(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **3 028 857**

(51) Int. CI.:

H01M 10/613 (2014.01)
B32B 5/02 (2006.01)
B32B 27/06 (2006.01)
H01M 10/625 (2014.01)
H01M 10/6554 (2014.01)
H01M 10/6567 (2014.01)
H01M 10/658 (2014.01)
H01M 50/20 (2011.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.07.2022 PCT/US2022/073360**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **05.01.2023 WO23279090**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.07.2022 E 22747919 (3)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.03.2025 EP 4211744**

(54) Título: **Materiales, sistemas y métodos para encapsular materiales de barrera térmica**

(30) Prioridad:

02.07.2021 US 202163218205 P
01.12.2021 US 202163284917 P

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.06.2025

(73) Titular/es:

ASPEN AEROGELS INC. (100.00%)
30 Forbes Road Bldg B
Northborough, MA 01532, US

(72) Inventor/es:

WILLIAMS, JOHN;
EVANS, OWEN;
BAUR, DAVID;
GOULD, GEORGE;
DEKRAFFT, KATHRYN;
MIHALCIK, DAVID;
NAM, YOUNGGYU;
CAHILL, BRIAN y
HENNEMUTH, ROBERT

(74) Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

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

Materiales, sistemas y métodos para encapsular materiales de barrera térmica

Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

Esta solicitud reivindica el beneficio y la prioridad de la Solicitud de Patente Provisional de EE. UU. N.º 63/218,205 presentada el 2 de julio de 2021 titulada "Materiales, sistemas y métodos para la mitigación de eventos térmicos de almacenamiento de energía eléctrica" y la Solicitud de Patente Provisional de EE. UU. N.º 63/284,917 presentada el 1 de diciembre de 2021 titulada "Materiales, sistemas y métodos para encapsular materiales".

Campo de la tecnología

La presente divulgación se refiere en general a materiales, sistemas y métodos para encapsular materiales. En particular, la presente divulgación se refiere a materiales y sistemas para la encapsulación de barreras térmicas que se utilizan entre celdas de batería o módulos de batería en sistemas de almacenamiento de energía. La presente divulgación se refiere además a la encapsulación de barreras térmicas de aerogel. La presente divulgación se refiere además a un módulo de batería o paquete de baterías con una o más celdas de batería que incluye los materiales de barrera térmica encapsulados, así como a sistemas que incluyen dichos módulos de batería o paquetes de baterías.

Antecedentes

Las baterías recargables, como las de iones de litio, han encontrado una amplia aplicación en los sistemas de propulsión y almacenamiento de energía. Las baterías de iones de litio (LIB) se utilizan ampliamente para alimentar dispositivos electrónicos portátiles como teléfonos móviles, tabletas, ordenadores portátiles, herramientas eléctricas y otros dispositivos de alta corriente, como los vehículos eléctricos, debido a su alto voltaje de trabajo, sus bajos efectos de memoria y su alta densidad energética en comparación con las baterías tradicionales. Sin embargo, la seguridad es una preocupación ya que las baterías de ion de litio son susceptibles a fallas catastróficas en "condiciones de abuso", como cuando una batería recargable se sobrecarga (se carga más allá del voltaje diseñado), se descarga demasiado o se opera a alta temperatura y alta presión o se expone a ellas. Como consecuencia, los estrechos rangos de temperatura operativa y las tasas de carga/descarga son limitaciones en el uso de las LIB, ya que las LIB pueden fallar a través de un rápido autocalentamiento o un evento de fuga térmica cuando se someten a condiciones fuera de su ventana de diseño.

El escape térmico puede producirse cuando la velocidad de reacción interna aumenta hasta el punto de que se genera más calor del que puede extraerse, lo que provoca un nuevo aumento tanto de la velocidad de reacción como de la generación de calor. Durante el escape térmico, las altas temperaturas desencadenan una cadena de reacciones exotérmicas en una batería, provocando un rápido aumento de su temperatura. En muchos casos, cuando se produce un escape térmico en una celda de la batería, el calor generado calienta rápidamente las celdas cercanas a la celda que experimenta el escape térmico. Cada celda que se agrega a una reacción de escape térmico contiene energía adicional para continuar las reacciones, lo que causa una propagación del descontrol térmico dentro del paquete de baterías, lo que eventualmente conduce a una catástrofe con incendio o explosión. La disipación rápida del calor y el bloqueo efectivo de las vías de transferencia de calor pueden ser contramedidas efectivas para reducir el riesgo causado por la propagación descontrolada del calor.

A partir de la comprensión de los mecanismos que conducen al desbordamiento térmico de las baterías, se están estudiando muchos enfoques, con el objetivo de reducir los riesgos de seguridad mediante el diseño racional de los componentes de las baterías. Para evitar que se produzcan estos sucesos de fuga térmica en cascada, las LIB suelen estar diseñadas para mantener la energía almacenada a un nivel suficientemente bajo o para emplear suficiente material de aislamiento entre las celdas del módulo o paquete de baterías para aislarlas de los sucesos térmicos que puedan producirse en una celda adyacente, o una combinación de ambos. El primero limita seriamente la cantidad de energía que podría almacenarse en un dispositivo de este tipo. Esto último limita la distancia entre las células y, por lo tanto, limita la densidad energética efectiva.

Actualmente se emplean varias metodologías diferentes para maximizar la densidad de energía y al mismo tiempo protegerse contra el descontrol térmico en cascada. Un enfoque es incorporar una cantidad suficiente de aislamiento entre celdas o grupos de celdas. En general, se considera que este enfoque es deseable desde el punto de vista de la seguridad; sin embargo, en este enfoque, la capacidad del material de aislamiento para contener el calor, combinada con el volumen de aislamiento necesario, dicta los límites superiores de la densidad de energía que puede alcanzarse.

Otro enfoque es mediante el uso de materiales de cambio de fase. Estos materiales experimentan un cambio

de fase endotérmico al alcanzar una determinada temperatura elevada. El cambio de fase endotérmico absorbe una parte del calor que se genera y, por lo tanto, enfría la región localizada. Normalmente, para los dispositivos de almacenamiento eléctrico, estos materiales de cambio de fase se basan en materiales hidrocarbonados como ceras y ácidos grasos, por ejemplo. Estos sistemas son eficaces para la refrigeración, pero son combustibles y, por lo tanto, no son beneficiosos para evitar el desbordamiento térmico una vez que se produce la ignición en el dispositivo de almacenamiento.

La incorporación de materiales intumescentes es otra estrategia para prevenir el descontrol térmico en cascada. Estos materiales se expanden por encima de una temperatura determinada produciendo una carbonilla diseñada para ser ligera y proporcionar aislamiento térmico cuando sea necesario. Estos materiales pueden ser eficaces como de aislamientos, pero la dilatación del material debe tenerse en cuenta en el diseño del dispositivo de almacenamiento.

Los aerogeles también se han utilizado como materiales de barrera térmica. Las barreras térmicas de aerogel ofrecen numerosas ventajas sobre otros materiales de barrera térmica. Algunos de estos beneficios incluyen una resistencia favorable a la propagación del calor y del fuego, al tiempo que minimizan el espesor y el peso de los materiales utilizados. Las barreras térmicas de aerogel también tienen propiedades favorables para la compresibilidad, la resiliencia a la compresión y el cumplimiento. Algunas barreras térmicas basadas en aerogel, debido a su poco peso y baja rigidez, pueden ser difíciles de instalar entre las celdas de las baterías, sobre todo en un entorno de producción en serie. Además, las barreras térmicas de aerogel tienden a producir partículas (polvo) que pueden ser perjudiciales para los sistemas de almacenamiento eléctrico, lo que crea problemas de fabricación. El documento US2015090728 se refiere a contenedores aislados que incluyen al menos un material de aislamiento. Los contenedores aislados pueden formarse a partir de una abertura encerrada dentro de una tapa. Puede formarse una cavidad dentro del espacio entre la abertura del recipiente y la tapa del recipiente. El material de aislamiento puede incluir múltiples capas de material separadas por cavidades de capa. Las capas de material pueden incluir proyecciones que surgen de una superficie base de las mismas. El documento WO2020194929A1 divulga un dispositivo de la fuente de alimentación proporcionado una pluralidad de las células de batería que cada uno tiene una forma rectangular-paralelepiped plana; y una pluralidad de los separadores que aíslan las células adyacentes de la batería. Cada uno de los separadores incluye una lámina de aislamiento del calor que está dispuesta entre las celdas de batería adyacentes y un elemento de moldeo de aislamiento que sostiene la lámina de aislamiento del calor. El miembro de moldeo tiene una pared inferior que cubre las superficies inferiores de las celdas de batería adyacentes, y una parte de sujeción que mantiene la lámina de aislamiento térmico en un estado de tener una brecha de la pared inferior.

