reduciendo el régimen de carga.

En la parte mecánica, las celdas pequeñas son difíciles y costosas de ensamblar en conjuntos grandes. Se han de crear patrones de soldadura complejos para minimizar la posibilidad de fallos en la soldadura. Las roturas en la soldadura dan como resultado una capacidad reducida y un calentamiento potencial en las conexiones de soldadura con fallos. Cuantas más celdas haya en el conjunto, más alto será el riesgo de fallos y más bajos los rendimientos de fabricación. Esto se traduce en costes de productos y garantías más altos. También existen problemas de seguridad potenciales asociados no solo con problemas de fallos en las soldaduras y cortocircuitos internos, sino también en el empaquetamiento de celdas pequeñas. Se requiere un empaquetamiento apropiado de las celdas pequeñas para evitar la fuga térmica en cascada como resultado de un fallo de una celda. Dicho empaquetamiento da como resultado costes incrementados.

Para las celdas grandes, las desventajas se encuentran principalmente en torno a la seguridad, la baja capacidad volumétrica y gravimétrica y los costosos procedimientos de fabricación. Las celdas grandes que tienen electrodos con áreas grandes adolecen de rendimientos de fabricación bajos en comparación con las celdas más pequeñas. Si existe un defecto en un electrodo de celda grande, se desperdicia más material y los rendimientos globales son bajos en comparación con la fabricación de una celda pequeña. Por ejemplo, tómesese una celda de 50 Ah en comparación con una celda de 5 Ah. Un defecto en la celda de 50 Ah da como resultado una pérdida de material 10x en comparación con la celda de 5 Ah, incluso si solo se produce un defecto para ambos procedimientos de producción cada 50 Ah de celdas producidas.

Otro problema para las celdas grandes es la seguridad. La energía liberada en una celda que entra en una fuga térmica es proporcional a la cantidad de electrolito que se halla en el interior de la celda y es accesible durante una situación de fuga térmica. Cuanto más grande sea la celda, más espacio libre estará disponible para el electrolito para saturar completamente la estructura de electrodo. Dado que la cantidad de electrolito por Wh para una celda grande es típicamente mayor que para una celda pequeña, la batería de celdas grandes es, en general, un sistema más potente durante la fuga térmica y, por lo tanto, menos seguro. Naturalmente, cualquier fuga térmica dependerá de la situación específica pero, en general, cuanto más combustible (electrolito) haya, más intenso será el incendio en el caso de un acontecimiento catastrófico. Además, una vez que una celda grande esté en modo de fuga térmica, el calor producido por la celda puede inducir una reacción de fuga térmica en las celdas adyacentes, provocando un efecto en cascada que incendie todo el paquete con una destrucción masiva del paquete y del equipo circundante y condiciones inseguras para los usuarios.

Cuando se comparan los parámetros de rendimiento de las celdas pequeñas y grandes entre sí, se puede descubrir que las celdas pequeñas, tienen, en general, una capacidad gravimétrica (Wh/kg) y volumétrica (Wh/l) más alta en comparación con las celdas grandes. Es más fácil formar grupos de múltiplos de celdas pequeñas usando técnicas de agrupación para la capacidad e impedancia y, de este modo, igualar toda la distribución de una producción ejecutada de un modo más eficaz, en comparación con las celdas grandes. Esto da como resultado rendimientos de fabricación más altos durante la producción en masa de paquetes de baterías. Además, es más fácil disponer celdas pequeñas en conjuntos volumétricamente eficaces que limiten las reacciones de fuga en cascada de un paquete de baterías, incendiado, por ejemplo, por un cortocircuito interno en una celda (uno de los problemas más comunes en el campo por problemas de seguridad). Además, existe una ventaja en los costes del uso de celdas pequeñas, puesto que los procedimientos de producción están bien establecidos con un rendimiento alto por la industria y las tasas de fallos son bajas. La maquinaria está disponible fácilmente y el coste se ha dejado fuera del sistema de fabricación.

Por otra parte, la ventaja de las celdas grandes es la facilidad de ensamblaje para los FEO de paquetes de baterías, que pueden experimentar una estructura de gran formato más sólida que, a menudo, tiene espacio para conectores electromecánicos comunes que son más fáciles de usar y las aparentes menos celdas, lo que posibilita una fabricación de los paquetes eficaz sin tener que abordar los múltiples problemas y conocimientos que se requieren para ensamblar un conjunto de celdas pequeñas.

Para aprovechar los beneficios del uso de celdas pequeñas para crear baterías de un tamaño más grande y capacidad de potencia/energía más alta, pero con mejor seguridad y costes de fabricación más bajos, en comparación con las celdas grandes, se han desarrollado ensamblajes de celdas pequeñas en una estructura de celdas de múltiples núcleos (MN).

Una de dichas estructuras de celdas de MN, desarrollada por BYD Company Ltd., usa un conjunto de MN integrados en un recipiente fabricado de metal (aleación de aluminio-cobre o níquel-cromo). Este conjunto se describe en los siguientes documentos: WO2007/053990; US2009/0142658 A1; CN 1964126A. La estructura de BYD solo tiene material metálico que rodea los MN y, por lo tanto, tiene la desventaja durante el impacto mecánico de que los objetos punzantes penetren en un núcleo y provoquen un cortocircuito localizado. Dado que todos los núcleos están en un recipiente común (no en cilindros individuales) donde el electrolito se comparte entre los núcleos, es probable la propagación de cualquier fallo individual, desde defectos de fabricación o un uso indebido externo, a los demás núcleos y la destrucción de la estructura de MN. Dicha celda es insegura.

Se han descrito procedimientos para prevenir la fuga térmica en ensamblajes de múltiples celdas electroquímicas en el documento US2012/0003508 A1. En la estructura de MN descrita en la presente solicitud de patente, las celdas individuales se conectan en paralelo o en serie, teniendo cada celda una estructura de capa de gelatina contenida dentro de su propio cilindro. A continuación, estas celdas individuales se insertan en un recipiente que está relleno con espuma rígida, incluyendo aditivos retardantes de llama. Estas medidas de seguridad son costosas de producir y limitan la densidad de energía, en parte, debido a los excesivos costes de los materiales de mitigación.

Se describe otra estructura de MN en las solicitudes de patente US2010/0190081 A1 y WO2007/145441 A1, que divulgan el uso de dos o más baterías secundarias de tipo apilado con una pluralidad de celdas que proporcionan dos o más voltajes mediante una batería individual. En esta disposición, las celdas individuales están conectadas en serie dentro de una envoltura y usan un separador. Los elementos en serie solo crean una celda de voltaje más alto, pero no resuelven ningún problema de seguridad o costes en comparación con una celda de voltaje individual de tipo apilado regularmente.

El documento WO 2012/111752 A1 se considera la técnica anterior más cercana y divulga una batería secundaria de iones de litio en la que una pluralidad de apilamientos de baterías están envueltos herméticamente en un cilindro de batería de metal con placas de división que están formadas entre los pares de apilamientos, estableciéndose una altura de las placas de división más baja que una altura del cilindro de batería.

El documento US 2011/159340 A divulga una estructura de protección para la disipación térmica y que previene la difusión de la fuga térmica en un sistema de baterías que se introduce en el presente documento para proporcionar una protección de seguridad de la fuga térmica de todo el módulo de baterías provocada por la difusión de la fuga térmica de una de las celdas unitarias en el sistema de baterías.

5 El documento US 2011/236741 A1 divulga un almacenamiento de energía para un vehículo de motor para el almacenamiento y la emisión de energía eléctrica según se requiera, que tiene una multiplicidad de celdas que están posicionadas una por encima de la otra y/o una a lo largo de la otra como un conjunto, en el que cada celda está rodeada por un primer material, en el que un segundo material está posicionado entre las celdas que están rodeadas por el primer material y forman un conjunto de celdas, y en el que los salientes de intercambio de calor están posicionados en los bordes del conjunto de celdas.

15 El documento WO 2005/119813 A2 divulga una batería de múltiples celdas, que comprende: una cubierta de batería, incluyendo una o más divisiones que dividen el interior de la cubierta en una pluralidad de compartimentos; y una pluralidad de celdas electroquímicas dispuestas dentro de la cubierta, comprendiendo la cubierta de batería un canal de gas que transporta gas de celda desde al menos dos de los compartimentos a un respiradero para gases, teniendo el canal de gas una trayectoria de flujo tortuosa, en la que los canales de gas están diseñados para prevenir la comunicación electrolítica de un compartimento a otro interponiendo una membrana hidrófoba permeable a los gases entre el canal de gas y la abertura del compartimento de celda.

20 El documento US 2010/0255359 A1 divulga un paquete de baterías que comprende: una pluralidad de celdas; una cubierta para contener las celdas; y un absorbente de calor para absorber el calor generado por las celdas, en el que las celdas son baterías de iones de litio, y el absorbente de calor absorbe el calor del gas generado desde el interior de una de las celdas que experimentó la fuga térmica para mantener la temperatura del gas a 300 °C o más baja, previniendo de este modo que se produzca la fuga térmica en las demás celdas adyacentes a la celda que experimentó la fuga térmica.

25 Estas baterías de tipo MN proporcionan determinadas ventajas sobre las baterías de celdas grandes; sin embargo, todavía tienen determinadas deficiencias en la seguridad y el coste.

30 **SUMARIO**

La presente invención, como se define por las reivindicaciones adjuntas, proporciona una estructura de batería de iones de litio de tipo MN novedosa, que tiene costes de producción reducidos y una seguridad mejorada mientras que proporciona los beneficios de una batería de tamaño más grande, tal como la facilidad de ensamblaje de los conjuntos de dichas baterías y una capacidad de adaptar las proporciones de potencia con respecto a energía.

40 Se describe una batería de iones de litio de múltiples núcleos que tiene una envoltura sellada con un miembro de soporte dispuesto dentro de la envoltura sellada. El miembro de soporte que incluye una pluralidad de cavidades y una pluralidad de miembros de núcleo de iones de litio, dispuestos dentro de una de la pluralidad de cavidades correspondiente. Existe una pluralidad de revestimientos de cavidad, posicionado cada uno entre uno de los miembros de núcleo de iones de litio correspondiente y una superficie de una de las cavidades correspondiente. El miembro de soporte incluye un material de absorción de energía cinética y el material de absorción de energía cinética está formado de espuma de aluminio, cerámica y plástico. Existen revestimientos de cavidad formados de un material de plástico y la pluralidad de revestimientos de cavidad están formados como parte de un miembro de revestimiento monolítico. Se incluye además un electrolito contenido dentro de cada uno de los núcleos y el electrolito comprende al menos uno de un retardante de llama, un agente generador de gas y una lanzadera de oxidorreducción. Cada miembro de núcleo de iones de litio incluye un ánodo, un cátodo y un separador dispuesto entre cada ánodo y cátodo. Se incluye además un conector eléctrico dentro de dicha envoltura que conecta eléctricamente dichos miembros de núcleo a un terminal eléctrico externo a la envoltura sellada. El conector eléctrico comprende dos barras conductoras, interconectando la primera barra conductora los ánodos de dichos miembros de núcleo a un miembro de terminal positivo del terminal externo a la envoltura, interconectando la segunda barra conductora los cátodos de dichos miembros de núcleo a un miembro de terminal negativo del terminal externo a la envoltura.

55 En otro aspecto de la invención, los miembros de núcleo están conectados en paralelo o están conectados en serie. De forma alternativa, un primer conjunto de miembros de núcleo está conectado en paralelo y un segundo conjunto de miembros de núcleo está conectado en paralelo, y el primer conjunto de miembros de núcleo está conectado en serie con el segundo conjunto de miembros de núcleo. El miembro de soporte tiene la forma de una estructura de panel. El material de absorción de energía cinética incluye medios compresibles. La envoltura incluye una pared que tiene un elemento compresible que cuando se comprime debido a una fuerza que impacta en la pared crea un cortocircuito eléctrico de la batería de iones de litio. Las cavidades en el miembro de soporte y sus miembros de núcleo correspondientes tienen una de forma cilíndrica, oblonga y prismática. La al menos una de las cavidades y su miembro de núcleo correspondiente tienen formas diferentes que las demás cavidades y sus miembros de núcleo correspondientes.

En otro aspecto de la invención, el al menos uno de los miembros de núcleo tiene características de potencia alta y al menos uno de los miembros de núcleo tiene características de energía alta. Los ánodos de los miembros de núcleo están formados del mismo material y los cátodos de los miembros de núcleo están formados del mismo material. Cada miembro de separador incluye un recubrimiento de cerámica y cada ánodo y cada cátodo incluye un recubrimiento de cerámica. Al menos uno de los miembros de núcleo incluye uno de un ánodo y cátodo de un grosor diferente que el grosor de los ánodos y cátodos de los demás miembros de núcleo. Al menos un cátodo comprende al menos dos del grupo de compuestos A a M de materiales. Cada cátodo incluye un modificador de superficie. Cada ánodo comprende Li metal o uno de carbono o grafito. Cada ánodo comprende Si. Cada miembro de núcleo incluye una estructura de ánodo, cátodo y separador con capa o cada miembro de núcleo incluye una estructura de ánodo, cátodo y separador apilada.

En otro aspecto de la presente invención, los miembros de núcleo tienen sustancialmente la misma capacidad eléctrica. Al menos uno de los miembros de núcleo tiene una capacidad eléctrica diferente que la de los demás miembros de núcleo. Al menos uno de los miembros de núcleo está optimizado para el almacenamiento de potencia y al menos uno de los miembros de núcleo está optimizado para el almacenamiento de energía. Se incluye además una pestaña para conectar eléctricamente cada ánodo a la primera barra conductora y una pestaña para conectar eléctricamente cada cátodo a la segunda barra conductora, en la que cada pestaña incluye un medio para interrumpir el flujo de corriente eléctrica a través de cada una de dichas pestañas cuando se haya excedido una corriente predeterminada. La primera barra conductora incluye un elemento de fusible, próximo a cada punto de interconexión entre los ánodos a la primera barra conductora y la segunda barra conductora incluye un elemento de fusible próximo a cada punto de interconexión entre los cátodos a la segunda barra conductora, para interrumpir el flujo de corriente eléctrica a través de dichos elementos de fusible cuando se haya excedido una corriente predeterminada. Se incluye además una camisa protectora que rodea cada uno de los miembros de núcleo y cada camisa protectora está dispuesta en el exterior de la cavidad que contiene su miembro de núcleo correspondiente.