Con muchos materiales diferentes disponibles, cada uno con muchas propiedades diferentes, tanto favorables como de otro tipo, sería ventajoso encapsular un material de barrera térmica para proporcionar protección adicional tanto a las celdas de la batería como a la barrera térmica, simplificando al mismo tiempo el proceso de fabricación.

Compendio

Es un objeto de la presente divulgación obviar o mitigar al menos una desventaja de los métodos y materiales anteriores mencionados anteriormente. Los miembros de soporte proporcionados en el presente documento están diseñados para mejorar el encapsulamiento y la manipulación de las barreras térmicas utilizadas en módulos de baterías o paquetes de baterías.

La invención es como se define en las reivindicaciones adjuntas. En un aspecto de la presente divulgación, una barrera aislante para su uso en un sistema de almacenamiento de energía eléctrica comprende: al menos una capa de aislamiento que tiene una conductividad térmica a través de una dimensión de dicha capa de aislamiento de menos de aproximadamente 50 mW/m-K a 25°C y menos de aproximadamente 60 mW/m-K a 600°C, un miembro de soporte que rodea al menos una parte de un perímetro de la capa de aislamiento; una capa de encapsulación que rodea al menos parcialmente la capa de aislamiento; y una o más almohadillas adhesivas acopladas a la capa de encapsulación. El miembro de soporte tiene un módulo de flexión mayor que el módulo de flexión de la capa de aislamiento. La capa de encapsulación rodea al menos parcialmente el miembro de soporte. La capa de encapsulación tiene forma de película, sobre o bolsa.

Un miembro de soporte puede ser un miembro de soporte unitario compuesto de una sola pieza de material o puede estar compuesto de dos o más piezas de soporte que se unen para formar un miembro de soporte. En una realización, un miembro de soporte comprende dos miembros de soporte que se colocan en lados opuestos de la capa de aislamiento. En otra realización, el miembro de soporte rodea el perímetro de la capa de aislamiento. En otra realización, el miembro de soporte tiene sustancialmente forma de U.

Para proporcionar soporte a la capa de aislamiento, el miembro de soporte está formado por un material que tiene un módulo de flexión mayor que el módulo de flexión de la capa de aislamiento. En un aspecto de la presente divulgación, un miembro de soporte debe tener un módulo de flexión mayor a 100 MPa. En una

realización, el miembro de soporte se compone de un material que es diferente del material utilizado para la capa de aislamiento. En una realización preferida, el miembro de soporte está compuesto de un material polimérico. En algunas realizaciones, el miembro de soporte puede comprender un material intumescente. En una realización, el miembro de soporte tiene un espesor inferior al espesor de la capa de aislamiento.

La capa de aislamiento puede estar compuesta de cualquier material que sea útil para reducir la transmisión de calor entre las celdas de la batería. Generalmente, una capa de aislamiento tiene una conductividad térmica a través de una dimensión de espesor de dicha capa de aislamiento inferior a unos 50 mW/m-K a 25 °C e inferior a unos 60 mW/m-K a 600°C. En una realización preferida, la capa de aislamiento comprende un aerogel.

La capa de encapsulación cubre al menos una parte de la capa de aislamiento. En una realización, la capa de encapsulación comprende un material polimérico. En algunas realizaciones, la capa de encapsulación comprende una capa metálica incrustada en un material polimérico. En algunas realizaciones, la capa de encapsulación comprende una extensión que sobresale de una parte de los miembros de soporte. Durante el uso, la parte de extensión entra en contacto con una superficie interior de un recinto que contiene la barrera aislante.

La capa de encapsulación, en una realización, está unida al miembro de soporte. Alternativamente, la capa de encapsulación rodea la capa de aislamiento y el miembro de soporte. Luego, la capa de encapsulación se sella a sí misma para formar un recinto que rodea al menos parcialmente la capa de aislamiento.

La barrera aislante comprende una o más almohadillas adhesivas acopladas a la capa de encapsulación. Las almohadillas adhesivas pueden proporcionar una amortiguación entre las celdas de batería adyacentes. Además, las almohadillas adhesivas pueden adherirse a las celdas adyacentes de la batería, inhibiendo la desalineación de la barrera aislante con las celdas de la batería durante la fabricación y el uso.

En otro aspecto de la presente divulgación, el miembro de soporte comprende uno o más elementos de registro. Los elementos de registro se acoplan con una guía de registro. Durante la fabricación y el uso de un módulo de batería, las celdas de la batería y las barreras de aislamientos pueden alinearse utilizando la guía de registro en combinación con los elementos de registro.

Un método de encapsulamiento de una capa de aislamiento puede comprender: rodear al menos una porción de la capa de aislamiento con un miembro de soporte; y formar una capa de encapsulación sobre al menos una porción de la capa de aislamiento y el miembro de soporte. La capa de encapsulación entra en contacto con al menos una parte del miembro de soporte. Al menos una parte de la capa de encapsulación se puede unir a al menos una parte del miembro de soporte. La capa de encapsulación se puede unir a al menos una parte del miembro de soporte calentando la capa de encapsulación mientras la capa de encapsulación está en contacto con el miembro de soporte. Durante este proceso, la capa de encapsulación se mantiene en contacto con el miembro de soporte mediante un elemento calentado. Alternativamente, la capa de encapsulación se puede unir al miembro de soporte mediante un adhesivo.

La formación de la capa de encapsulación puede comprender: cubrir al menos una porción de la capa de aislamiento y del miembro de soporte con la capa de encapsulación; y conectar dos o más porciones separadas de la capa de encapsulación para formar un recinto que rodee al menos una porción de la capa de aislamiento y del miembro de soporte. Durante este proceso, las dos o más porciones separadas de la capa de encapsulación se unen calentando las dos o más porciones separadas mientras las dos o más porciones separadas están en contacto. En cualquier posibilidad de formar la capa de encapsulación sobre la capa de aislamiento, la capa de encapsulación puede rodear parcial o completamente la capa de aislamiento y los miembros de soporte.

En un aspecto de la presente divulgación, al menos una capa de metal está dispuesta entre las dos o más porciones separadas de la capa de encapsulación. La al menos una capa de metal, en una realización, puede estar incrustada entre las dos o más porciones separadas de la capa de encapsulación. En una realización, el proceso incluye formar una curva en la al menos una capa de metal para proporcionar una porción de extensión que se extiende desde la capa de aislamiento. En una realización, las dos o más porciones separadas se mantienen unidas por un par de elementos en lados opuestos de las dos o más porciones separadas, en donde al menos uno de los elementos se calienta.

En otro aspecto de la presente divulgación, un módulo de batería comprende una pluralidad de celdas de batería y una o más barreras de aislamientos, como se describe en el presente documento, dispuestas entre celdas de batería adyacentes.

En otro aspecto, se proporciona aquí un dispositivo o vehículo que incluye el módulo o paquete de batería de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores. En algunas realizaciones, dicho dispositivo es un ordenador portátil, un PDA, un teléfono móvil, un escáner de etiquetas, un dispositivo de audio, un dispositivo de vídeo, un panel de visualización, una videocámara, una cámara digital, ordenadores de sobremesa, ordenadores

portátiles militares, teléfonos militares, telémetros láser, dispositivos de comunicación digital, sensores de recopilación de inteligencia, prendas de vestir integradas electrónicamente, equipos de visión nocturna, herramientas eléctricas, calculadoras, radios, aparatos teledirigidos, dispositivos GPS, televisores portátiles y de mano, arrancadores de coche, linternas, dispositivos acústicos, dispositivos de calefacción portátiles, aspiradoras portátiles o herramientas médicas portátiles. En algunas realizaciones, el vehículo es un vehículo eléctrico.

En una o más realizaciones, la barrera aislante según cualquiera de los aspectos anteriores tiene un espesor promedio en un rango de entre aproximadamente 2 mm y aproximadamente 10 mm en un estado sin comprimir.

La barrera aislante descrita en el presente documento puede proporcionar una o más ventajas sobre las estrategias de mitigación de fugas térmicas existentes. La barrera aislante descrita en el presente documento puede minimizar o eliminar la propagación de la fuga térmica de la célula sin afectar significativamente a la densidad energética del módulo o paquete de baterías ni al coste de montaje. La barrera aislante de la presente divulgación puede proporcionar propiedades favorables para la compresibilidad, resiliencia a la compresión y cumplimiento para acomodar el hinchamiento de las celdas que continúa durante la vida de la celda mientras posee propiedades térmicas favorables en condiciones normales de operación así como en condiciones de descontrol térmico. Las barreras de aislamientos descritas en el presente documento son duraderas y fáciles de manipular, tienen una resistencia favorable a la propagación del calor y del fuego al tiempo que minimizan el espesor y el peso de los materiales utilizados, y también tienen propiedades favorables de compresibilidad, resiliencia a la compresión y cumplimiento.