Aún en otro aspecto de la invención, existen cables de detección interconectados eléctricamente con dichos miembros de núcleo configurados para posibilitar la comprobación y compensación eléctricas de los miembros de núcleo. La envoltura sellada incluye un miembro retardante de llama y el miembro retardante de llama comprende un material de malla retardante de llama fijado al exterior de la envoltura.

En otro modo de realización, se describe una batería de iones de litio de múltiples núcleos que comprende una envoltura sellada. Un miembro de soporte está dispuesto dentro de la envoltura sellada, incluyendo el miembro de soporte una pluralidad de cavidades, en el que el miembro de soporte comprende un material de absorción de energía cinética. Existe una pluralidad de miembros de núcleo de iones de litio, dispuestos dentro de una de la pluralidad de cavidades correspondiente. Se incluye además una pluralidad de revestimientos de cavidad, posicionado cada uno entre uno de los miembros de núcleo de iones de litio correspondiente y una superficie de una de las cavidades correspondiente. Los revestimientos de cavidad están formados de un material de plástico y la pluralidad de revestimientos de cavidad están formados como parte de un miembro de revestimiento monolítico. El material de absorción de energía cinética está formado de uno de espuma de aluminio, cerámica y plástico.

En otro aspecto de la invención, existe un electrolito contenido dentro de cada uno de los núcleos y el electrolito comprende al menos uno de un retardante de llama, un agente generador de gas y una lanzadera de oxidorreducción. Cada miembro de núcleo de iones de litio incluye un ánodo, un cátodo y un separador dispuesto entre cada ánodo y cátodo. Se incluye además un conector eléctrico dentro de dicha envoltura que conecta eléctricamente dichos miembros de núcleo a un terminal eléctrico externo a la envoltura sellada. El conector eléctrico comprende dos barras conductoras, interconectando la primera barra conductora los ánodos de dichos miembros de núcleo a un miembro de terminal positivo del terminal externo a la envoltura, interconectando la segunda barra conductora los cátodos de dichos miembros de núcleo a un miembro de terminal negativo del terminal externo a la envoltura. Los miembros de núcleo están conectados en paralelo. Los miembros de núcleo están conectados en serie. De forma alternativa, un primer conjunto de miembros de núcleo está conectado en paralelo y un segundo conjunto de miembros de núcleo está conectado en paralelo, y el primer conjunto de miembros de núcleo está conectado en serie con el segundo conjunto de miembros de núcleo.

En otro aspecto, el miembro de soporte tiene la forma de una estructura de panal. El material de absorción de energía cinética incluye medios compresibles. La envoltura de litio incluye una pared que tiene un elemento compresible que cuando se comprime debido a una fuerza que impacta en la pared crea un cortocircuito eléctrico de la batería de iones de litio. Las cavidades en el miembro de soporte y sus miembros de núcleo correspondientes tienen una de forma cilíndrica, oblonga y prismática. Al menos una de las cavidades y su miembro de núcleo correspondiente tienen formas diferentes que las demás cavidades y sus miembros de núcleo correspondientes. Al menos uno de los miembros de núcleo tiene características de potencia alta y al menos uno de los miembros de núcleo tiene características de energía alta. Los ánodos de los miembros de núcleo están formados del mismo material y los cátodos de los miembros de núcleo están formados del mismo material. Cada miembro de separador incluye un recubrimiento de cerámica. Cada ánodo y cada cátodo incluye un recubrimiento de cerámica. Al menos uno de los miembros de núcleo incluye uno de un ánodo y cátodo de un grosor diferente que el grosor de los ánodos y cátodos de los demás miembros de núcleo.

Aún en otro aspecto, al menos un cátodo comprende al menos dos del grupo de compuestos A a M de materiales. Cada cátodo incluye un modificador de superficie. Cada ánodo comprende Li metal, carbono, grafito o Si. Cada miembro de núcleo incluye una estructura de ánodo, cátodo y separador con capa. Cada miembro de núcleo incluye una estructura de ánodo, cátodo y separador apilada. Los miembros de núcleo tienen sustancialmente la misma capacidad eléctrica. En los que al menos uno de los miembros de núcleo tiene una capacidad eléctrica diferente que la de los demás miembros de núcleo. Al menos uno de los miembros de núcleo está optimizado para el almacenamiento de potencia y al menos uno de los miembros de núcleo está optimizado para el almacenamiento de energía.

En otro aspecto de la invención, se incluye además una pestaña para conectar eléctricamente cada ánodo a la primera barra conductora y una pestaña para conectar eléctricamente cada cátodo a la segunda barra conductora, en la que cada pestaña incluye un medio para interrumpir el flujo de corriente eléctrica a través de cada una de dichas pestañas cuando se haya excedido una corriente predeterminada. La primera barra conductora incluye un elemento de fusible, próximo a cada punto de interconexión entre los ánodos a la primera barra conductora y un elemento de fusible próximo a cada punto de interconexión entre los cátodos a la segunda barra conductora, para interrumpir el flujo de corriente eléctrica a través de dichos elementos de fusible cuando se haya excedido una corriente predeterminada. Se incluye además una camisa protectora que rodea cada uno de los miembros de núcleo y cada camisa protectora está dispuesta en el exterior de la cavidad que contiene su miembro de núcleo correspondiente.

En otro modo de realización de la invención, existen cables de detección interconectados eléctricamente con dichos miembros de núcleo configurados para posibilitar la comprobación y compensación eléctricas de los miembros de núcleo. La envoltura sellada incluye un miembro retardante de llama y el miembro retardante de llama comprende un material de malla retardante de llama fijado al exterior de la envoltura.

Una batería de iones de litio de múltiples núcleos de acuerdo con la presente invención incluye una envoltura sellada, con una región de celda de iones de litio y una región de atmósfera compartida en el interior de la envoltura, como se define además por las reivindicaciones adjuntas. Existe un miembro de soporte dispuesto dentro de la región de celda de iones de litio de la envoltura sellada y el miembro de soporte incluye una pluralidad de cavidades, teniendo cada cavidad un extremo abierto a la región de atmósfera compartida. Existe una pluralidad de miembros de núcleo de iones de litio, teniendo cada uno un ánodo y un cátodo, dispuestos dentro de una de la pluralidad de cavidades correspondiente, en los que dicho ánodo y dicho cátodo están expuestos a la región de atmósfera compartida por medio del extremo abierto de la cavidad y dicho ánodo y dicho cátodo están rodeados sustancialmente por dicha cavidad a lo largo de sus longitudes. El miembro de soporte incluye un material de absorción de energía cinética. El material de absorción de energía cinética está formado de uno de espuma de aluminio, cerámica y plástico.

En otro aspecto, existe una pluralidad de revestimientos de cavidad, posicionado cada uno entre uno de los miembros de núcleo de iones de litio correspondiente y una superficie de una de las cavidades correspondiente y los revestimientos de cavidad están formados de un material de plástico. Las pluralidades de revestimientos de cavidad están formadas como parte de un miembro de revestimiento monolítico. Existe un electrolito contenido dentro de cada uno de los núcleos y el electrolito comprende al menos uno de un retardante de llama, un agente generador de gas y una lanzadera de oxidorreducción. Cada miembro de núcleo de iones de litio incluye un ánodo, un cátodo y un separador dispuesto entre cada ánodo y cátodo. Existe un conector eléctrico dentro de dicha envoltura que conecta eléctricamente dichos miembros de núcleo a un terminal eléctrico externo a la envoltura sellada. El conector eléctrico comprende dos barras conductoras, interconectando la primera barra conductora los ánodos de dichos miembros de núcleo a un miembro de terminal positivo del terminal externo a la envoltura, interconectando la segunda barra conductora los cátodos de dichos miembros de núcleo a un miembro de terminal negativo del terminal externo a la envoltura.

Aún en otro aspecto, los miembros de núcleo están conectados en paralelo o los miembros de núcleo están conectados en serie. De forma alternativa, un primer conjunto de miembros de núcleo está conectado en paralelo y un segundo conjunto de miembros de núcleo está conectado en paralelo, y el primer conjunto de miembros de núcleo está conectado en serie con el segundo conjunto de miembros de núcleo.

En otro modo de realización, se describe una batería de iones de litio que incluye una envoltura sellada y al menos un miembro de núcleo de iones de litio dispuesto dentro de la envoltura sellada. El miembro de núcleo de iones de litio que tiene un ánodo y un cátodo, en el que el cátodo comprende al menos dos compuestos seleccionados del grupo de compuestos A a M. Solo existe un miembro de núcleo de iones de litio. La envoltura sellada es una bolsa de polímero o la envoltura sellada es una caja de metal. Cada cátodo comprende al menos dos compuestos seleccionados del grupo de compuestos B, C, D, E, F, G, L y M, y que incluye además un modificador de superficie. Cada cátodo comprende al menos dos compuestos seleccionados del grupo de compuestos B, D, F, G y L. La batería se carga a un voltaje más alto que 4,2 V. Cada ánodo comprende uno de carbono y grafito. Cada ánodo comprende Si.

Aún en otro modo de realización, se describe una batería de iones de litio que tiene una envoltura sellada y al menos un miembro de núcleo de iones de litio dispuesto dentro de la envoltura sellada. El miembro de núcleo de iones de litio tiene un ánodo y un cátodo. Un conector eléctrico dentro de dicha envoltura que conecta eléctricamente dicho al menos un miembro de núcleo a un terminal eléctrico externo a la envoltura sellada; en el que el conector eléctrico incluye un medio para interrumpir el flujo de corriente eléctrica a través de dicho conector eléctrico cuando se haya excedido una corriente predeterminada. El conector eléctrico comprende dos barras conductoras, interconectando la primera barra conductora los ánodos de dichos miembros de núcleo a un miembro de terminal positivo del terminal externo a la envoltura, interconectando la segunda barra conductora los cátodos de dichos miembros de núcleo a un miembro de terminal negativo del terminal externo a la envoltura. El conector eléctrico incluye además una pestaña para conectar eléctricamente cada ánodo a la primera barra conductora y una pestaña para conectar eléctricamente cada cátodo a la segunda barra conductora, en la que cada pestaña incluye un medio para interrumpir el flujo de corriente eléctrica a través de cada una de dichas pestañas cuando se haya excedido una corriente predeterminada. El conector eléctrico en el que la primera barra conductora incluye un elemento de fusible, próximo a cada punto de interconexión entre los ánodos a la primera barra conductora y la segunda barra conductora incluye un elemento de fusible próximo a cada punto de interconexión entre los cátodos a la segunda barra conductora, para interrumpir el flujo de corriente eléctrica a través de dichos elementos de fusible cuando se haya excedido una corriente predeterminada.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La invención se entenderá mejor al leer la descripción que sigue, dada meramente a modo de ejemplo no limitante y fabricada con referencia a los dibujos en los que:

La figura 1A es una vista en perspectiva en despiece de la batería de iones de litio de múltiples núcleos de acuerdo con la presente invención.

La figura 1B es una vista en sección transversal de la batería de iones de litio de múltiples núcleos de acuerdo con la presente invención.

La figura 1C es un gráfico de tensión-deformación de un material de absorción de energía ejemplar del miembro de soporte de acuerdo con la presente invención.

La figura 1D es una vista en sección transversal de otro modo de realización de una batería de iones de litio de múltiples núcleos de acuerdo con la presente invención.

La figura 2 es una vista de arriba abajo de una pluralidad de configuraciones de miembros de soporte de acuerdo con la presente invención.

La figura 3 es una vista en perspectiva de otro modo de realización de la batería de iones de litio de múltiples núcleos de acuerdo con la presente invención.

La figura 4 es una vista en perspectiva de otro modo de realización de un miembro de soporte que tiene cavidades oblongas y cilíndricas mixtas de acuerdo con la presente invención.

La figura 5 es una vista en perspectiva de miembros de núcleo bobinado y apilado de acuerdo con la presente invención.

La figura 6A representa una batería de iones de litio de MN conectada en paralelo/en serie de acuerdo con la presente invención.

La figura 6B es una vista en perspectiva de una batería de iones de litio de MN conectada en paralelo/en serie de acuerdo con la presente invención.

La figura 7A es una vista en sección transversal de una pared con forma de huevera de la envoltura de acuerdo con la presente invención.

La figura 7B es una vista en sección transversal de una pared con forma de huevera de la envoltura de acuerdo con la presente invención durante un impacto mecánico en la pared.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

En las figs. 1A y 1B se muestra un conjunto de múltiples núcleos (MN) 100 de miembros de núcleo de iones de litio 102a-j, que tienen una estructura de núcleos de capa de gelatina y una forma cilíndrica. Se pueden usar diversas formas y tamaños de miembros de núcleo de iones en relación con la presente invención y a continuación se describen determinadas formas y tamaños. Existe un conjunto de pestañas eléctricamente conductoras 104 conectadas a los cátodos de cada uno de los miembros de núcleo 102a-j y un conjunto de pestañas eléctricamente

conductoras 106 conectadas a los ánodos de cada uno de los miembros de núcleo 102a-j. Las pestañas 104 también están conectadas a la barra conductora de cátodo 108 y las pestañas 106 están conectadas a la barra conductora de ánodo 110. Las pestañas de cátodo 104 y las pestañas de ánodo 106 están soldadas a las barras conductoras 108, 110 usando técnicas de soldadura por puntos o soldadura por láser. Las barras conductoras 108, 110 están interconectadas al terminal negativo 112 y al terminal positivo 114, respectivamente, en el exterior de la envoltura de MN 116. En esta configuración, todos los miembros de núcleo de iones 102a-102j están conectados en paralelo, aunque se pueden conectar en serie o en otras configuraciones, como será evidente para los expertos en la técnica.