Breve descripción de los dibujos

Una vez descrita la divulgación en términos generales, se hará referencia a los dibujos adjuntos, que no están necesariamente dibujados a escala, y en donde:

la FIG. 1 es una vista en despiece ordenado de una barrera aislante ejemplar de la presente divulgación.

La FIG. 2 es una vista lateral de una capa de aislamiento completamente rodeada por un miembro de soporte.

La FIG. 3 es una vista lateral de una capa de aislamiento rodeada por un miembro de soporte en forma de U.

La FIG. 4 es una vista lateral de una capa de aislamiento acoplada a dos miembros de soporte separados.

La FIG. 5 ilustra esquemáticamente tres etapas de la vida de una célula de batería.

La FIG. 6 ilustra esquemáticamente un proceso de fabricación utilizado para fabricar una capa de encapsulación laminar.

La FIG. 7 ilustra esquemáticamente una capa de encapsulación que tiene una porción de extensión que forma un sello con una superficie interior de un recinto de celda de batería.

La FIG. 8 ilustra esquemáticamente una barrera aislante que tiene almohadillas adhesivas.

La FIG. 9 ilustra esquemáticamente las cargas de corte que se crean por el hinchamiento de una celda de batería.

La FIG. 10 representa una vista superior de un módulo de batería que tiene guías de registro para la alineación de las barreras de aislamientos con las celdas de la batería.

La FIG. 11 representa una realización alternativa de una barrera aislante compuesta de un material intumescente y una capa de encapsulación térmicamente conductora.

La FIG. 12 representa una vista de primer plano del miembro de soporte acoplado a la capa de aislamiento.

La FIG. 13 representa una vista esquemática de un miembro de soporte intumescente antes y después de un evento de alta temperatura.

La FIG. 14 representa una realización de una capa de aislamiento que incluye un miembro de soporte en forma de U que rodea sustancialmente la capa de aislamiento.

La FIG. 15 representa una realización de una barrera aislante que tiene una capa de aislamiento al menos parcialmente rodeada por un miembro de soporte.

La FIG. 16 representa una realización alternativa de un miembro de soporte que tiene miembros de captura de

partículas incorporados en las aberturas formadas en las esquinas de los miembros de soporte.

La FIG. 17 representa una vista lateral de una barrera aislante que tiene un miembro de soporte intumescente acoplado a una capa de aislamiento y una capa de encapsulación.

La FIG. 18 representa una vista lateral de una barrera aislante que tiene un miembro de soporte intumescente envuelto alrededor del borde de la capa de encapsulación.

La FIG. 19 representa una vista lateral de una barrera aislante que tiene un miembro de soporte intumescente envuelto alrededor del borde de una capa de encapsulación en forma de U.

La FIG. 20 representa una vista lateral de una barrera aislante que tiene un miembro de soporte intumescente con una capa de encapsulación en forma de U.

La FIG. 21 muestra una vista esquemática de un módulo/paquete de batería que tiene capas de aislamientos con pestañas de sellado.

La FIG. 22 muestra una vista esquemática de un módulo/paquete de batería con capas de aislamientos que tienen pestañas de sellado emparejadas.

La FIG. 23 muestra una vista esquemática de un módulo/paquete de batería con pestañas de sellado colocadas sobre el material intumescente.

La FIG. 24 muestra una vista esquemática de un módulo de batería que tiene pestañas de sellado acopladas a la carcasa.

Descripción detallada

En la siguiente descripción detallada de las realizaciones preferidas, se hace referencia a los dibujos adjuntos, que forman parte de la misma, y dentro de los cuales se muestran a modo de ilustración realizaciones específicas por las que la divulgación puede ser practicada. Debe entenderse que pueden utilizarse otras formas de realización y pueden realizarse cambios estructurales sin apartarse del alcance de la divulgación.

La presente divulgación está dirigida a una barrera aislante y a sistemas que incluyen barreras de aislamientos para gestionar problemas de fuga térmica en sistemas de almacenamiento de energía. Las realizaciones ejemplares incluyen una barrera aislante que comprende al menos una capa de aislamiento que tiene una conductividad térmica a través de una dimensión de espesor de dicha capa de aislamiento de menos de aproximadamente 50 mW/m-K a 25°C y menos de aproximadamente 60 mW/m-K a 600°C, un miembro de soporte que rodea al menos una parte de un perímetro de la capa de aislamiento, una capa de encapsulación que rodea al menos parcialmente la capa de aislamiento, y una o más almohadillas adhesivas acopladas a la capa de encapsulación. El miembro de soporte tiene un módulo de flexión mayor que el módulo de flexión de la capa de aislamiento. La capa de encapsulación tiene forma de una película, un sobre o una bolsa. La capa de encapsulación entra en contacto con al menos una parte de cada uno de los miembros de soporte.

Una capa de aislamiento puede incluir cualquier tipo de capa de aislamiento utilizada habitualmente para separar las celdas de la batería o los módulos de la batería. Las capas de aislamientos ejemplares incluyen, entre otras, barreras térmicas a base de polímeros (por ejemplo, polipropileno, poliéster, poliimida y poliamida aromática (aramida)), materiales de cambio de fase, materiales intumescentes, materiales de aerogel, barreras a base de minerales (por ejemplo, mica) y barreras térmicas inorgánicas (por ejemplo, barreras que contienen fibra de vidrio).

En una realización preferida, la capa de aislamiento comprende un material de aerogel. Una capa de aislamiento de aerogel se describe en la Publicación de Solicitud de Patente de EE . UU. n.° 2021/0167438 y la Solicitud de Patente Provisional de EE. UU. n.° 63/218,205.

La capa aislante de la presente divulgación tiene una conductividad térmica a través de una dimensión de espesor de dicha capa aislante de aproximadamente 50 mW/mK o menos, de aproximadamente 40 mW/mK o menos, de aproximadamente 30 mW/mK o menos, de aproximadamente 25 mW/mK o menos, de aproximadamente 20 mW/mK o menos, alrededor de 18 mW/mK o menos, alrededor de 16 mW/mK o menos, alrededor de 14 mW/mK o menos, alrededor de 12 mW/mK o menos, alrededor de 10 mW/mK o menos, alrededor de 5 mW/mK o menos, o en un intervalo entre cualquiera de estos dos valores a 25 °C bajo una carga de hasta alrededor de 5 MPa.

Las capas de aislamientos pueden tener una serie de propiedades físicas diferentes que dificultan su incorporación a un módulo o paquete de baterías. Por ejemplo, algunas capas de aislamientos tienen un módulo de flexión muy bajo (por ejemplo, inferior a 10 MPa), lo que hace que los materiales sean difíciles de

manipular y colocar entre las celdas de la batería. Además, un material con bajo módulo de flexión puede ser difícil de manipular, especialmente si se utiliza un proceso de encapsulamiento automatizado. Otras capas de aislamientos pueden tener un módulo de flexión más alto, pero pueden ser quebradizas, haciendo que la capa de aislamiento se rompa fácilmente durante la fabricación del módulo de batería o del pack de baterías.

La presente divulgación ayuda a mitigar estos problemas mediante el uso de un miembro de soporte que rodea al menos una parte de la capa de aislamiento. El miembro de soporte se coloca en la periferia de la capa de aislamiento y proporciona un soporte para la capa de aislamiento. Adicionalmente, la capa de encapsulación puede estar unida al miembro de soporte. Con el miembro de soporte situado a lo largo de la periferia de la capa de aislamiento, la fijación de la capa de encapsulación al miembro de soporte encierra, al menos parcialmente, la capa de aislamiento en la capa de encapsulación.

Una realización de una barrera aislante se representa en la FIG. 1. La barrera aislante 100 incluye una capa de aislamiento 110. La capa de aislamiento 110 está rodeada por el miembro de soporte 120. En una realización, el miembro de soporte 120 incluye una abertura 125 que tiene una forma complementaria a la periferia de la capa de aislamiento. La abertura 125 puede dimensionarse para que tenga aproximadamente el mismo tamaño que la capa de aislamiento. Durante el montaje, la capa de aislamiento 110 puede colocarse en la abertura 125 y mantenerse en su lugar mediante el miembro de soporte 120. Por ejemplo, el miembro de soporte 120 puede tener una abertura que tenga las mismas dimensiones (largo x ancho) o ligeramente más pequeña que las dimensiones correspondientes de la capa de aislamiento. En dicha realización, la capa de aislamiento 110 encaja dentro de la abertura 125 del miembro de soporte 120 y se mantiene en su lugar mediante un ajuste por fricción. Alternativamente, o además, la capa de aislamiento puede unirse al miembro de soporte mediante el uso de un adhesivo (por ejemplo, pegamento o cinta) que fija la capa de aislamiento al miembro de soporte. En la FIG. 2 se muestra una vista lateral de una capa de aislamiento encapsulada 110 dispuesta dentro de la abertura del miembro de soporte 120.