La envoltura de MN 116, fig. 1B, está sellada herméticamente. La estructura de soporte 120, que puede ser una pieza de la envoltura 116 o una pieza separada, está construida de modo que los miembros de núcleo de iones puedan estar alojados con una separación adecuada, de modo que pueda tener lugar una expansión limitada durante las reacciones de carga y descarga, previniendo de este modo la interacción mecánica de los miembros de núcleo de iones individual. Preferentemente, la envoltura 116 está fabricada de materiales de plástico o cerámica, aunque también puede estar fabricada de metal. Si se usa un metal, no es preferente acero expuesto, y se necesitaría recubrir cualquier recipiente de acero con un metal inerte, tal como níquel. Los metales preferentes son aluminio, níquel u otro metal inerte a los productos químicos usados. Muchos tipos de plástico y cerámica, siempre que sean inertes al entorno químico y electroquímico. Los ejemplos de plásticos y cerámicas son polipropileno, polietileno, alúmina, circonita. La envoltura 116 puede incluir una malla retardante de llama fijada al exterior de la envoltura para el propósito de prevenir que el fuego alcance el interior de la envoltura.

Dentro de la envoltura 116, en la región de núcleo de iones de litio 118, hay un miembro de soporte aislado eléctricamente 120 que se puede fabricar de cerámica, plástico, tal como polipropileno, polietileno u otros materiales, tales como espuma de aluminio. El miembro de soporte 120 debe ser lo suficientemente deformable/compresible para proteger a los miembros de núcleo del daño cuando se produce un impacto. Además, se desea que la conductividad térmica se adapte a la aplicación por medio de dispersión del calor durante la carga y descarga de la batería, creando una distribución de temperatura uniforme, y por medio de desviación del calor durante un fallo catastrófico, tal como un cortocircuito interno que provoque la fuga térmica de un miembro de núcleo. Las propiedades de dispersión del calor apropiadas limitarían la probabilidad de fuga en cascada entre los núcleos. El miembro de soporte también puede ser absorbente con respecto al electrolito, que podría estar restringido en el miembro de soporte, en caso de que sea expulsado durante el uso indebido del miembro de núcleo.

Un miembro de soporte deformable y de absorción de energía cinética 120 es deseable en particular, puesto que distribuye cargas de impacto en áreas más grandes, lo que reduce la cantidad de deformación local en cada miembro de núcleo 102a-j, reduciendo de este modo la probabilidad de un cortocircuito eléctrico. Los ejemplos de materiales de absorción de energía cinética son espumas, tales como espuma de aluminio, espumas de plástico, estructuras de cerámica porosa, estructuras de panal u otras estructuras abiertas, resinas rellenas de fibra y materiales fenólicos. Un ejemplo de rellenos de fibra para materiales de plástico y resina podría ser fibra de vidrio o fibras de carbono. Los ejemplos de absorbentes de energía que contienen aluminio son espuma de aluminio, que tiene poros abiertos o cerrados, estructuras de panal de aluminio y material diseñado, tal como los materiales Altucore™ y CrashLite™. A medida que el miembro de soporte se quiebra durante el impacto, choque u otro uso indebido mecánico, es importante que los núcleos, tanto como sea posible, estén protegidos de la penetración para evitar cortocircuitos internos mecánicamente inducidos. Esto crea una estructura más segura.

Los absorbentes de energía son una clase de materiales que, en general, absorben energía mecánica-cinética al comprimirse o flexionarse a una tensión relativamente constante en una distancia extendida, y sin rebotar. Los muelles realizan una función un tanto similar, pero rebotan, de ahí que sean dispositivos de almacenamiento de energía, no absorbentes de energía. Una vez que una tensión aplicada exceda la "meseta de compresión", véase 150 de la fig. 1C, del material absorbente de energía cinética, el absorbente de energía comenzará a comprimirse a una tensión bastante constante hasta aproximadamente un 50-70 % de deformación del material. Esta sección extendida de la curva de tensión/deformación define el comportamiento de un absorbente de energía ideal. En esta zona, el área bajo la curva representa el producto de tensión x deformación, o "trabajo". En un bloque real de material absorbente de energía de un tamaño finito, tal como el miembro de soporte 120, esto se representaría como:

fuerza × desplazamiento

reconociendo que

fuerza (libras) × desplazamiento (pies) = trabajo (pie • libras)

y

trabajo (pie • libras) = energía cinética (pie • libras)

(1 pie = 0,3048 m; 1 libra = 4,44822 N)

El trabajo que se realizaría para comprimir el miembro de soporte 120 es equivalente a la energía cinética de una masa que podría impactar en el miembro de soporte 120. Cuando se diseña con el grosor y resistencia a la compresión apropiados, como será evidente para un experto en la técnica, el miembro de soporte 120 puede estar fabricado de material de absorción de energía cinética que podría absorber toda la energía cinética de un impacto en la batería, por ejemplo, en un choque de un vehículo eléctrico. Lo más importante es que la carga en los miembros de soporte 120, es decir, los miembros de núcleo de iones de litio 102a-j, nunca experimentarían una fuerza más alta que la resistencia a la compresión del material (definida a continuación). Por tanto, absorbiendo la energía de la masa que impacta en una distancia controlada con una fuerza constante, la estructura protegida, es decir, los miembros de núcleo de iones de litio 102a-j, no tendría que soportar un impacto concentrado de energía alta/fuerza alta que se produciría si la masa impactara directamente en la estructura, con resultados potencialmente catastróficos.

Cuando se aplica una carga a una estructura fabricada de un material de absorción de energía, inicialmente cederá elásticamente de acuerdo con la ecuación del módulo de Young. Sin embargo, en aproximadamente un 4-6 % de deformación, 152 de la fig. 1C, en este ejemplo particular de espuma de Al, dependiendo del tamaño de la estructura, comenzará a combarse y quebrarse continuamente a una tensión relativamente constante. Dependiendo de la densidad relativa inicial del material, esta quiebra constante seguirá a aproximadamente un 50-70 % de deformación, 154 de la fig. 1C, para este material de espuma de Al. En ese punto, la curva de tensión/deformación comenzará a aumentar a medida que el material de absorción de energía se introduce en la fase de "densificación". El punto en la curva de tensión/deformación donde el material sufre una transición de fase de deformación elástica a plástica define la "resistencia a la compresión" del material.

La sección larga y relativamente plana de la curva entre un 4-6 % de transición y un 50-70 % de deformación (que cubre aproximadamente un 45-65 % de los posibles valores de deformación del material), llamada "meseta de compresión". Esta característica única de los materiales de absorción de energía cinética les hace muy útiles para absorber la energía cinética de una masa impactante mientras que se protege la carga que se transporta.

Para proteger además el miembro de núcleo, se puede añadir un material cilíndrico fabricado de metal, cerámica o plástico como una camisa 121, fig. 1A, alrededor de la estructura de núcleo. Esta camisa se puede añadir directamente rodeando los núcleos individuales, en el exterior del material de revestimiento, o bien se puede aplicar en el interior de las estructuras de las cavidades en el miembro de soporte. Esto previene que los objetos punzantes penetren en los núcleos. Aunque solo se muestra una camisa en la figura, se entenderá fácilmente que se incluirían camisas para cada miembro de núcleo.

De forma alternativa, el miembro de soporte 120 se podría diseñar con regiones abiertas 160, como se muestra en la fig. 1D, que contienen materiales de relleno 162. Los ejemplos de materiales de relleno son medios con forma regular o irregular, que pueden ser huecos o densos. Los ejemplos de medios huecos son esferas de metal, cerámica o plástico, que se puede hacer compresibles a diversas fuerzas de presión y con el propósito de funcionar como un absorbente de energía para la protección frente a choques. Los ejemplos específicos son esferas huecas de aluminio, medios de molienda de cerámica de alúmina o circonita, y esferas huecas de polímero.

El miembro de soporte 120 también puede estar optimizado para transferir calor rápidamente por todo el miembro de soporte y distribuirlo uniformemente por toda la batería o limitar la exposición térmica entre núcleos, en caso de que un núcleo experimente una fuga térmica durante un uso indebido. Además de una mayor seguridad, esto incrementará la vida de la batería limitando las temperaturas de funcionamiento máximas y posibilita que la batería no tenga ninguna gestión térmica, ni tampoco pasiva. Lo más importante es que las características térmicas del miembro de soporte 120 ayudan a prevenir la propagación de fallos desde un miembro de núcleo con fallos a otros miembros de núcleo debido a las propiedades de transferencia de calor optimizadas del material y la capacidad de interrumpir la propagación de la llama. Dado que el material también es absorbente, puede absorber electrolito que se escapa en el material, lo que puede ayudar a reducir la gravedad de un fallo catastrófico.

El miembro de soporte 120 incrementa la seguridad global de la batería de MN: a) permitiendo que la distribución de los miembros de núcleo de iones 102a-j optimice la batería tanto para la seguridad como para la densidad de energía alta, b) deteniendo la rápida propagación térmica entre los miembros de núcleo de iones 102a-j, mientras se deja enfriar simultáneamente, c) proporcionando una estructura protectora de absorción de choques e impactos para los miembros de núcleo de iones 102a-j y los productos químicos reactivos y d) usando un material ignífugo ampliamente reconocido a través de la detención de la llama.

Las cavidades cilíndricas 122 están formadas en el miembro de soporte 120 para recibir los miembros de núcleo de iones de litio 102a-i, un núcleo por cavidad. En esta configuración, las cavidades cilíndricas 122 tienen aberturas 126 con un diámetro que es ligeramente más grande que el de los miembros de núcleo de iones de litio 102. Las aberturas 126 están orientadas y expuestas a una región de atmósfera compartida 128 dentro de la envoltura 116. Sin tener envolturas individuales más pequeñas (tales como un cilindro o bolsa de polímero que proporcione herméticamente un sello entre los miembros de núcleo activos), los ánodos/cátodos de los miembros de núcleo también están expuestos directamente a la región de entorno compartido 128. No solo la eliminación de los

- miembros de núcleo con forma de cilindro reduce los costes de fabricación, sino que también incrementa la seguridad. En el caso de un fallo de un miembro de núcleo y un incendio resultante, los gases expulsados pueden ocupar la región de entorno compartido 128, lo que proporciona significativamente más volumen del que estaría disponible en un típico miembro de núcleo individual "con forma de cilindro". Con la acumulación de presión en el miembro de núcleo con forma de cilindro, es más probable una explosión que con la presente invención, que proporciona un mayor volumen para que los gases lo ocupen y, por lo tanto, una acumulación de presión reducida. Además, un cilindro se rompe típicamente a presiones mucho más altas que la estructura de la invención, dando como resultado un modo de fallo más leve con la presente invención.
- Dentro de cada cavidad 122 está dispuesto un revestimiento de cavidad delgado 124, que está posicionado entre el miembro de soporte 120 y los miembros de núcleo de iones de litio 102a-i. Típicamente, todos los revestimientos de cavidad (en este caso 10 correspondientes al número de cavidades) están formados como parte de un miembro de revestimiento de cavidad monolítico 124'. El revestimiento está fabricado preferentemente de polipropileno, polietileno o cualquier otro plástico que sea químicamente inerte al electrolito. El revestimiento también puede estar fabricado de un material de cerámica o metal, aunque estos tienen un coste más alto y no son preferentes. Sin embargo, en el caso en el que el miembro de soporte sea eléctricamente conductor, el revestimiento se debe aislar eléctricamente para aislar eléctricamente los miembros de núcleo del miembro de soporte. Los revestimientos de cavidad son importantes por múltiples motivos. En primer lugar, son impermeables a la humedad y al electrolito. En segundo lugar, pueden contener agentes retardantes de llama, que pueden apagar un incendio y, en tercer lugar, permiten que un material de plástico fácilmente sellable contenga el electrolito dentro de un sello hermético.
- Durante su fabricación, se pueden rellenar simultáneamente las cavidades 122 con electrolito y, a continuación, simultáneamente formar y clasificar en cuanto a su capacidad durante el procedimiento de fabricación continua. El procedimiento de formación consiste en cargar la celda a un voltaje constante, típicamente de 4,2 V y, a continuación, dejar que la celda permanezca en este potencial durante 12-48 horas. La clasificación de la capacidad tiene lugar durante un procedimiento de carga/descarga, donde la celda se descarga completamente a un voltaje más bajo, tal como 2,5 V, a continuación, se carga al voltaje más alto, típicamente en un intervalo de 4,2-4,5 V, y posteriormente se descarga nuevamente, tras lo que se registra la capacidad. Se pueden necesitar múltiples ciclos de carga/descarga para obtener una clasificación de la capacidad exacta, debido a las ineficiencias en el procedimiento de carga/descarga.
- El revestimiento de cavidad posibilita que se introduzca una cantidad precisa y consistente de electrolito en cada miembro de núcleo, debido a su ajuste perfecto con el núcleo. Un modo de conseguir el relleno es con orificios pasantes en la envoltura 116, que, a continuación, se pueden rellenar y sellar después de que el electrolito se haya introducido en las cavidades y se haya procesado. Un miembro de núcleo de tipo capa de gelatina que tenga aproximadamente 3 Ah de capacidad necesitará aproximadamente 4-8 g de electrolito, dependiendo de la densidad y del material poroso que lo rodea. El relleno con electrolito se realiza de modo que toda la capa de gelatina se humedezca por igual por toda la capa sin dejar ningún área seca. Es preferente que cada miembro de núcleo tenga la cantidad equivalente de electrolito de núcleo a núcleo, con una variación dentro de 0,5 g e incluso más preferente dentro de 0,1 g, e incluso aún más preferente dentro de 0,05 g. La variación se ajusta con la cantidad total de electrolito y típicamente es de menos de un 5 % o incluso más preferente <1 % de la cantidad total de electrolito por núcleo. Disponer el ensamblaje en un vacío ayuda con este procedimiento de relleno y es crucial para la humectación completa e igual de los electrodos.
- El tamaño, el espaciado, la forma y el número de cavidades 122 en el miembro de soporte 120 se pueden ajustar y optimizar para lograr las características de funcionamiento deseadas para la batería mientras que todavía se logran los rasgos característicos de seguridad descritos anteriormente, tales como la mitigación de la propagación de fallos entre los miembros de núcleo 102.
- Como se muestra en la fig. 2, los miembros de soporte 220a-h pueden tener números de cavidades diferentes, que varían preferentemente desde 7 a 11, y configuraciones diferentes, incluyendo miembros de soporte que tienen cavidades de tamaños diferentes como en el caso de los miembros de soporte 220d y 220h. El número de cavidades siempre es más de 2 y no está particularmente limitado en el extremo superior, salvo por la geometría del miembro de soporte y el tamaño de la capa de gelatina. Un número práctico de cavidades está típicamente entre 2 y 30. Las cavidades pueden estar distribuidas uniformemente, como en el miembro de soporte 220f, o pueden estar en zigzag, como en el caso del miembro de soporte 220g. En la fig. 2, también se muestran los diámetros de las cavidades y el diámetro del miembro de núcleo que se puede insertar en las cavidades para cada uno de los miembros de soporte 220a-h representados. Además, se muestra la capacidad en amperios por hora (Ah) para cada configuración.
- También se pueden usar cavidades y miembros de núcleo con forma diferente. Como se muestra en la fig. 3, el miembro de soporte 320 incluye cavidades 322 que tienen una forma oblonga para recibir miembros de núcleo con forma similar 302. En la fig. 4, el miembro de soporte 420 tiene una mezcla de cavidades oblongas 422 y cavidades cilíndricas 402 para recibir miembros de núcleo con forma similar (no mostrados).
- En la fig. 5, se muestra otra forma del miembro de núcleo 502a, adecuado para la presente invención. Esta es una estructura de capa de gelatina, pero con una forma prismática en lugar de cilíndrica u oblonga, como se describe