La capa de encapsulación 130 está unida al miembro de soporte 120 y cubre al menos un lado de la capa de aislamiento 110 con un material de encapsulamiento. Preferiblemente, la capa de encapsulación 130 cubre ambos lados de la capa de aislamiento 110. En un aspecto de la presente divulgación, la capa de encapsulación 130 está compuesta por dos láminas del material de encapsulamiento, 130a y 130b. En una realización, la(s) capa(s) de encapsulación está(n) unida(s) al miembro de soporte para encerrar al menos una parte de la capa aislante. En una realización, cuando se utilizan dos láminas, las láminas de encapsulamiento se unen a los miembros de soporte para encerrar el material de aislamiento.

En una realización alternativa, una capa de encapsulación puede formarse como una bolsa (véase la FIG. 6). El miembro de soporte, que contiene la capa de aislamiento, se puede colocar dentro de la capa de encapsulación en forma de bolsa. A continuación, la capa de encapsulación se une al miembro de soporte para encerrar al menos una parte de la capa aislante.

En una realización, el miembro de soporte está formado como una pieza unitaria de material. Por ejemplo, el miembro de soporte puede estar formado de una sola pieza de material con una abertura formada en el centro del material. La abertura en la pieza única de material puede formarse cortando una abertura (por ejemplo, utilizando un cortador láser) en el material. Alternativamente, el miembro de soporte puede formarse mediante un proceso de moldeo por inyección, en el que la forma del miembro de soporte puede controlarse a través de la selección del molde utilizado para formar el miembro de soporte. En otra realización, el miembro de soporte puede estar hecho de dos o más piezas de soporte que se unen entre sí para formar el miembro de soporte. Por ejemplo, un miembro de soporte rectangular se puede formar a partir de cuatro piezas de soporte separadas, unidas entre sí para formar un miembro de soporte. Los miembros de soporte pueden estar pegados o soldados entre sí.

Aunque la realización de las FIGS. 1 y 2 representa el miembro de soporte como un marco rectangular, debe entenderse que el miembro de soporte no necesita encerrar completamente la capa de aislamiento para ser efectivo. Por ejemplo, la FIG. 3 representa una barrera aislante 300 que tiene un miembro de soporte 320 que tiene sustancialmente forma de U. Por lo tanto, el miembro de soporte solo cubre tres lados de la capa de aislamiento 310. El miembro de soporte en forma de U proporciona una superficie que permite la encapsulación parcial o completa de la capa de aislamiento. La capa de aislamiento se puede disponer en la abertura en forma de U mediante un ajuste por fricción o mediante el uso de un adhesivo (pegamento o cinta).

En otra realización, representada en la FIG. 4, una barrera aislante 400 incluye dos miembros de soporte separados, 420a y 420b, dispuestos en los bordes de la capa de aislamiento 410. Los dos miembros de soporte separados pueden estar dispuestos en bordes opuestos de la capa de aislamiento (como se muestra en la FIG. 4) o en forma de L a lo largo de dos lados adyacentes de la capa de aislamiento (no se muestra). Los elementos de soporte pueden fijarse a la capa de aislamiento mediante el uso de un adhesivo (pegamento o cinta adhesiva).

En una realización, el miembro de soporte está formado de un material que es diferente del material utilizado

para formar la capa de aislamiento. En una realización preferida, el miembro de soporte tiene un módulo de flexión que es mayor que el módulo de flexión de la capa de aislamiento. Por ejemplo, muchos tipos diferentes de capas de aislamientos están formadas por un material que tiene un módulo de flexión bajo. Tal como se utiliza en el presente documento, la frase "módulo de flexión bajo" se refiere a un módulo de flexión que es inferior a aproximadamente 10 MPa. En una realización preferida, el módulo de flexión del miembro de soporte es mayor que 100 MPa.

Se pueden utilizar diversos materiales para formar los miembros de soporte, incluidos polímeros y metales. Se prefieren los polímeros como material para formar los miembros de soporte, debido a su facilidad de fabricación, peso ligero, propiedades dieléctricas y resistencia térmica y al fuego. En una realización, el polímero elegido para formar el miembro de soporte tiene un módulo de flexión de más de aproximadamente 100 MPa. Los polímeros ejemplares que pueden utilizarse como material para formar un miembro de soporte incluyen, entre otros, polipropileno, poliésteres, policarbonato, poliimidas y poliamidas aromáticas. Pueden estar presentes aditivos en el polímero utilizado para formar el miembro de soporte para mejorar el módulo de flexión, reducir la conductividad térmica, disminuir la inflamabilidad o modificar cualquier combinación de estas características.

En una realización, un miembro de soporte tiene una conductividad térmica a través de una dimensión de espesor de dicha capa aislante de alrededor de 50 mW/mK o menos, alrededor de 40 mW/mK o menos, alrededor de 30 mW/mK o menos, alrededor de 25 mW/mK o menos, unos 20 mW/mK o menos, unos 18 mW/mK o menos, unos 16 mW/mK o menos, unos 14 mW/mK o menos, unos 12 mW/mK o menos, unos 10 mW/mK o menos, unos 5 mW/mK o menos, o en un intervalo entre dos de estos valores a 25 °C.

En ciertas realizaciones, un miembro de soporte de la presente divulgación puede tener un calor de combustión ("HOC") de aproximadamente 750 cal/g o menos, aproximadamente 717 cal/g o menos, aproximadamente 700 cal/g o menos, aproximadamente 650 cal/g o menos, aproximadamente 600 cal/g o menos, aproximadamente 575 cal/g o menos, aproximadamente 550 cal/g o menos, aproximadamente 500 cal/g o menos, aproximadamente 450 cal/g o menos, aproximadamente 400 cal/g o menos, aproximadamente 350 cal/g o menos, aproximadamente 300 cal/g o menos, aproximadamente 250 cal/g o menos, aproximadamente 200 cal/g o menos, aproximadamente 150 cal/g o menos, aproximadamente 100 cal/g o menos, aproximadamente 50 cal/g o menos, aproximadamente 25 cal/g o menos, aproximadamente 10 cal/g o menos, o en un rango entre dos cualesquiera de estos valores. En el contexto de la presente divulgación, un primer material que tenga un calor de combustión inferior al HOC de un segundo material se consideraría una mejora del primer material con respecto al segundo material. En ciertas realizaciones de la presente divulgación, el HOC de una capa de aislamiento se mejora mediante la incorporación de un aditivo de clase de fuego en el miembro de soporte.

En ciertas realizaciones, un miembro de soporte de la presente divulgación tiene un inicio de descomposición térmica de aproximadamente 300 °C o más, aproximadamente 320 °C o más, aproximadamente 340 °C o más, aproximadamente 360 °C o más, aproximadamente 380 °C o más, aproximadamente 400 °C o más, aproximadamente 420 °C o más, aproximadamente 440 °C o más, aproximadamente 460 °C o más, aproximadamente 480 °C o más, aproximadamente 500 °C o más, aproximadamente 515 °C o más, aproximadamente 550 °C o más, aproximadamente 600 °C o más, o en un rango entre cualesquiera dos de estos valores. En el contexto de la presente divulgación, por ejemplo, una primera composición con un inicio de descomposición térmica superior al inicio de descomposición térmica de una segunda composición se consideraría una mejora de la primera composición con respecto a la segunda. Se contempla en el presente documento que el inicio de la descomposición térmica de una composición o material aumenta cuando se agrega uno o más aditivos de clase de fuego, en comparación con una composición que no incluye ningún aditivo de clase de fuego.

En una realización, un miembro de soporte puede estar formado de un material intumescente. Un material intumescente es un material que se hincha cuando se expone al calor. En el contexto de los módulos de batería, cuando una celda de batería comienza a fallar, su temperatura aumenta rápidamente, lo que puede aumentar la temperatura dentro del módulo. Este aumento de temperatura puede provocar la hinchazón inducida por el calor del material intumescente utilizado para formar el miembro de soporte, creando un sello entre las celdas de batería adyacentes. Esta hinchazón de los miembros de soporte puede proporcionar una mayor resistencia a los gases a alta presión y a las partículas que se liberan si la celda de la batería se abre. Materiales intumescentes ejemplares se describen en la patente de EE. UU. n.° 3,513,114 de Hahn et al.; la patente de EE. UU. n.° 5,487,946 de McGinniss et al.; la patente de EE. UU. n.° 5,591,791 de Deogon; la patente de EE. UU. n.° 5,723,515 de Gottfried; la patente de EE. UU. n.° 6,790,893 de Nguyen et al.; la publicación de solicitud de patente PCT n.° WO 94/17142 de Buckingham et al.; la publicación de solicitud de patente PCT n.° WO 98/04639 de Janci; y la publicación de solicitud de patente PCT WO 2020/077334 de Fleetwood et al.

En una realización, un miembro de soporte tiene un espesor que es menor que el espesor de la capa de aislamiento. La FIG. 5A muestra una vista lateral de una capa de aislamiento 510 acoplada a un miembro de soporte 520. Como se puede observar, en la etapa de premontaje (sin compresión en la capa de aislamiento),

el miembro de soporte 520 tiene un espesor menor que el espesor de la capa de aislamiento 510. Por lo tanto, como se muestra, la capa de aislamiento sobresale del miembro de soporte. Durante la instalación, al principio del ciclo de vida de la célula de la batería, la capa de aislamiento entra en contacto con la célula de la batería y se comprime ligeramente, como se muestra en la FIG. 5B. Se descubrió que, en algunos casos, si el miembro de soporte tiene un grosor mayor o igual que el grosor de la capa de aislamiento, el miembro de soporte entrará en contacto con la célula de la batería, impidiendo que la capa de aislamiento entre en contacto con la célula de la batería. El uso de un miembro de soporte más delgado que la capa de aislamiento puede solucionar este problema.

Como se muestra en la FIG. 5C, al final de la vida útil de la celda de la batería, la celda de la batería comenzará a hincharse. La configuración del miembro de soporte colocado alrededor de la periferia de la capa de aislamiento permite que la célula de la batería se hinche y comprima contra la capa de aislamiento, que en la presente divulgación, es más compresible que el miembro de soporte. Permitir que la celda de la batería se hinche a medida que envejece ayudará a prevenir una falla catastrófica del gabinete de la celda de la batería.

La capa de encapsulación es una sola capa o varias capas de material. La capa de encapsulación puede tener forma de película, sobre o bolsa. La capa de encapsulación puede estar hecha de cualquier material que sea adecuado para encerrar la capa de aislamiento. Los materiales utilizados para formar la capa de encapsulación pueden seleccionarse entre un polímero, un elastómero o una combinación de ellos. Ejemplos de polímeros adecuados, como el tereftalato de polietileno (PET), el polietileno (PE), la poliimida (PI), el caucho, el polipropileno, la poliamida y el nailon, tienen una conductividad térmica muy baja (menos de 1 W/m), lo que tiene el efecto de reducir la conductividad térmica general del plano pasante del sistema. En una realización, la capa de encapsulación comprende polímero de tereftalato de polietileno.

En otra realización, la capa de encapsulación se compone de múltiples capas de material. Por ejemplo, se puede utilizar un material multicapa, similar a los materiales utilizados para formar una funda de batería. En una realización, la capa de encapsulación comprende un laminado de tres capas: una primera capa polimérica, una segunda capa termoconductora y una tercera capa polimérica, con la capa termoconductora intercalada entre la primera y la tercera capas poliméricas. La primera y tercera capas de polímero están formadas preferentemente por un polímero que tiene una conductividad térmica muy baja (menos de 1 W/m). Los ejemplos de polímeros que pueden usarse para la primera y tercera capa de polímero incluyen, entre otros, tereftalato de polietileno (PET), polietileno (PE), polipropileno, poliamida y nailon. Ejemplos de materiales conductores térmicos que pueden utilizarse en la segunda capa incluyen, pero no se limitan a, metales (por ejemplo, cobre, acero inoxidable o aluminio), fibras de carbono, grafito y carburos de silicio. Cuando se utiliza una capa metálica conductora de calor, el metal puede tener la forma de una lámina intercalada entre las capas de polímero.

En otra realización, la capa de encapsulación comprende un laminado de tres capas: una primera capa polimérica, una segunda capa ignífuga y una tercera capa polimérica, con la capa ignífuga intercalada entre la primera y la tercera capas poliméricas. La primera y tercera capas de polímero están formadas preferentemente por un polímero que tiene una conductividad térmica muy baja (menos de 1 W/m) como se ha comentado anteriormente. Algunos ejemplos de materiales resistentes a las llamas que pueden utilizarse en la segunda capa incluyen, entre otros, metales (por ejemplo, cobre, acero inoxidable o aluminio), mica, fibra de polibenzimidazol (fibra PBI), nailon recubierto, melamina, modacrílico y poliamida aromática (aramida). Cuando se utiliza una capa metálica conductora de calor, el metal puede tener la forma de una lámina intercalada entre las capas de polímero.

Los metales son un material preferido para usar en una capa de encapsulación laminada. Los metales aportan a la capa de encapsulación propiedades de conducción térmica y resistencia a la llama. Al utilizar un único material para proporcionar tanto resistencia a la llama como conductividad térmica, se puede minimizar el grosor de la capa de encapsulación.

Ya sea que se utilice una sola capa (polímero o metal) o una capa laminada, la capa de aislamiento puede ser encapsulada por la capa de encapsulación uniendo la capa de encapsulación a al menos una porción del miembro de soporte. La capa de encapsulación se puede fijar mediante fijación térmica. Tal como se utiliza en el presente documento, el término "remachado térmico" se refiere a un proceso que conecta dos piezas separadas de materiales poliméricos mediante fusión con calor. En un proceso de remachado térmico, una o ambas piezas poliméricas se calientan por encima de la temperatura de transición vítrea del material utilizado para formar una o ambas piezas poliméricas. Calentar las piezas poliméricas por encima de la temperatura de transición vítrea hace que el material de una o ambas piezas se ablande y se fusione con la otra pieza. En una realización, la capa de encapsulación se adhiere al menos a una parte del miembro de soporte mediante un proceso de termofijación.

En una realización alternativa, la capa de encapsulación se sella a sí misma. En esta realización alternativa, la capa de encapsulación se extiende más allá de los miembros de soporte y se coloca en contacto consigo misma. Una vez más, se puede utilizar un proceso de estampación térmica para fusionar las capas de

encapsulación, formando un sello entre las dos capas. En una realización, se utiliza una única lámina de encapsulamiento para encapsular la capa de aislamiento. En esta realización, la lámina de encapsulamiento cubre un lado de la capa de aislamiento y luego se dobla para cubrir el otro lado de la capa de aislamiento. Los extremos de la lámina de encapsulamiento se colocan uno encima del otro y se fijan con calor para encerrar la capa de aislamiento en la capa de encapsulación. Se pueden unir uno, dos o tres bordes de la lámina de encapsulamiento para formar una capa de encapsulación.

En otra realización, se pueden utilizar dos láminas de encapsulamiento separadas para encapsular la capa de aislamiento. La primera lámina se puede colocar cubriendo un lado de la capa de aislamiento en contacto con el miembro de soporte. A continuación, se coloca una segunda lámina cubriendo el lado opuesto de la capa de aislamiento, también en contacto con el lado opuesto del miembro de soporte. A continuación, la primera y la segunda lámina se fijan con calor para unirlas al menos a una parte de los lados opuestos del miembro de soporte. En otra realización, una primera lámina y una segunda lámina se colocan como se discutió anteriormente en lados opuestos de la capa de aislamiento. La primera hoja y la segunda hoja se extienden más allá del miembro de soporte permitiendo que las hojas entren en contacto entre sí. Los extremos de la lámina de encapsulamiento se colocan uno encima del otro y se fijan con calor para encerrar la capa de aislamiento en una capa de encapsulación que se compone de las dos láminas de encapsulamiento.

La FIG. 6 muestra un sistema y un método para producir una capa de encapsulación laminada. En la realización representada en la FIG. 6 se fabrica un laminado a partir de dos películas de polímero que sirven como superficies exteriores de la lámina laminada. Se utiliza una lámina metálica como capa térmicamente conductora y resistente al fuego. Dos rollos de película de polímero separados se introducen en una laminadora junto con dos láminas de metal separadas. Las láminas se combinan y se sellan en el paso de laminación, con la lámina de metal intercalada entre las dos láminas de polímero. Las láminas metálicas están separadas por un espacio que permite hacer un pliegue en el laminado.

La hoja laminada se lleva a un dispositivo de plegado, que coloca pliegues en la hoja laminada para permitir el plegado de la hoja laminada en forma de sobre. Una vez colocados los pliegues en la lámina laminada, ésta se extiende y se corta en el tamaño adecuado para encapsular una capa de aislamiento. Una vez cortada, la hoja laminada se dobla en forma de sobre, y la capa de aislamiento y los miembros de soporte circundantes se colocan en la capa encapsuladora en forma de sobre. Una solapa que se forma en el borde de la lámina laminada se dobla para sellar la capa de aislamiento y el miembro de soporte dentro de la lámina laminada. En el último paso, la hoja laminada se calienta, lo que hace que las capas de polímero se fundan y se fusionen. Alternativamente, durante el paso de calentamiento final, la lámina laminada puede fundirse y fusionarse con el miembro de soporte. Se puede utilizar un proceso de estacado térmico para el paso de sellado final. En el proceso de estacado térmico, se calienta un dispositivo de estacado metálico a una temperatura superior a la temperatura de transición vítrea de los polímeros. El dispositivo de estacado metálico se presiona contra la lámina laminada haciendo que las porciones contactadas de la lámina laminada se fundan y fusionen al enfriarse. En una realización preferida, el polímero es tereftalato de polietileno (PET) y la lámina metálica es acero inoxidable.