previamente. El miembro de núcleo incluye el ánodo 530a, el cátodo 532a y el separador aislante eléctricamente 534a. Aunque no está representado en las figuras previas, cada miembro de núcleo incluye un separador entre los ánodos y los cátodos. El miembro de núcleo 502b también tiene forma prismática, sin embargo, se usa una construcción apilada, que incluye el ánodo 530b, el cátodo 532b y el separador 534b.

Hasta ahora, los miembros de núcleo se han mostrado conectados eléctricamente en paralelo, sin embargo, se pueden conectar en serie o en una combinación de conexiones en paralelo y en serie. Como se muestra en la fig. 6, existe un miembro de soporte 620 (fabricado de espuma de aluminio o espuma de polímero) conjuntamente con los miembros de núcleo de capa de gelatina insertados 602. Para mayor claridad, no se muestran las pestañas de los miembros de núcleo que se conectan a las barras conductoras, aunque están presentes. El conector del terminal de batería negativo 640 está conectado eléctricamente a la barra conductora de voltaje más bajo 642. El conector del terminal de batería positivo 644 está conectado eléctricamente a la barra conductora de voltaje alto 646. Las barras conductoras de bloque adyacentes 648 y 650 conectan cada uno de los miembros de núcleo en sus filas en paralelo respectivas. Cada barra conductora 642, 644, 648 y 650 tiene una barra conductora complementaria en el lado opuesto del miembro de núcleo, que no se muestra. Cada barra conductora paralela está conectada individualmente en serie a través de tres barras de conexión, 652, lo que permite una trayectoria eléctrica en serie. Los cables de detección 654a-654e están posicionados en cada punto eléctrico único, lo que permite la detección de niveles de voltaje en cada uno de los puntos de voltaje de la capa de gelatina conectados en paralelo en un sistema en serie. Estos cables también se pueden usar para proporcionar una corriente de compensación para mantener a los miembros de núcleo en el mismo estado de carga durante la carga y descarga, y están conectados a un contacto de alimentación directa 656. Los expertos en la técnica de los sistemas de compensación de celdas se darán cuenta del propósito de dichas conexiones dentro de una unidad de la invención que tiene núcleos conectados en serie.

La figura 6B muestra una envoltura 616 que aloja el miembro de soporte 320. La envoltura 616 consiste en una tapa de plástico 658 y una caja 660 que están selladas herméticamente a través de soldadura ultrasónica. Al final de la envoltura 616 opuesta al lado de tapa 658 hay un contacto de detección de alimentación directa 656. Desde la tapa 658 se extienden el conector del terminal de batería negativo 640 y el conector del terminal de batería positivo 644. Se puede entender que se pueden lograr diversas disposiciones en cuanto a la posición del contacto de detección de los conectores por los expertos en la técnica y que también se pueden usar diferentes celdas de disposición en serie o en paralelo para el propósito de la invención.

En el caso de una tapa de metal, se cierra con procedimientos de soldadura, tales como soldadura por láser, y en el caso de los plásticos, se pueden usar adhesivos (pegamentos), o se pueden usar procedimientos de soldadura térmica o ultrasónica, o cualquier combinación de los mismos. Esto proporciona una batería de MN apropiadamente sellada. Las capas de gelatina están conectadas en paralelo o en serie en el interior de la envoltura.

Todas las alimentaciones directas, detección, potencia, presión, etc., necesitan estar selladas herméticamente. Los sellos herméticos deben resistir una presión interna en exceso de o igual a aproximadamente 101325 Pa (1 atm) y también el vacío, preferentemente más de 121590 Pa (1,2 atm). También se puede alojar un respiradero en el recipiente, establecido a una presión interna más baja de lo que el sello lo permite.

Otro modo de proporcionar capacidad de compensación y detección es tener conectores individuales que proporcionen un cable externo desde cada uno de los terminales positivo y negativo de los miembros de núcleo individual, lo que permite que los conectores externos al recipiente se conecten con cada uno de los miembros de núcleo individual. El circuito de compensación detecta el desequilibrio en el voltaje o estado de carga de las celdas en serie y proporcionaría medios de compensación pasiva o activa conocidos por los expertos en la técnica. Los cables de conexión están separados de los terminales que proporcionan medios para conducir la corriente desde las celdas para el propósito de proporcionar energía de la batería y solo se usan típicamente cuando las celdas están conectadas en serie dentro de un recipiente. Opcionalmente los cables de detección se pueden proteger con fusibles en el exterior del recipiente para evitar que las corrientes de gran amperaje circulen a través de las capas de gelatina individuales a través del circuito de detección.

La envoltura 116, 616 puede estar configurada con una pared con forma de huevera 700, fig. 7A, de modo que tras el impacto mecánico en la envoltura, la batería de MN se pueda cortocircuitar externamente a la envoltura. La parte con forma de huevera 702 de la pared 700, fabricada de aluminio, entra en contacto con una placa de material no conductor 704, fabricada de plástico de polietileno (anteriormente al impacto). Una segunda placa 706, que está fabricada de aluminio u otro material conductor, está localizada por debajo de la placa de plástico 704. El material con forma de huevera 702 está conectado al polo negativo o bien al positivo de la batería de MN y la otra placa conductora 706 está conectada al polo opuesto. Tras el impacto, la penetración de clavos o presión no normal en la pared, tal como en un choque, la pared con forma de huevera 702 se comprime de modo que se penetra en la placa de plástico 704 y hace contacto con los puntos de contacto externos 708a-d de la placa conductora 706, fig. 7B, lo que crea un cortocircuito eléctrico externo en la batería de MN.

Los miembros de núcleo individual están conectados típicamente por medio de barras conductoras internas, como se describe anteriormente. A veces, el conector común de barra conductora puede ser un cable o un cable recubierto de plástico. También puede ser un metal sólido, tal como cobre, aluminio o níquel. Esta barra conductora

conecta miembros de múltiples núcleos en serie o en paralelo y tiene la capacidad de transferir corrientes en la estructura de miembro de múltiples núcleos a un conector, lo que permite una conexión externa al conjunto de múltiples núcleos. En el caso de una barra conductora externa, se necesitarían conectores de alimentación directa individuales a través de la envoltura de cada capa de gelatina.

5 Independientemente de si se usan barras conductoras internas o externas, se pueden construir para proporcionar un fusible entre los miembros de núcleo. Esto se puede conseguir de una variedad de modos, incluyendo la creación de áreas donde la sección transversal de la barra conductora está limitada solo a transportar una determinada corriente eléctrica o limitando el tamaño de la pestaña, que conecta el miembro de núcleo a la barra conductora. La barra conductora o pestañas pueden estar construidas en una pieza estampada u otra técnica de formación de metales, o usando una segunda pieza que conecte las divisiones de las barras conductoras con una disposición de fusibles. Por ejemplo, si se usan dos áreas rectangulares en sección transversal de barras conductoras de cobre, donde las pestañas de ánodo y cátodo de miembros de 10 núcleos están conectadas a cada una mediante la barra conductora, cada barra conductora tiene un área de superficie en sección transversal de 10 mm^2 , al menos un área en la barra conductora se puede fabricar para que tenga un área de superficie reducida en comparación con el resto de la barra conductora. Esto proporciona una posición donde se produce la fusión y la capacidad de transporte de corriente es limitada. Esta área de fusible puede estar en uno o más puntos de la barra conductora, preferentemente entre cada miembro de núcleo, pero lo más eficaz en el caso de muchas celdas es en el punto medio. Si se produjera un cortocircuito externo, este fusible limitaría el calentamiento de los miembros de núcleo y evitaría potencialmente la fuga térmica. También, en el caso de cortocircuitos internos en un miembro de núcleo, debido a defectos de fabricación o bien debido a la penetración externa durante un acontecimiento de uso indebido, tal como un clavo, que penetra en los miembros de núcleo, provocando un cortocircuito interno en la celda, esta disposición de fusibles puede limitar la cantidad de corriente que se transfiere al cortocircuito interno cerrando el núcleo defectuoso a los demás núcleos paralelos.

25 Se puede rellenar el espacio vacío en el interior de la envoltura con materiales de absorción de golpes, tales como espuma u otra estructura que permita menos impacto en los miembros de núcleo, reduciendo además de este modo el riesgo de cortocircuitos internos. Esta robustez también puede proporcionar medios de cambio de la frecuencia de autovibración del contenido interno a la carcasa, proporcionando una tolerancia incrementada a los golpes y vibración y vida mecánica. El material de relleno debe contener preferentemente materiales retardantes de llama que permitan la extinción de cualquier incendio que pudiera surgir durante la fuga térmica de la celda o se derritan durante la misma fuga térmica, absorbiendo de este modo el calor en exceso y limitando el calentamiento de la celda. Esto proporciona una seguridad incrementada en el caso de un acontecimiento catastrófico. Se pueden encontrar ejemplos de retardantes de llama en la literatura y manuales públicos sobre diseño, tal como Polyurethanes Handbook, publicado por Hanser Gardner Publications, o como se describe en el documento US5198473. Además de la espuma de poliuretano, también se pueden usar espumas de epoxi o lana de fibra de vidrio y similares materiales no química o electroquímicamente activos, como materiales de relleno en espacios vacíos en el interior de la envoltura. En particular, se pueden usar esferas huecas o densas o partículas con forma irregular fabricadas de plástico, metal o cerámica como rellenos de bajo coste. En el caso de esferas huecas, estas proporcionarían medios adicionales para la absorción de energía durante una situación de choque de la celda de múltiples núcleos. En un caso especial, el miembro de soporte es espuma de aluminio. En otro caso especial, el miembro de soporte es una espuma densa de aluminio entre un 10-25 % de la densidad del aluminio. Aún en otro caso especial, los poros de la espuma de aluminio tienen un diámetro promedio que sea de menos de 1 mm.

45 En el caso de que la batería de MN solo tenga miembros de núcleo dispuestos en paralelo, los miembros de núcleo pueden contener uno o más miembros de núcleo que estén optimizados para la potencia y uno o más miembros de núcleo que estén optimizados para la energía. En otro caso especial, la batería de MN puede tener algunos miembros de núcleo con ánodo o cátodo que usan determinados materiales y otros miembros de núcleo que utilizan ánodos y cátodos que usan materiales diferentes. Aún en otro caso especial, el ánodo o cátodo puede tener electrodos de grosores diferentes. Se puede combinar cualquier combinación que tenga un grosor de electrodo variable, material activo de cátodo o ánodo o formulación de electrodo en una cadena en paralelo, con el objetivo de adaptar la proporción de energía con respecto a potencia de la batería. Algunos miembros de núcleo pueden estar configurados para resistir pulsos de potencia rápidos, mientras que otros miembros de núcleo pueden estar optimizados para el almacenamiento de energía alta, proporcionando, por tanto, una batería que pueda tratar pulsos de potencia alta, mientras que tiene un contenido de energía alta. Sin embargo, es importante que los miembros de núcleo tengan una química que se iguale electroquímicamente, para proporcionar estabilidad química en el intervalo de voltajes para la química elegida.

60 Por ejemplo, un cátodo de LiCoO_2 se puede combinar con un cátodo de $\text{LiNi}_{0,8}\text{Co}_{0,15}\text{Al}_{0,05}\text{O}_2$, siempre que se use un potencial superior de 4,2 V y un potencial inferior de aproximadamente 2 V a 2,5 V, sin embargo, a medida que potencial está por encima de los 4,2 V, por ejemplo, 4,3 V, por ejemplo, un material de LiCoO_2 impurificado con magnesio no se debe combinar con un material de NCA, puesto que el material de NCA se degrada a los voltajes más altos. Sin embargo, en el último ejemplo, los dos materiales se pueden mezclar siempre que el potencial superior esté limitado a 4,2 V. Un objetivo de la invención es usar materiales de cátodos combinados en el intervalo de voltajes correcto y el inventor ha descubierto determinadas combinaciones que son particularmente útiles para la energía alta o la potencia alta, explicadas más adelante en la descripción.

La optimización de la potencia y energía puede tener lugar ajustando la formulación del electrodo, tal como usando un grado más alto de aditivo conductor para una conductividad eléctrica incrementada, o bien usando electrodos de grosores diferentes. Adicionalmente, los núcleos de energía pueden tener un conjunto de materiales activos (cátodo y ánodo) y los núcleos de potencia otro tipo de materiales. Cuando se usa este procedimiento, es preferente que los materiales tengan un intervalo de voltajes igualado, tal como 2,5-4,2 V, o en el caso de combinaciones de voltajes altos, 2,5 V-4,5 V, para evitar la descomposición. El voltaje superior se caracteriza por estar por encima de 4,2 V y está típicamente por debajo de 5 V por miembro de núcleo aislado en una batería de múltiples núcleos de iones de litio.

Las siguientes son descripciones de ánodo, cátodo, separador y electrolito que se pueden usar en relación con la presente invención.

Ánodo

Los ánodos de estos miembros de núcleo son los encontrados comúnmente en las baterías de iones de Li o polímero-Li y se describen en la literatura, tal como grafito, carbono impurificado, carbono duro, carbono amorfo, silicio (tal como nanopartículas de silicio o columnas de Si o silicio dispersado con carbono), estaño, aleaciones de estaño, Cu_6Sn_5 , Li, Li depositado sobre sustratos de hojas de metal, Si con Li, mezclado en Li metal en polvo en grafito, titanato de litio y cualquier mezcla de los mismos. Los proveedores de ánodos incluyen, por ejemplo, Morgan Carbon, Hitachi Chemical, Nippon Carbon, BTR Energy, JFE Chemical, Shanshan, Taiwan Steel, Osaka Gas, Conoco, FMC Lithium, Mitsubishi Chemical. La invención no está limitada a ningún compuesto de ánodo particular.

Cátodo

Los cátodos usados para las capas de gelatina son los que son estándar para la industria y también algunas nuevas mezclas de voltaje alto, que se describen con más detalle a continuación. Estos nuevos cátodos se pueden usar en estructuras de MN o en baterías de una celda individual en las que la estructura de ánodo/cátodo está contenida en una caja de metal sellada o una bolsa de polímero sellada. Debido a la riqueza de los materiales de cátodo disponibles para la industria, las clases de materiales en cuanto a cada grupo de materiales en el presente documento se denominan "compuestos"; cada compuesto puede tener un intervalo de composiciones y están agrupados debido a la similitud en la estructura cristalina, composición química, idoneidad de los intervalos de voltajes o composición de los materiales y cambios de gradiente. Los ejemplos de materiales individuales adecuados son Li_xCoO_2 (denominado compuesto A), $\text{Li}_x\text{M}_z\text{Co}_w\text{O}_2$ (compuesto B, donde M se selecciona de Mg, Ti y Al y sustituyendo parcialmente Co o Li en la red cristalina y añadido en el intervalo Z=0-5 %, típicamente W es cercano a 1, adecuado para cargas por encima de 4,2 V), $\text{Li}_x\text{Ni}_a\text{Mn}_b\text{Co}_c\text{O}_2$ (en particular, las combinaciones de aproximadamente a=1/3, b=1/3, c=1/3 (compuesto C) y a=0,5, b=0,3, c=0,2 (compuesto D), y compuestos sustituidos con Mg de los mismos (ambos agrupados bajo el compuesto E)).

Otro ejemplo es $\text{Li}_x\text{Ni}_d\text{Co}_e\text{Al}_f\text{O}_2$ (compuesto F) y su derivado sustituido con $\text{Li}_x\text{Mg}_y\text{Ni}_d\text{Co}_e\text{Al}_f\text{O}_2$ (compuesto G), donde en un caso especial d=0,8, e=0,15, f=0,05, pero d, e y f pueden variar con varios porcentajes, y varía entre 0 y 0,05. Aun otro ejemplo de materiales de cátodo individuales son Li_xFePO_4 (compuesto H), Li_xCoPO_4 (compuesto I), Li_xMnPO_4 (compuesto J) y $\text{Li}_x\text{Mn}_2\text{O}_4$ (compuesto K). En todos estos compuestos, en general se encuentra típicamente un exceso de litio ($x>1$), pero x puede variar desde aproximadamente 0,9 a 1,1. Una clase de materiales que son, en particular, adecuados para voltajes altos, que poseen capacidad alta cuando se cargan por encima de 4,2 V, son los llamados materiales de capa en capa descritos, por ejemplo, por Thackeray *et al.* en la patente de EE. UU. US7358009 y disponibles comercialmente de BASF y TODA (Compuesto L).

El compuesto descrito inicialmente por Thackeray se puede estabilizar a voltajes por encima de 4,2 V. Algunos de estos cátodos son estables a voltajes altos, por encima de 4,2 V (el voltaje más alto estándar que usa grafito como ánodo) y esos materiales se pueden mezclar preferentemente. Aunque uno de los materiales anteriores se pueda usar en la invención, es preferente mezclar dos o más de los compuestos de materiales seleccionados de B, C, D, E, F, G, I, J y L. En particular, son preferentes dos o más mezclas de componentes de los compuestos B, D, F, G y L. Para configuraciones de densidad de energía muy alta, una mezcla de (B y L) o (B y G) o (G y L) es más beneficiosa, y cuando estas se fabrican como electrodos delgados, también se puede lograr una potencia alta. Los electrodos delgados (potencia) y gruesos (energía) se pueden introducir en los miembros de núcleo para adaptar la proporción de energía con respecto a potencia, mientras que tienen el mismo intervalo de voltajes y química adecuados.

Un cátodo nuevo particular, el llamado material de gradiente de núcleo-carcasa (CSG) (denominado compuesto M), tiene una composición diferente en su núcleo en comparación con su carcasa. Por ejemplo, Ecopro (página web www.ecopro.co.kr o <http://ecopro.co.kr/xe/?mid=emenu31>, a partir de la fecha 1-10-2010) o la solicitud y registro de patente PCT/KR2007/001729(PCT) (2007), que describe dicho material de compuesto M en su documentación de producto como "material de CSG" (gradiente de núcleo-carcasa) como $x\text{Li}[\text{Ni}_{0,8}\text{Co}_{0,1}\text{Mn}_{0,1}]\text{O}_2(1-x)\text{Li}[\text{Ni}_{0,46}\text{Co}_{0,23}\text{Mn}_{0,31}]\text{O}_2$ y otro compuesto de tipo M también se describe por Y-K Sun en *Electrochimica Acta*, vol. 55, número 28, p. 8621-8627, y una tercera descripción del compuesto de tipo M se puede encontrar en *Nature*

Materials 8 (2009) p.320-324 (artículo de YK Sun *et al*), que describe un material de CSG de composición similar, pero de fórmula Bulk= $\text{Li}(\text{Ni}_{0,8}\text{Co}_{0,1}\text{Mn}_{0,1}\text{O}_2$, gradiente de concentración = $\text{Li}(\text{Ni}_{0,8-x}\text{Co}_{0,1+y}\text{Mn}_{0,1+z}$, donde $0 \leq x \leq 0,34$, $0 \leq y \leq 0,13$ y $0 \leq z \leq 0,21$; y capa de superficie = $\text{Li}(\text{Ni}_{0,46}\text{Co}_{0,23}\text{Mn}_{0,31}\text{O}_2$. Una cuarta descripción se puede encontrar en la patente WO2012/011785A2 (la patente "785A2"), que describe la fabricación de variantes del compuesto M descritas como $\text{Li}_{x1}[\text{Ni}_{1-y1-z1-w1}\text{Co}_{y1}\text{Mn}_{z1}\text{M}_{w1}\text{O}_2$ (donde, en la fórmula anterior, $0,9 \leq x2 \leq 1,3$, $0,1 \leq y2 \leq 0,3$, $0,0 \leq z2 \leq 0,3$, $0 \leq w2 \leq 0,1$, y M es al menos un metal seleccionado de Mg, Zn, Ca, Sr, Cu, Zr, P, Fe, Al, Ga, In, Cr, Ge y Sn; y una parte exterior que incluye el compuesto de $\text{Li}_{x2}[\text{Ni}_{1-y2-z2-w2}\text{Co}_{y2}\text{Mn}_{z2}\text{M}_{w2}\text{O}_2$ (donde, en la fórmula exterior, $0,9 \leq x2 \leq 1+z2$, $0 \leq y2 \leq 0,33$, $0 \leq z2 \leq 0,5$, $0 \leq w2 \leq 0,1$ y M es al menos un metal seleccionado de Mg, Zn, Ca, Sr, Cu, Zr, P, Fe, Al, Ga, In, Cr, Ge y Sn). Se pueden usar los cuatro intervalos de variantes del compuesto M para el compuesto M en diversos aspectos de la invención.

Es preferente que el compuesto M pueda tener además un contenido de Li que pueda estar en aproximadamente 1, pero varíe dentro de un pequeño porcentaje, y que los compuestos de Li o Ni/Mn/Co se puedan sustituir con Mg, Al y metales de transición de la primera fila, mediante optimización, y es preferente que se combinen uno o más de estos compuestos M como se describe anteriormente con los compuestos B, C, D, E, F, G, L para su uso en baterías de iones de litio. Es probable que el material de compuesto M de núcleo pueda contener hasta un 90 % de níquel y tan poco como un 5 % de cobalto y hasta un 40 % de Mn, y, a continuación, el gradiente iría desde una de estas composiciones límite hasta tan poco como un 10 % de Ni, un 90 % de cobalto y un 50 % de Mn.

En general, se puede lograr una potencia alta usando electrodos delgados de los compuestos o combinaciones descritas dentro de la presente invención para ánodos y cátodos. Típicamente se considera que un electrodo grueso está por encima de 60 μm de grosor hasta aproximadamente 200 μm , cuando se mide el grosor de la capa de recubrimiento del electrodo de la hoja de aluminio, mientras que los electrodos más delgados (es decir, de menos de 60 μm) son mejores para las configuraciones de baterías de iones de Li de potencia alta. Típicamente para una potencia alta, se usa más aditivo de negro de carbón en las formulaciones de electrodo para hacerlo más eléctricamente conductor. Los compuestos de cátodo se pueden adquirir de varios proveedores de materiales, tales como Umicore, BASF, TODA Kogyo, Ecopro, Nichia, MGL, Shanshan y Mitsubishi Chemical. El compuesto M, está disponible de Ecopro y se describe en su documentación de producto como material de CSG (tal como $x\text{Li}[\text{Ni}_{0,8}\text{Co}_{0,1}\text{Mn}_{0,1}\text{O}_2(1-x)\text{Li}[\text{Ni}_{0,46}\text{Co}_{0,23}\text{Mn}_{0,31}\text{O}_2]$ y otro compuesto de tipo M también como se describe por YK Sun en Electrochemica Acta, vol. 55, número 28, p. 8621-8627, todos los cuales se pueden combinar preferentemente con compuestos como se describe anteriormente.

Los compuestos A-M combinados como dos o más compuestos en cátodos de voltaje alto pueden estar recubiertos preferentemente con un modificador de superficie. Cuando se usa un modificador de superficie, es preferente, aunque no necesario, que cada compuesto esté recubierto con el mismo modificador de superficie. El modificador de superficie ayuda a incrementar la eficacia del primer ciclo de la mezcla de cátodo y la tasa de descarga. Además, se mejora la vida útil con la aplicación del material modificador de superficie. Los ejemplos de modificadores de superficie son Al_2O_3 , Nb_2O_5 , ZrO_2 , ZnO , MgO , TiO_2 , fluoruros de metal, tales como AlF_3 , fosfatos de metal, AlPO_4 y CoPO_4 . Dichos compuestos modificadores de superficie se han descrito anteriormente en la literatura [J. Liu *et al*, J. de Materials Chemistry 20 (2010) 3961-3967; ST Myung *et al*, Chemistry of Materials 17 (2005) 3695-3704; S.T. Myung *et al* J. of Physical Chemistry C 111 (2007) 4061-4067; ST Myung *et al* J. of Physical Chemistry C 1154 (2010) 4710-4718; BC Park *et al*, J. of Power Sources 178 (2008) 826-831; J. Cho *et al*, J of Electrochemical Society 151 (2004) A1707-A1711], pero nunca se han notificado junto con cátodos combinados a voltajes por encima de a 4,2 V. En particular, es beneficioso combinar los compuestos modificados en la superficie B, C, D, E, F, G, L y M para el funcionamiento por encima de 4,2 V.

El material del cátodo se mezcla con un aglutinante y negro de carbón, tal como ketjenblack, u otros aditivos conductores. Se usa típicamente NMP para disolver el aglutinante y PVDF es un aglutinante preferente para el tipo de iones de Li, mientras que el tipo de polímero-Li puede tener otros aglutinantes. La suspensión de cátodo se mezcla para obtener una viscosidad estable y es bien conocida en la técnica. Los compuestos A-M y sus combinaciones descritos anteriormente a veces se denominan colectivamente en el presente documento "materiales activos de cátodo". De forma similar, los compuestos de ánodo se denominan materiales activos de ánodo.

Se puede fabricar un electrodo de cátodo mezclando, por ejemplo, un compuesto de cátodo, tal como las combinaciones o compuestos individuales del compuesto A-M anterior, a aproximadamente un 94 % de los materiales activos de cátodo y aproximadamente un 2 % de negro de carbón y un 3 % de aglutinante de PVDF. El negro de carbón puede ser ketjenblack, Super P, negro de acetileno y otros aditivos conductores disponibles de múltiples proveedores, incluyendo AkzoNobel, Timcal y Cabot. Se crea una suspensión mezclando estos componentes con disolvente de NMP y, a continuación, la suspensión se recubre sobre ambos lados de una hoja de aluminio de aproximadamente 20 micrómetros de grosor y se seca a aproximadamente 100-130 $^{\circ}\text{C}$ al grosor y peso por unidad de área deseados. A continuación, este electrodo se lamina mediante rodillos hasta el grosor y la densidad deseados.