El miembro de encapsulamiento puede reducir o eliminar la generación de polvo o material particulado desprendido de la capa de aislamiento. Además, la capa de encapsulación puede estar formada por un material que permita realizar marcas o escritura impresa en la barrera aislante. El marcado de la capa de aislamiento no siempre es posible.

La capa de encapsulación puede incluir al menos un respiradero que permite que el aire fluya dentro y fuera del panel. El miembro de encapsulamiento puede incluir al menos un filtro que filtra materia particulada. En una realización ejemplar, la capa de encapsulación incluye un respiradero que permite que el aire fluya dentro y fuera del panel, y un filtro de partículas sobre el respiradero que mantiene la materia particulada dentro del miembro de encapsulamiento. En otra realización, la capa de encapsulación incluye sellos de borde que incluyen al menos un respiradero y al menos un filtro de partículas. En una realización adicional, la capa de encapsulación incluye juntas de borde que incluyen al menos una rejilla de ventilación y al menos un filtro de partículas, en el que las rejillas de ventilación en las juntas de borde permiten que el aire fluya dentro y fuera de los bordes del miembro de encapsulación, y en el que los filtros capturan y retienen las partículas en el aire que fluye para evitar la contaminación del aire fuera de la capa de encapsulación con partículas.

En otra realización, la capa de encapsulación puede incluir una porción de extensión. La capa de encapsulación puede estar compuesta de una lámina metálica, un laminado que incluye una lámina metálica o un polímero que tenga propiedades elásticas, o la capa de encapsulación puede estar compuesta de un polímero que tenga propiedades elásticas. Pueden colocarse dos hojas de la capa encapsuladora en lados opuestos de la capa de aislamiento, en contacto con el miembro de soporte. La FIG. 7 muestra una vista lateral de una capa de aislamiento 710 que está cubierta por una capa de encapsulación 720 en lados opuestos. Las capas de encapsulación encapsulan parcialmente o, preferiblemente, completamente la capa de aislamiento y están unidas a los miembros de soporte 730. Si se utilizan capas de lámina metálica como capa de encapsulación , la lámina metálica se puede fijar al miembro de soporte mediante engarce o soldadura.

En una realización ilustrada en la FIG. 7, una o ambas capas de encapsulación comprenden una porción de extensión 740 que se extiende más allá de una porción de los miembros de soporte hacia una superficie interior 750 (por ejemplo, una pared lateral o una parte superior) de un recinto que contiene las celdas de la batería. Durante el montaje, la superficie interior comienza en la posición 755a. En esta posición, la superficie interior 755a está en contacto con la porción de extensión 740a. A medida que se ensambla el recinto que contiene las celdas o módulos de batería (por ejemplo, colocando una tapa sobre el recinto), la superficie interior 755a se mueve a la posición 755b. Durante este proceso de ensamblaje, la porción de extensión 740a se dobla a la posición 740b. En una realización, la porción de extensión puede ser arrugada antes de su uso de modo que cuando la porción de extensión entra en contacto con el interior del recinto, la porción de extensión se dobla automáticamente en la posición correcta para permitir que la porción de extensión forme un sello.

Como se muestra en la FIG. 7, el contacto de la porción de extensión en la posición 740b con la superficie interior del recinto en la posición 755b forma un sello entre las celdas de la batería 760. La formación de un sello entre la barrera aislante y la superficie interior de la carcasa puede ayudar a aislar térmicamente la célula de la batería de las células de batería adyacentes. Esto es especialmente útil para evitar que una célula de batería que experimenta una fuga térmica provoque eventos de fuga térmica en baterías adyacentes.

En una realización, una barrera aislante tiene una o más almohadillas adhesivas acopladas a la capa de encapsulación. La FIG. 8 muestra una vista superior y una vista lateral de una barrera aislante 800 con almohadillas adhesivas 840. La capa de aislamiento 810 está encapsulada por una capa de encapsulación 830.Se utiliza un miembro de soporte 820 para sostener y facilitar la encapsulación de la capa de aislamiento, como se explicó anteriormente. Además de la capa de encapsulación, una o más almohadillas adhesivas 840 (por ejemplo, una, dos, tres, cuatro o más almohadillas adhesivas) están unidas a la superficie exterior de la capa de encapsulación. Preferiblemente, las almohadillas adhesivas están acopladas a la capa de encapsulación cerca de los miembros de soporte, como se muestra en la FIG. 8. La FIG. 1 también muestra una realización de una barrera aislante con almohadillas adhesivas 140.

La FIG. 9A representa una vista superior de una barrera aislante colocada entre dos celdas de batería. En la FIG. 9B, se colocan almohadillas adhesivas entre la barrera aislante y las celdas de la batería para proporcionar una amortiguación entre la barrera aislante y la celda de la batería. Las almohadillas adhesivas pueden ser de una sola cara o de doble cara. En una realización en la que las almohadillas adhesivas son de una sola cara, el adhesivo se utiliza para adherir las almohadillas adhesivas a la capa de encapsulación. La parte opuesta, no adhesiva, de las almohadillas adhesivas se apoyará contra la celda de batería adyacente, proporcionando una amortiguación entre la barrera aislante y la celda de batería. En una realización preferida, las almohadillas adhesivas están formadas a partir de un adhesivo de doble cara. Al igual que las almohadillas adhesivas de una cara, una de las caras de las almohadillas adhesivas de doble cara está unida a la capa de encapsulación. El lado opuesto de las almohadillas adhesivas de doble cara comprende una superficie adhesiva que se utiliza para adherir la almohadilla adhesiva a la célula de la batería. El hecho de tener la barrera aislante adherida a la célula de la batería (a través de las almohadillas adhesivas) puede ayudar en la fabricación, ya que mantiene la barrera aislante alineada con la batería a medida que se ensambla el módulo de la batería (o el paquete de baterías). En ausencia de un adhesivo, la barrera aislante podría desalinearse con la célula de la batería, lo que obligaría al fabricante a realinear periódicamente las barreras de aislamientos con las células de la batería.

Como se muestra en la FIG. 9, en una realización preferida, se colocan almohadillas adhesivas de doble cara en lados opuestos de la barrera aislante. El uso de almohadillas adhesivas opuestas permite que la barrera aislante se adhiera a ambas celdas de batería adyacentes. Esto garantiza que se mantenga la alineación adecuada entre las celdas de la batería y la barrera aislante durante todo el proceso de fabricación. El uso de adhesivos también puede ser útil para mantener la alineación de la barrera aislante con las celdas de la batería durante su uso. Como se ha comentado anteriormente, las celdas de las baterías se hincharán durante la vida útil del sistema de almacenamiento de energía. Dadas las estrechas tolerancias dentro de un módulo de batería o paquete de baterías, el hinchamiento de las celdas de la batería puede hacer que las barreras de aislamiento se desplacen de una posición alineada. Disponer de una almohadilla adhesiva que adhiera la barrera aislante a la celda de la batería puede ayudar a inhibir o prevenir el desplazamiento de la barrera aislante con respecto a la celda de la batería durante el funcionamiento normal del sistema de almacenamiento de energía.

Alternativamente, o además del uso de adhesivos para mantener las celdas de la batería alineadas con las barreras de aislamientos, puede utilizarse un sistema de registro para ayudar a la alineación. En una realización ilustrada en la FIG. 10, una o más guías de registro 1040 están posicionadas dentro de un compartimento de módulo de batería (o paquete de batería) 1000. La guía de registro, en una realización, puede ser una varilla que se extiende desde un extremo del recinto hasta el extremo opuesto del recinto, sustancialmente perpendicular al eje longitudinal de las celdas de la batería y la barrera aislante. Como se muestra en la FIG. 2, se puede formar un elemento de registro 145 en el miembro de soporte. En esta realización específica, el elemento de registro es una abertura que se forma en el miembro de soporte. La apertura tiene un diámetro igual o ligeramente mayor que el diámetro de la guía de registro. Durante el montaje, la barrera aislante se puede alinear con las celdas de la batería utilizando los elementos de registro (por ejemplo, las aberturas) para

mover la barrera aislante a lo largo de las guías de registro (por ejemplo, una varilla) hasta su posición. Se pueden utilizar otros tipos de sistemas de registro, incluidos sistemas de registro que utilizan proyecciones/sangrías como guías/elementos de registro. También se pueden utilizar bandejas o canales en un sistema de registro.