El ánodo se prepara de forma similar, pero se usa típicamente aproximadamente un 94-96 % de material activo de ánodo, en el caso de grafito, mientras que el aglutinante de PVDF está a un 4 %. A veces, se usa un aglutinante de SBR para un cátodo mezclado con CMC y para ese tipo de aglutinante, típicamente se pueden usar cantidades

relativas más altas de materiales activos de ánodo a aproximadamente un 98 %. Para el ánodo, a veces se puede usar negro de carbón para incrementar la tasa de descarga. El ánodo está recubierto en una hoja de cobre de aproximadamente 10 micrómetros.

- 5 Los expertos en la técnica podrían mezclar fácilmente composiciones como se describe anteriormente para electrodos funcionales.

10 Para limitar la expansión del electrodo durante la carga y descarga, los materiales de fibra de PE, PP y carbono se pueden añadir opcionalmente a la formulación de electrodo. Otras técnicas de expansión usan partículas de cerámica inerte, tal como SiO_2 , TiO_2 , ZrO_2 o Al_2O_3 en la formulación de electrodo. En general, la densidad de los cátodos está entre 3 y 4 g/cm^3 , preferentemente entre 3,6 y 3,8 g/cm^3 y la de los ánodos de grafito entre 1,4 y 1,9 g/cm^3 , preferentemente 1,6-1,8 g/cm^3 , que se logra mediante el prensado.

15 **Separador**

El separador necesita ser una película aislante eléctricamente que se inserta entre los electrodos de ánodo y cátodo y debe tener permeabilidad alta para los iones de Li, así como resistencia alta en la dirección de tracción y transversal y resistencia a la penetración alta. El tamaño de poro está típicamente entre 0,01 y 1 micrómetro y el grosor está entre 5 micrómetros y 50 micrómetros. Típicamente se usan láminas de poliolefinas no tejidas, tales como estructuras de polietileno (PE), polipropileno (PP) o PP/PE/PP. Se puede aplicar una cerámica, que consiste típicamente en Al_2O_3 , sobre la película para mejorar la contracción tras el calentamiento y mejorar la protección frente a cortocircuitos internos. También el cátodo o el ánodo puede estar recubierto de forma similar con una cerámica. Se pueden obtener separadores de múltiples proveedores en la industria, incluyendo Celgard, SK, Ube, Asahi Kasei, Tonen/Exxon y WScope.

25 **Electrolito**

30 El electrolito se encuentra típicamente en la industria que contiene disolventes y sales. Los disolventes se seleccionan típicamente de DEC (carbonato de dietilo), EC (carbonato de etileno), EMC (carbonato de etilo y metilo), PC (carbonato de propileno), DMC (carbonato de dimetilo), 1,3-dioxolano, EA (acetato de etilo), tetrahidrofurano (THF). Las sales se seleccionan entre LiPF_6 , LiClO_4 , LiAsF_6 , LiBF_4 ; los compuestos que contienen azufre o imida usados en el electrolito incluyen LiCF_3SO_3 , $\text{Li}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$, $\text{Li}(\text{CF}_3\text{CF}_2\text{SO}_2)_2$ o una sulfonación simple haciendo burbujear SO_2 a través de un electrolito premezclado, tal como EC/EMC/DMC (proporción 1:1:1) y LiPF_6 1 M. Otras sales son LiBOB (bis-oxalatoborato de litio), TEATFB (tetrafluoroborato de tetraetilamonio), TEMABF4 (tetrafluoroborato de trietilmetilamonio). También se puede usar un aditivo para la formación de SEI, la generación de gases, las propiedades retardantes de llama o la capacidad de servir como lanzadera de oxidoreducción eficaces, incluyendo BP (bifenilo), FEC, piridina, trietilfosfito, trietanolamina, etilendiamina, triamida hexafosfórica, azufre, PS (sulfito de propileno), ES (etilensulfito), TPP (fosfato de trifenilo), sales de amonio, disolventes que contienen halógeno, tales como tetracloruro de carbono o trifluoruro de etileno y adicionalmente gas CO_2 para mejorar las características de almacenamiento a alta temperatura. Para los electrolitos sólidos/en gel o de polímero de PVDF, PVDF-HFP, EMITFSI, LiTFSI, PEO, PAN, PMMA, PVC, se puede usar cualquier combinación de estos polímeros, junto con otros componentes de electrolito para proporcionar un electrolito en gel. Los proveedores de electrolitos incluyen Cheil, Ube, Mitsubishi Chemical, BASF, Tomiyama, Guotsa-Huasong y Novolyte.

45 Existen electrolitos que funcionan tanto para supercondensadores (aquellos que tienen doble capa electroquímica) como para baterías de iones de litio estándar. Para estos electrolitos, se pueden mezclar uno o más supercondensadores con uno o más miembros de núcleo de iones de litio regulares en una envoltura, de modo que el componente de supercondensador funcione como un agente de potencia y el miembro de núcleo de iones de litio como un agente de obtención de energía.

50 **Ejemplo**

55 En este ejemplo, un conjunto de miembros de 5 núcleos de tipo capa de gelatina de forma cilíndrica que están conectados en paralelo a dos barras conductoras comunes (positivas y negativas), como la configuración de batería de MN que se muestra en la fig. 1, pero solo con la mitad de miembros de núcleo. El conector negativo está conectado a las pestañas que se extienden desde la hoja de ánodo de la capa de gelatina (cobre), tiene un electrodo de grafito recubierto, y el conector positivo con respecto a la hoja de cátodo de la capa de gelatina (aluminio) tiene una estructura de electrodo de óxidos combinados del compuesto M y el compuesto F. La pestaña de ánodo fabricada de níquel y la pestaña de cátodo fabricada de aluminio está soldada a la barra conductora usando técnicas de soldadura por puntos o soldadura por láser. La envoltura y el miembro de soporte están fabricados de material de plástico (polietileno). Para este ejemplo, se usaron cavidades cilíndricas con un diámetro de 18 mm y los miembros de núcleo de capa de gelatina con un diámetro ligeramente más pequeño (17,9 mm). La envoltura y la tapa están fabricadas de material de plástico que está soldado por ultrasonidos entre sí y, lo que crea de este modo un sello hermético.

65

ES 2 745 218 T3

Un experto en la técnica puede seleccionar y variar la propiedad de los miembros de núcleo, como se describe anteriormente, para lograr núcleos de energía alta o potencia alta. La tabla mostrada a continuación presenta tres ejemplos, con composiciones de núcleo variables del ejemplo de miembro de 5 núcleos descrito anteriormente y las diferentes propiedades de la batería de MN que se pueden lograr.

5

NÚCLEO	EJEMPLO 1	EJEMPLO 2	EJEMPLO 3
1	3 Ah, cátodo de M de núcleo de energía	1,5 Ah, cátodo de D de núcleo de potencia	2,5 Ah, mezcla de cátodos (0,8 F/0,2 D) de núcleo de potencia
2	3 Ah, cátodo de M de núcleo de energía	3,0 Ah, cátodo de D de núcleo de energía	3,0 Ah, cátodo de M de núcleo de energía
3	3 Ah, cátodo de M de núcleo de energía	3,0 Ah, cátodo de D de núcleo de energía	3,0 Ah, cátodo de M de núcleo de energía
4	3 Ah, cátodo de M de núcleo de energía	3,0 Ah, cátodo de D de núcleo de energía	3,0 Ah, cátodo de M de núcleo de energía
5	3 Ah, cátodo de M de núcleo de energía	1,5 Ah, cátodo de D de núcleo de potencia	3,0 Ah, cátodo de M de núcleo de energía
RESUMEN	IDÉNTICAS PROPIEDADES EN TODOS LOS NÚCLEOS	NÚCLEOS DE POTENCIA Y ENERGÍA MIXTOS, CAPACIDAD MIXTA, MISMO VOLTAJE	NÚCLEOS DE POTENCIA Y ENERGÍA MIXTOS, CAPACIDAD MIXTA, VOLTAJE MIXTO

La invención reivindicada se define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una batería de iones de litio de múltiples núcleos, que comprende:
 - 5 una envoltura sellada herméticamente (116), que incluye una región de celda de iones de litio (118) y una región de atmósfera compartida (128) en el interior de la envoltura;

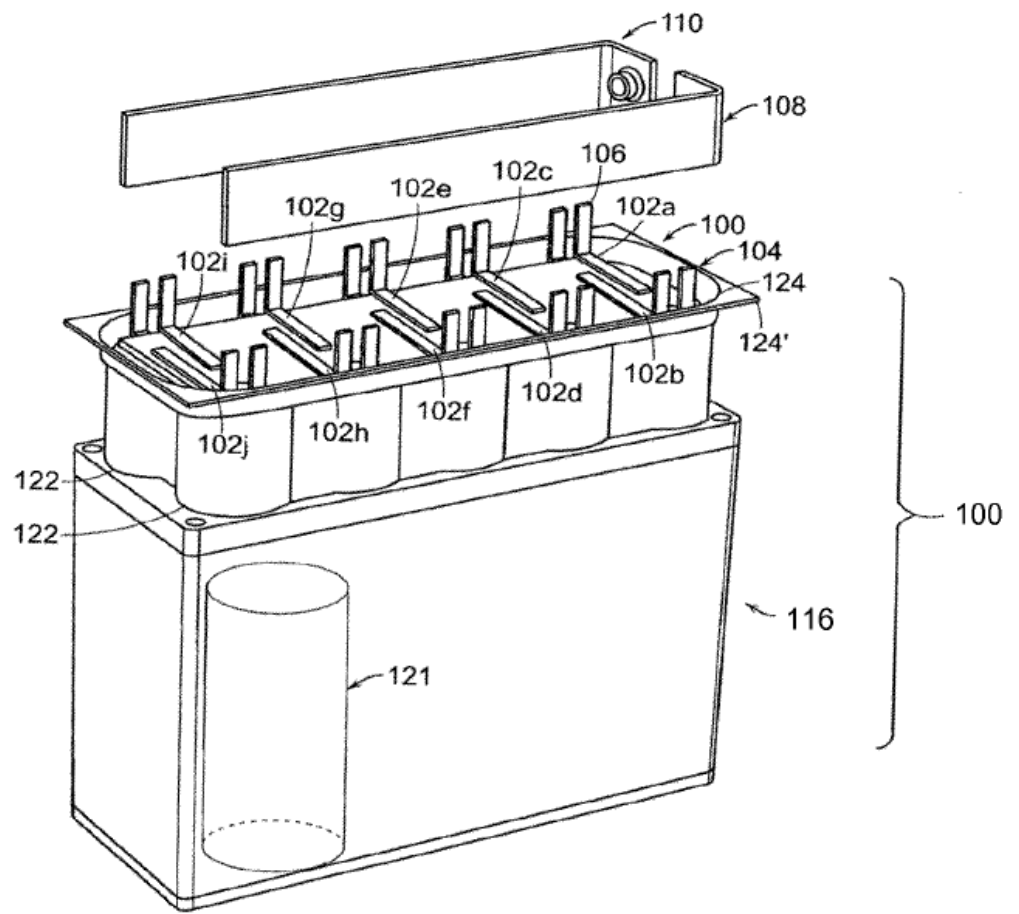
un miembro de soporte (120) dispuesto dentro de la región de celda de iones de litio de la envoltura sellada, incluyendo el miembro de soporte una pluralidad de cavidades (122), teniendo cada cavidad un extremo cerrado y un extremo abierto (126), en la que el extremo abierto (126) está abierto a la región de atmósfera compartida;

una pluralidad de miembros de núcleo de iones de litio (102), teniendo cada uno de la pluralidad de miembros de núcleo de iones de litio un ánodo y un cátodo dispuestos dentro de una de la pluralidad de cavidades correspondiente, y un separador dispuesto entre el ánodo y el cátodo; y

en la que dicho ánodo y dicho cátodo están expuestos directamente a la región de atmósfera compartida por medio del extremo abierto de la cavidad y dicho ánodo y dicho cátodo están rodeados por dicha cavidad a lo largo de sus longitudes respectivas,

caracterizada además por que la batería de iones de litio de múltiples núcleos incluye una pluralidad de revestimientos de cavidad (124), posicionado cada uno entre uno de los miembros de núcleo de iones de litio (102) correspondiente y una superficie de una de las cavidades (122) correspondiente, en la que los revestimientos de cavidad (124) están formados de un plástico que es químicamente inerte al electrolito, un material de cerámica o metal, y son impermeables a la humedad y al electrolito, e incluyen además un electrolito contenido dentro de cada uno de los núcleos.
 2. La batería de iones de litio de la reivindicación 1, en la que el miembro de soporte incluye uno de espuma de aluminio, cerámica y plástico.
 3. La batería de iones de litio de la reivindicación 1, en la que la pluralidad de revestimientos de cavidad están formados como parte de un miembro de revestimiento monolítico (124').
 4. La batería de iones de litio de la reivindicación 1, en la que al menos un miembro de soporte tiene la forma de una estructura de panal.
 5. La batería de iones de litio de la reivindicación 1, en la que las cavidades en al menos un miembro de soporte y sus miembros de núcleo correspondientes tienen una de forma cilíndrica, oblonga y prismática.
 6. La batería de iones de litio de la reivindicación 5, en la que al menos una de las cavidades y su miembro de núcleo correspondiente tienen formas diferentes que las demás cavidades y sus miembros de núcleo correspondientes.
 7. La batería de iones de litio de la reivindicación 1, que incluye además una camisa protectora (121) que rodea cada uno de los miembros de núcleo.
 8. La batería de iones de litio de la reivindicación 1, en la que el miembro de soporte es absorbente con respecto al electrolito.
 9. La batería de iones de litio de la reivindicación 1, en la que las cavidades están distribuidas uniformemente en el miembro de soporte.
 10. La batería de iones de litio de la reivindicación 1, en la que las cavidades están en zigzag en el miembro de soporte.
 11. La batería de iones de litio de la reivindicación 1, en la que la envoltura sellada incluye un miembro retardante de llama y el miembro retardante de llama comprende un material de malla retardante de llama fijado al exterior de la envoltura sellada herméticamente.
 12. La batería de iones de litio de la reivindicación 1, que comprende además, en espacios vacíos en el interior de la envoltura sellada herméticamente, material de relleno que contiene materiales retardantes de llama.
 13. La batería de iones de litio de la reivindicación 12, en la que el material de relleno se selecciona del grupo que consiste en una espuma de poliuretano, una espuma de epoxi, lana de fibra de vidrio y esferas huecas o densas o partículas con forma irregular fabricadas de plástico, metal o cerámica.