La FIG. 9 ilustra además una ventaja de utilizar un bastidor de soporte con una capa de aislamiento. La FIG. 9C muestra una capa de aislamiento colocada entre dos celdas de batería. En FIG. 9C, no hay miembros de soporte unidos a la capa de aislamiento. A medida que las celdas de la batería se hinchan, la capa de aislamiento se comprime. Esto crea una tensión de cizallamiento en la capa de aislamiento, haciendo que la capa de aislamiento se desplace y se extienda fuera de la celda de la batería, como se muestra en la FIG. 9C. Por el contrario, en la FIG. 9B, un miembro de soporte rodea los lados de la capa de aislamiento. Cuando las celdas de la batería comienzan a expandirse, la expansión de la capa de aislamiento es contenida por el marco de soporte, que impide que la capa de aislamiento se extienda más allá de las celdas de la batería. Esto puede ser especialmente útil cuando las celdas de la batería se empaquetan en un recinto hermético y el desplazamiento de la capa de aislamiento puede afectar a la integridad del recinto y a los componentes electrónicos asociados a las paredes laterales del recinto.

La FIG. 11 representa una realización alternativa de una barrera aislante compuesta de un material intumescente y una capa de encapsulación térmicamente conductora. La barrera aislante 1100 incluye una capa de aislamiento 1110 que está encapsulada por una capa de encapsulación 1130.Se utiliza un miembro de soporte 1120 para sostener y facilitar la encapsulación de la capa de aislamiento, como se explicó anteriormente. En esta realización, el miembro de soporte 1120 comprende tres segmentos (1120a, 1120b y 1120c) que están unidos entre sí para rodear parcialmente la capa de aislamiento.

La FIG. 12 representa una vista de primer plano del miembro de soporte acoplado a la capa de aislamiento. El miembro de soporte 1120 rodea al menos parcialmente la capa de aislamiento 1110 como se muestra en la FIG. 11. La capa de encapsulación 1130 está unida al miembro de soporte mediante un sello 1135. Se puede crear un sello colocando la capa de encapsulación contra el miembro de soporte y fundiendo la capa de encapsulación para formar una unión. Alternativamente, se puede aplicar un material de sellado (por ejemplo, un adhesivo o un polímero fundido) al miembro de soporte y presionar la capa de encapsulación sobre el material de sellado. El sellado de la capa de encapsulación contra el miembro de soporte puede minimizar la cantidad de partículas de la capa de aislamiento dentro del recinto de la batería.

La FIG. 13 representa una vista esquemática de un miembro de soporte intumescente 1120 antes y después de un evento de alta temperatura (por ejemplo, un evento de descontrol térmico). Durante el uso normal (en la imagen de la izquierda), el miembro de soporte 1120 tiene un espesor mínimo y existe un espacio entre el miembro de soporte y la pared 1140 de la carcasa de la celda/módulo de la batería. Tal como se utiliza en el presente documento, un evento de alta temperatura ocurre cuando la temperatura alcanza más de 90 °C, más de 130 °C o más de 180 °C. Cuando ocurre un evento de alta temperatura, los componentes de las celdas de la batería comenzarán a degradarse, provocando una condición de fuga térmica que se propagará a otras celdas de la batería. Como se muestra en la FIG. 13, cuando ocurre un evento de alta temperatura, el miembro de soporte intumescente se expandirá, llenando el espacio entre la capa de aislamiento 1110 y la pared del recinto 1140.El llenado del espacio crea una barrera térmica y física entre la capa de aislamiento y la pared del recinto, evitando que el calor y la materia particulada entren en contacto con las celdas de batería adyacentes.

La FIG. 14 representa un ejemplo de una capa de aislamiento 1110 que incluye un miembro de soporte en forma de U 1120, el cual rodea sustancialmente la capa de aislamiento 1110.En esta realización, el lado inferior de la capa de aislamiento se deja abierto y, en general, está en contacto con la parte inferior del recinto.

Las capas de aislamiento, particularmente aquellas que incluyen un aerogel, tienden a producir materia particulada (polvo) que puede ser perjudicial para los sistemas de almacenamiento eléctrico, generando problemas de fabricación. La liberación de partículas se puede mitigar mediante el uso de una capa de encapsulación, como se explicó anteriormente. La capa de encapsulación generalmente está sellada alrededor de la capa de aislamiento para que las partículas y los gases no puedan entrar o salir de la capa de encapsulación. Durante la compresión de la capa de encapsulación, esta podría romperse, liberando partículas y gas al módulo de la batería. Para mitigar este problema, se puede agregar un elemento de captura de partículas al miembro de soporte. Las partículas producidas durante la compresión de la capa de aislamiento pueden ser capturadas y al menos parcialmente retenidas dentro del miembro de captura de partículas. Un miembro de captura de partículas, tal como se utiliza en el presente documento, se refiere a una capa de material que puede atrapar las partículas que impactan sobre el material. Los ejemplos de materiales utilizados para el miembro de captura de partículas incluyen, pero no se limitan a, espuma (de celda abierta o cerrada), materiales tejidos, materiales no tejidos (por ejemplo, fieltro, guata, tela enmarañada) o un material de tipo red. Generalmente, el miembro de captura de partículas está fabricado con un material que permite el paso de gas a través del material, mientras que las partículas se retienen en el miembro de captura de partículas.

La FIG. 15 representa una realización de una barrera aislante que tiene una capa de aislamiento 1110 al menos

parcialmente rodeada por un miembro de soporte 1120.La barrera aislante incluye además aberturas en una o más esquinas libres del miembro de soporte para permitir el flujo de aire fuera de la capa de aislamiento durante la compresión. Las aberturas pueden llenarse con miembros de captura de partículas 1150 para inhibir o prevenir que las partículas (por ejemplo, aerogel) escapen de la barrera aislante. En la realización mostrada en la FIG. 15, los elementos de captura de partículas 1150 pueden ser más grandes que el miembro de soporte y solaparse parcialmente con él. La FIG. 16 representa una realización alternativa de un miembro de soporte que tiene miembros de captura de partículas incorporados en las aberturas formadas en las esquinas de los miembros de soporte. En la FIG. 16 los miembros de captura de partículas tienen sustancialmente el mismo tamaño que el miembro de soporte.

La FIG. 17 representa una vista lateral de una barrera aislante que tiene un miembro de soporte intumescente 1120 acoplado a una capa aislante 1110 y una capa de encapsulación 1130. El miembro de soporte intumescente puede tener forma de T para sellar mejor el espacio entre la capa de aislamiento y la carcasa del módulo de batería. Como se muestra en la FIG. 12, la capa de encapsulación 1130 se puede adherir al miembro de soporte intumescente en forma de T fundiendo una porción de la capa de encapsulación o mediante el uso de un adhesivo.

La FIG. 18 representa una realización alternativa de una barrera aislante. En esta realización, un miembro de soporte intumescente en forma de T 1120 está acoplado a una capa de aislamiento 1110 y una capa de encapsulación 1130. Esta realización se diferencia de la realización representada en la FIG. 17, en que el miembro de soporte intumescente 1120 está envuelto alrededor del borde de la capa de encapsulación 1130. Envolver el miembro de soporte alrededor de un borde del miembro de encapsulación ayudará a proporcionar un mejor aislamiento de la célula de la batería cuando el miembro de soporte intumescente se dispara por un evento de fuga térmica.

La FIG. 19 representa otra realización de una barrera aislante. En esta realización, la capa de encapsulación 1130 tiene forma de U para aumentar el área de superficie de la capa de encapsulación con un elemento de intercambio de calor 1170. El miembro de soporte 1120 se puede envolver alrededor del borde de la capa de encapsulación 1130. Durante el uso, el calor generado por las celdas de batería adyacentes se transfiere a través de una capa de encapsulación térmicamente conductora 1130 al elemento de intercambio de calor 1170. Luego, el calor se transfiere desde la celda de la batería a través del elemento de intercambio de calor.

La FIG. 20 representa una realización alternativa de una barrera aislante. Similar a la barrera aislante de la FIG. 19, la barrera aislante de la FIG. 20 incluye un área de superficie ensanchada para un mayor contacto de la capa de encapsulación 1130 con el elemento de intercambio de calor 1170. La capa de encapsulación está compuesta por dos piezas en forma de L. Las piezas en forma de L están dispuestas en caras opuestas de la barrera aislante 1110. Durante el uso puede existir un pequeño espacio en los extremos de las piezas de encapsulamiento en forma de L. Este espacio permite cierta flexibilidad a la capa de encapsulación. A medida que la célula de la batería se expande durante su uso, los brazos inferiores de las piezas de encapsulado en forma de L se mueven uno hacia el otro y eventualmente se contactan, como se muestra en la FIG. 20.