FIG. 1A



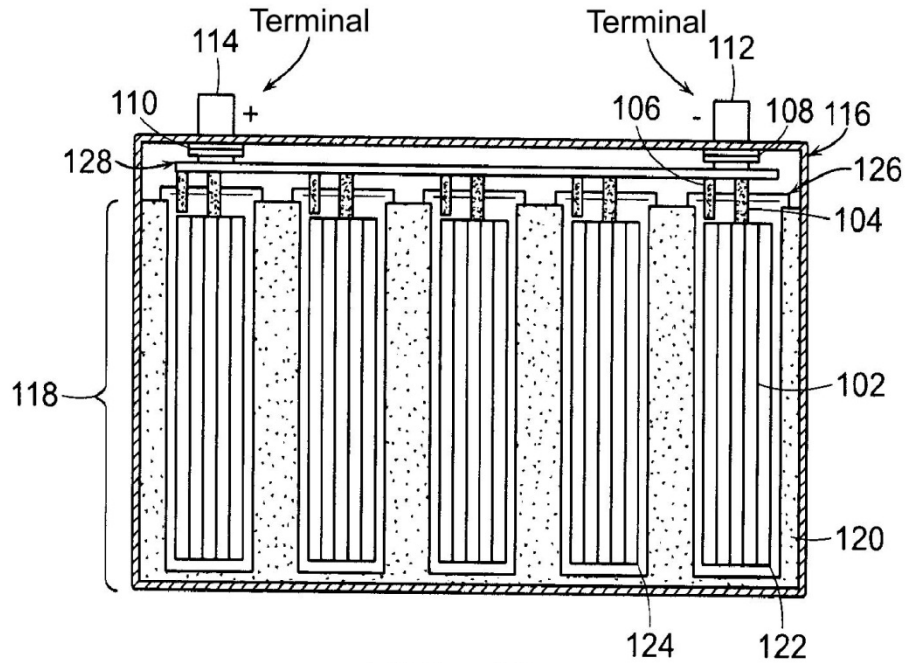


FIG. 1B

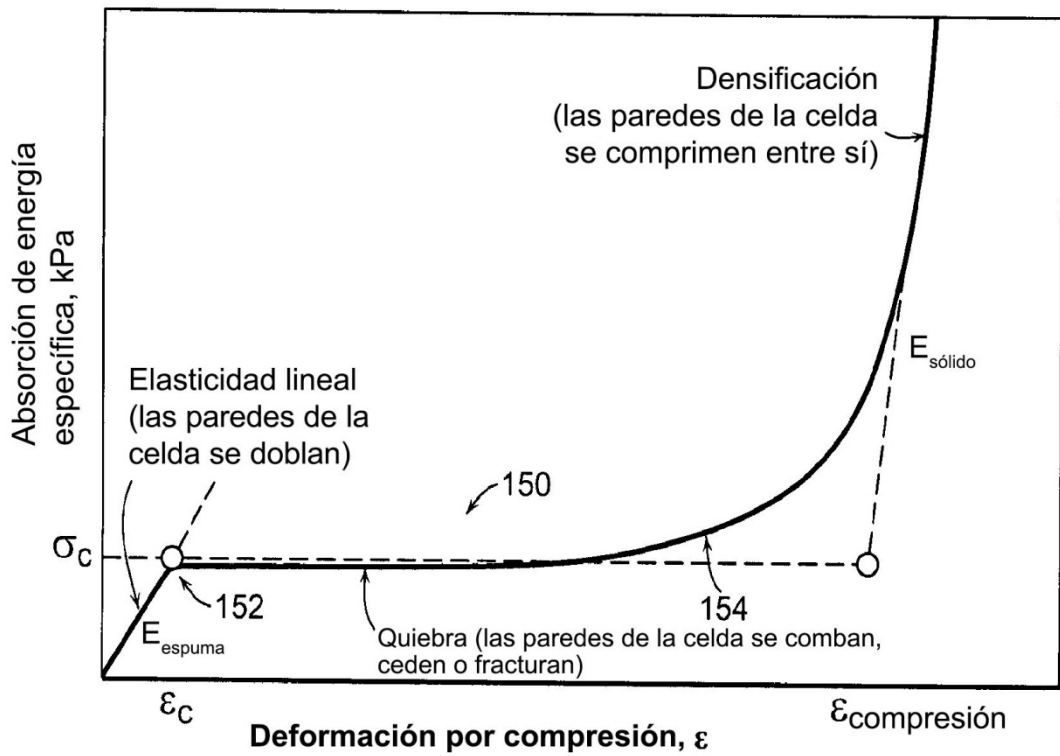


FIG. 1C

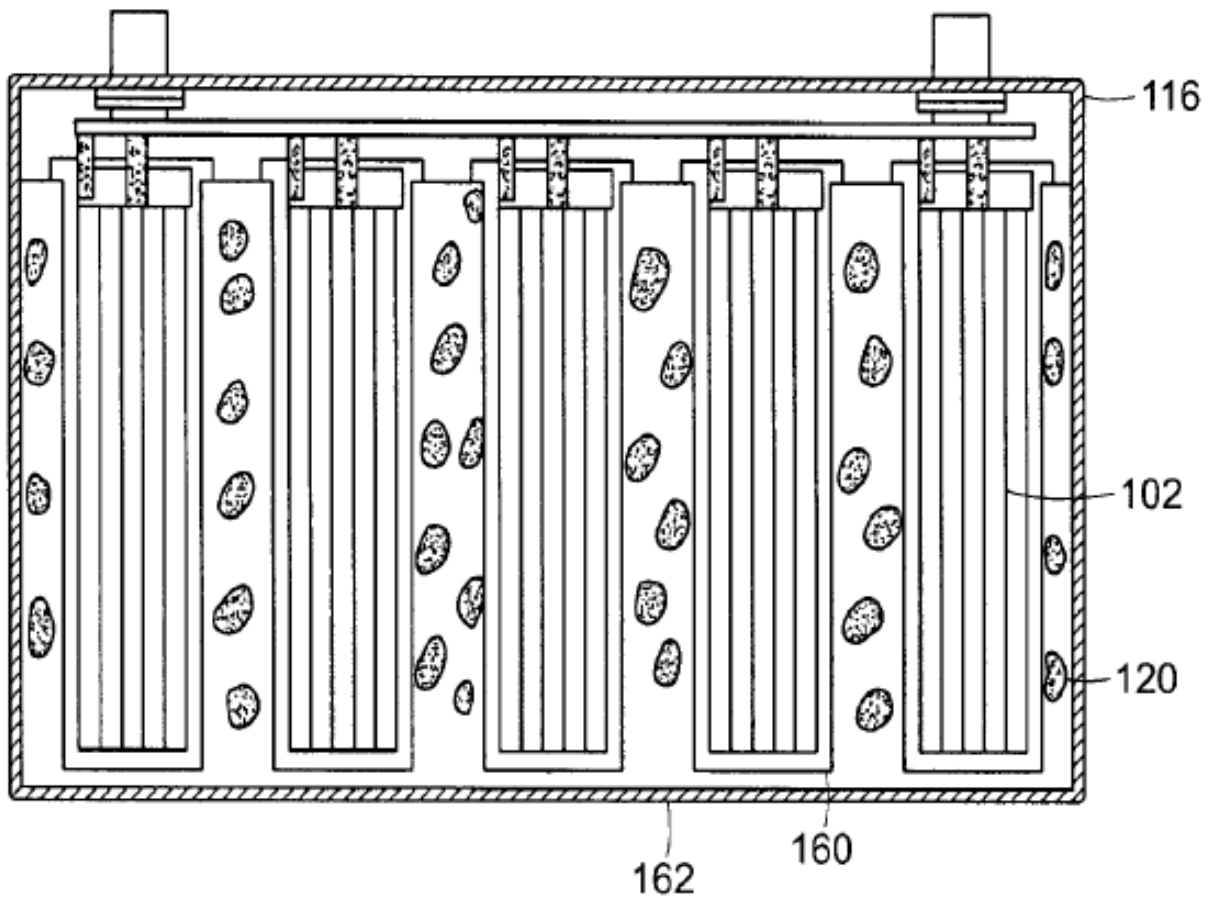


FIG. 1D

	Preferente			Preferente			
	7	8	9	10	11 (rectas)	11 (en zigzag)	11 (tamaño doble)
N.º de celdas				10			
Díámetro de agujero (mm)	22,79	22,14	21,2	20,4	18,4	18,22	17,4
Díámetro de capa de gelatina (mm)	21,39	20,74	19,8	19	16	16,82	6 a 16
capacidad (Ah)	84,46	90,41	92,11	93,66	70,6	78,95	38,53+51,17=89,7

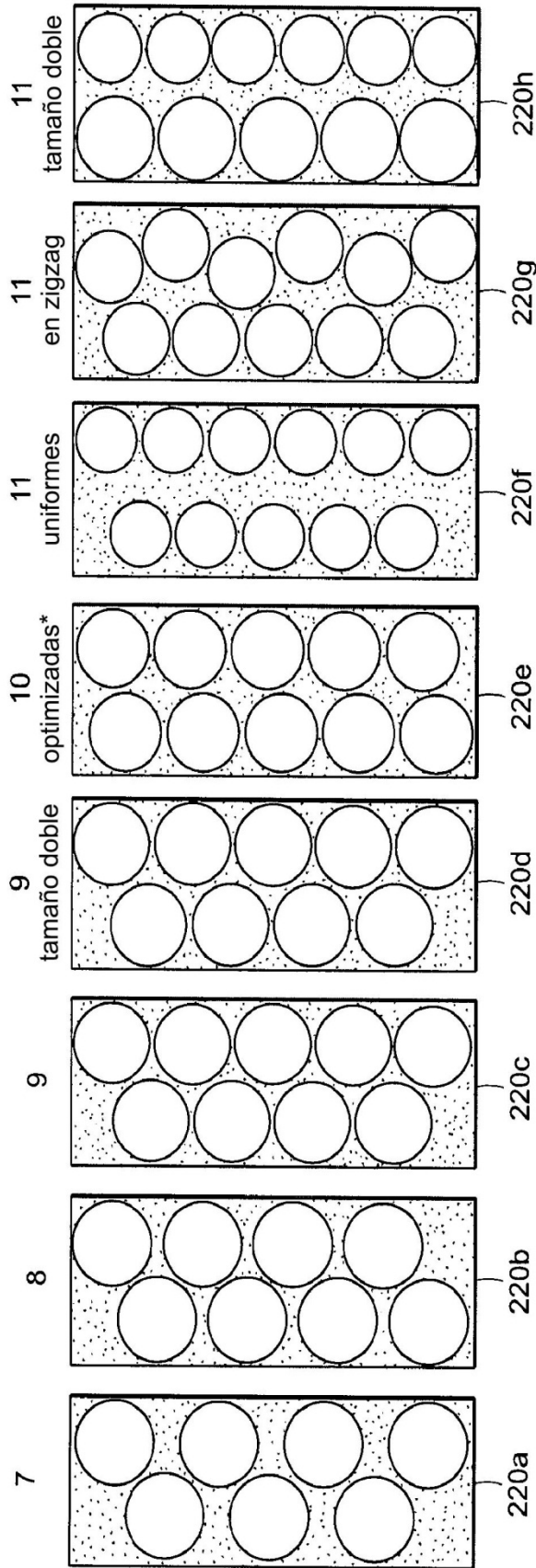
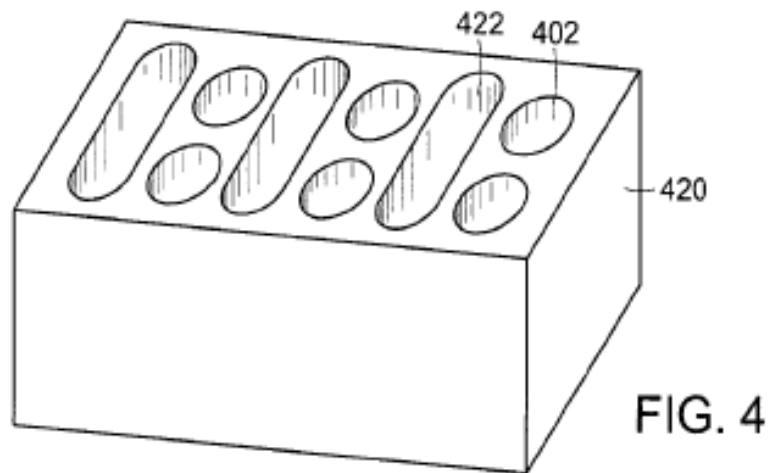
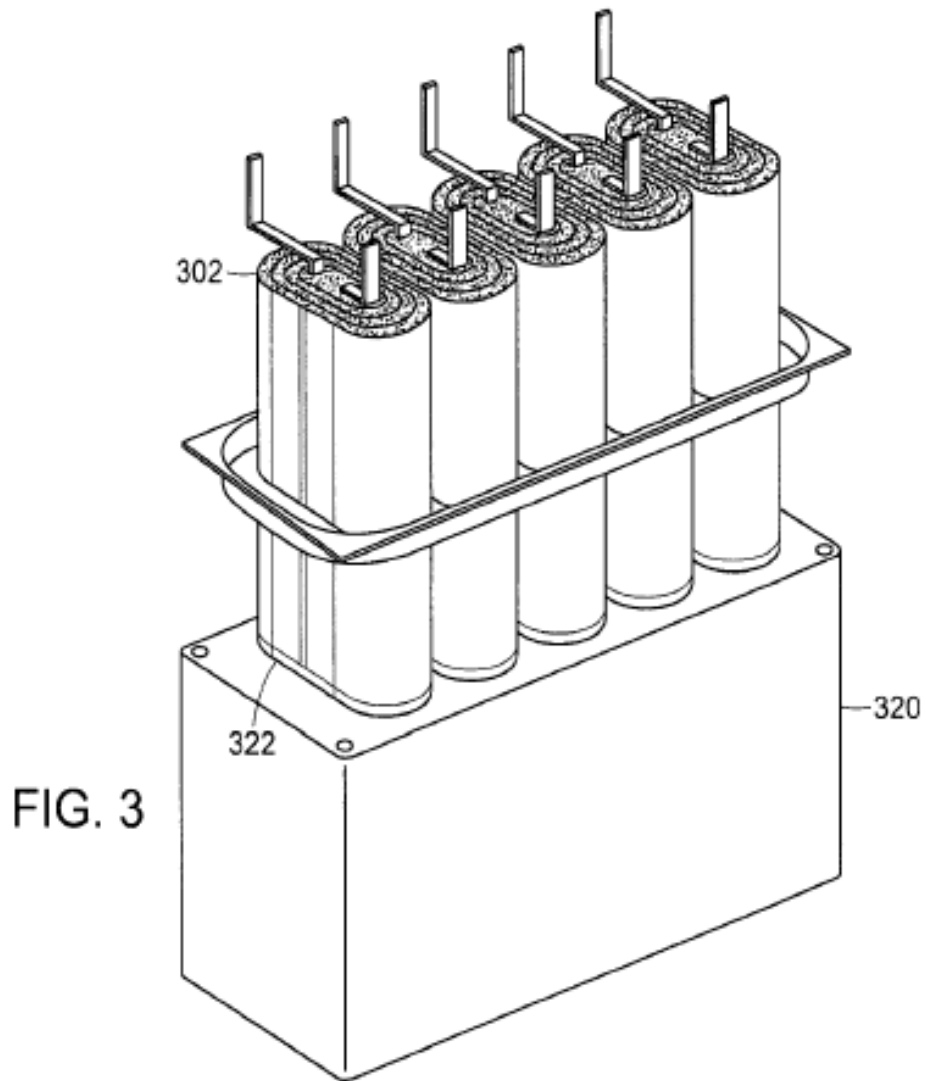


FIG. 2



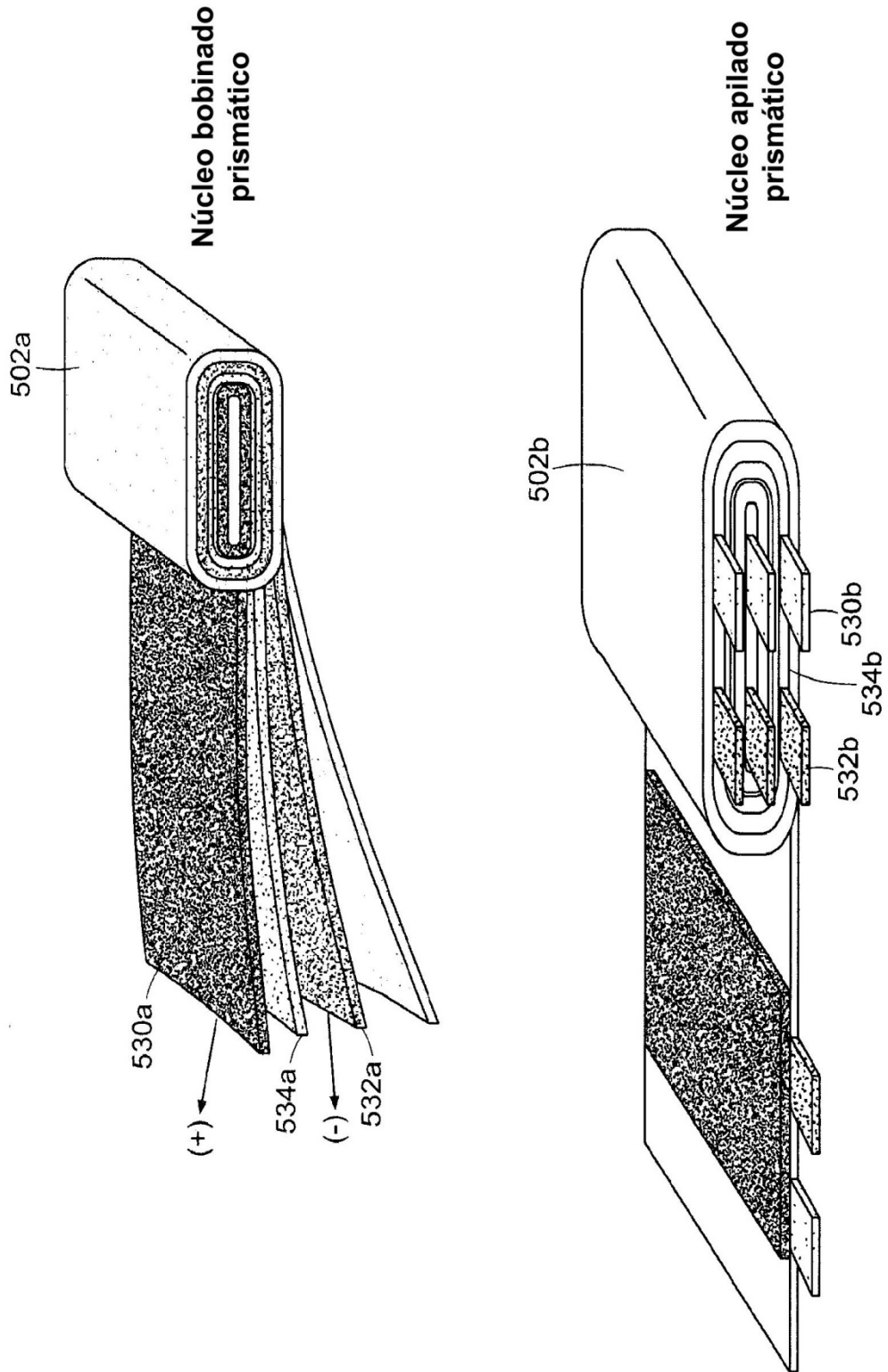


FIG. 5

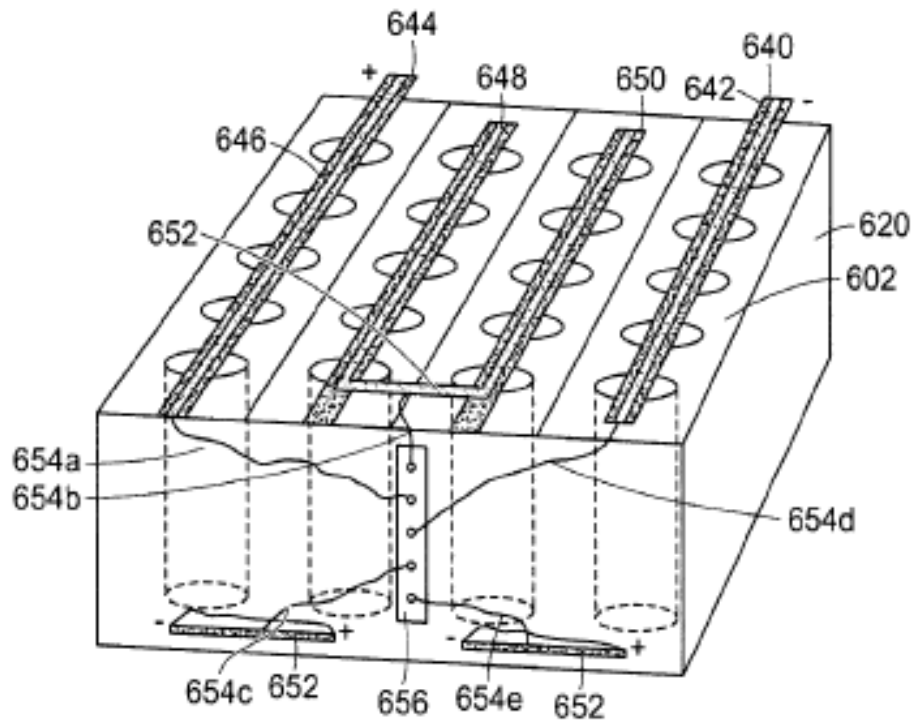


FIG. 6A

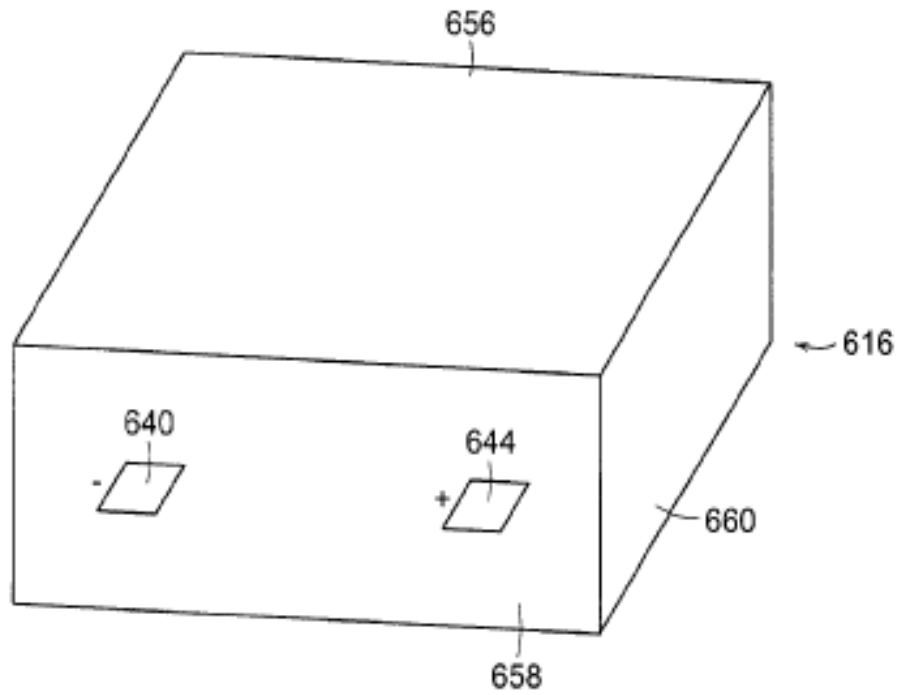


FIG. 6B

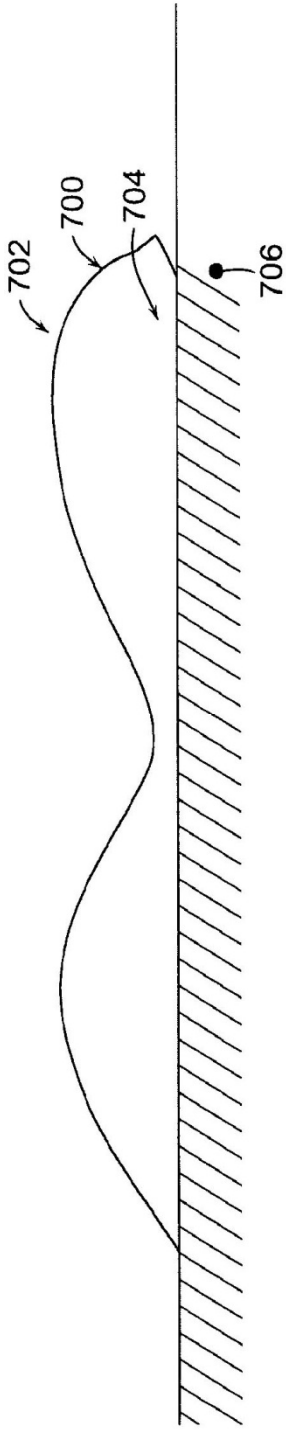
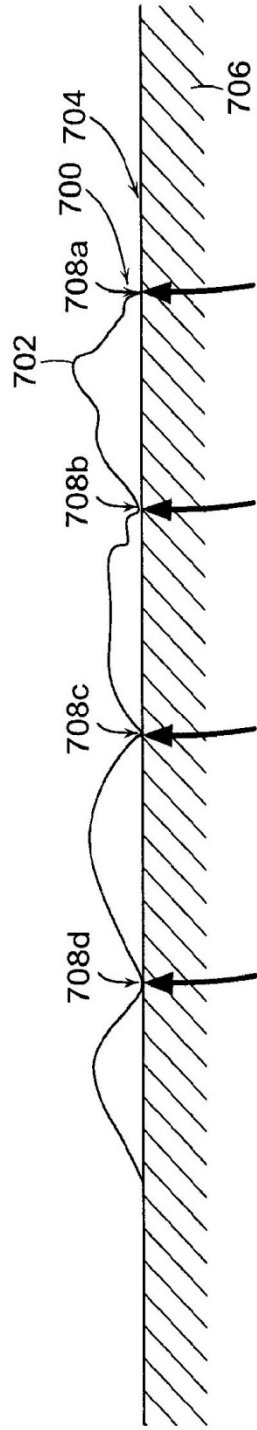


FIG. 7A



PUNTOS DE CONTACTO

FIG. 7B