En una realización, una barrera aislante para su uso en un sistema de almacenamiento de energía eléctrica incluye una capa aislante y un miembro de soporte que rodea al menos una parte de la capa aislante. La capa de aislamiento también incluye una capa de encapsulación que rodea al menos parcialmente la capa de aislamiento. Una o más pestañas de sellado están acopladas al miembro de soporte. Las pestañas de sellado están hechas de un material con memoria de forma y están colocadas de tal manera que, cuando se someten a calor, las pestañas de sellado se extienden lejos del miembro de soporte. Por ejemplo, durante el uso normal de la batería, las pestañas de sellado están en una primera posición. En la primera posición, las pestañas de sellado descansan sustancialmente contra el miembro de soporte. Cuando se calientan, las pestañas de sellado se mueven a una segunda posición. En la segunda posición, las pestañas de sellado se extienden desde el miembro de soporte hasta entrar en contacto con el recinto.

La FIG. 21 representa un diagrama esquemático de un compartimento de batería (por ejemplo, un compartimento de módulo de batería o un compartimento de paquete de batería). Una barrera aislante 1200 se coloca entre cada celda de batería (o módulo de batería) 1260. La barrera aislante incluye una capa de aislamiento y una capa de encapsulación como se describe en el presente documento. La barrera aislante 1200 también incluye una pestaña de sellado 1280 que está ubicada entre la capa de aislamiento y el compartimento/paquete de módulo de batería 1240. Durante el uso normal del módulo/paquete de baterías, las lengüetas de sellado permanecen en posición "abierta", con la lengüeta de sellado doblada hacia abajo sobre la barrera aislante, como se muestra en la parte derecha de la figura. Cuando ocurre un evento de descontrol térmico, el calor del evento alcanzará las pestañas de sellado e inducirá un cambio de posición, como se muestra en la parte derecha de la figura.

Durante un evento de descontrol térmico, el calor de la celda/módulo de batería defectuoso inducirá un cambio en las pestañas de sellado como se muestra en la FIG. 21. Cuando el aire caliente (por ejemplo, de una celda o módulo de batería averiado) llega a las pestañas de sellado, el calor hará que las pestañas de sellado

cambien de forma y entren en contacto con una parte de la carcasa. Las pestañas de sellado, en contacto con el gabinete, forman una barrera adicional contra el calor y las partículas que pueden expulsarse durante un evento de descontrol térmico. También pueden estar presentes pestañas adicionales 1265 que protegen aún más el módulo de batería contra daños. Las pestañas adicionales 1265 pueden fabricarse a partir de materiales intumescentes. Cuando se calientan, las pestañas adicionales 1265 se expanden para entrar en contacto con el recinto 1240.

Las pestañas de sellado 1280 pueden estar hechas de una aleación con memoria de forma. Una aleación con memoria de forma es una aleación que tiene dos estados distintos cuando se calienta. En el primer estado, las pestañas de sellado están en una posición relajada contra la capa de aislamiento. Cuando se calientan, las lengüetas de sellado se mueven a una segunda posición con la lengüeta de sellado en contacto con la carcasa. Una aleación con memoria de forma ejemplar que se puede utilizar para formar una pestaña de sellado es una aleación de níquel-titanio, comúnmente conocida como nitinol.

La FIG. 22 representa una realización alternativa de un compartimento de batería. En esta realización, se colocan dos pestañas de sellado separadas para proteger las celdas de la batería en el medio del módulo. Cuando se activan por el calor, las lengüetas de sellado con memoria de forma, debido a su colocación una al lado de la otra, bloquean la transferencia de calor y masa (por ejemplo, partículas de la célula de la batería que se rompe) desde ambas direcciones.

Las FIGS. 23 y 24 muestran disposiciones alternativas de pestañas de sellado 1265. En estas realizaciones, las pestañas de sellado pueden ubicarse en la parte superior del recinto y/o en el miembro de soporte. En la FIG. 23, las pestañas de sellado se colocan sobre el material intumescente y se doblan hacia la carcasa del módulo. La colocación de las lengüetas de sellado en esta orientación proporciona un bloqueo térmico y de partículas adicional durante el desbordamiento térmico. Durante un evento de fuga térmica, las lengüetas de sellado reaccionan al calor expandiéndose y formando un sello entre las celdas de la batería, como se muestra en las figuras. En la FIG. 24, las pestañas de sellado están acopladas al miembro de soporte y al recinto. Las pestañas de sellado unidas al gabinete se expanden hacia abajo, mientras que las pestañas de sellado en el miembro de soporte se expanden hacia arriba. En los dispositivos que tienen una única lengüeta de separación asociada a un par de celdas de batería adyacentes, las lengüetas de separación pueden utilizarse para bloquear la transferencia de calor y masa en una dirección. Se pueden colocar dos lengüetas de sellado una al lado de la otra para bloquear la transferencia de calor y masa desde ambas direcciones.

Tal como se utilizan en esta especificación y en las reivindicaciones adjuntas, las formas singulares "un", "una" y "el/la" incluyen referentes plurales a menos que el contenido indique claramente lo contrario. Tal como se utiliza en esta especificación y en las reivindicaciones adjuntas, el término "o" se emplea generalmente en su sentido que incluye "y/o" a menos que el contexto dicte claramente lo contrario.

En el presente documento, "aproximadamente" significa aproximadamente o casi, y en el contexto de un valor numérico o rango establecido, significa ± 5 % del valor numérico. En una realización, el término "aproximadamente" puede incluir el redondeo tradicional según las cifras significativas del valor numérico. Además, la frase "aproximadamente 'x' a 'y'" incluye "aproximadamente 'x' a aproximadamente 'y'".

Dentro del contexto de la presente divulgación, el término "aerogel", "material de aerogel" o "matriz de aerogel" se refiere a un gel que comprende una estructura de marcos interconectados, con una red correspondiente de poros interconectados integrados dentro del marco, y que contiene gases como aire como medio intersticial disperso; y que se caracteriza por las siguientes propiedades físicas y estructurales (según las pruebas de porosimetría con nitrógeno) atribuibles a los aerogeles: (a) un diámetro promedio de poro que varía de aproximadamente 2 nm a aproximadamente 100 nm, (b) una porosidad de al menos 80% o más, y (c) un área superficial de aproximadamente 100 m^2/g o más.

Los materiales de aerogel de la presente divulgación incluyen, por tanto, cualquier aerogel u otros materiales de celda abierta que satisfagan los elementos definitorios expuestos en los párrafos anteriores; incluidos los materiales que puedan clasificarse de otro modo como xerogeles, criogeles, ambigeles, materiales microporosos y similares.

Dentro del contexto de la presente divulgación, las referencias a "fuga térmica" se refieren generalmente al aumento repentino y rápido de la temperatura y la presión de la celda debido a diversos factores operacionales, lo que a su vez puede llevar a la propagación de temperaturas excesivas a lo largo de un módulo asociado. Las posibles causas de la fuga térmica en tales sistemas pueden incluir, por ejemplo: defectos en las celdas y/o cortocircuitos (tanto internos como externos), sobrecarga, perforación o ruptura de la celda, como en el caso de un accidente, y temperaturas ambiente excesivas (por ejemplo, temperaturas típicamente superiores a 55°C). En uso normal, las celdas se calientan como resultado de la resistencia interna. En condiciones ambientales de funcionamiento y cargas de energía/corriente normales, la temperatura dentro de la mayoría de las celdas de iones de litio se puede controlar con relativa facilidad para permanecer en un rango de 20 °C a 55 °C. Sin embargo, condiciones estresantes como un alto consumo de energía a altas temperaturas de

celda/ambiente, así como defectos en celdas individuales, pueden aumentar considerablemente la generación de calor local. En particular, por encima de la temperatura crítica, se activan reacciones químicas exotérmicas dentro de la célula. Además, la generación de calor químico generalmente aumenta exponencialmente con la temperatura. Como resultado, la generación de calor se vuelve mucho mayor que la disipación de calor disponible. El descontrol térmico puede provocar la ventilación de las celdas y temperaturas internas superiores a los 200 °C.

Dentro del contexto de la presente divulgación, los términos "flexible" y "flexibilidad" se refieren a la capacidad de un material o composición de doblarse o flexionarse sin falla macroestructural. Las capas aislantes de la presente divulgación son capaces de doblarse al menos 5°, al menos 25°, al menos 45°, al menos 65°, o al menos 85° sin fallo macroscópico; y/o tienen un radio de curvatura de menos de 122 cm (4 pies), menos de 61 cm (2 pies), menos de 30,5 cm (1 pie), menos de 15,2 cm (6 pulgadas), menos de 7,62 cm (3 pulgadas), menos de 5,08 cm (2 pulgadas), menos de 2,54 cm (1 pulgada), o menos de 0,635 cm (¼ pulgada) sin fallo macroscópico. Asimismo, los términos "altamente flexible" o "alta flexibilidad" se refieren a materiales capaces de doblarse al menos 90° y/o tener un radio de curvatura de menos de U pulgada sin falla macroscópica. Además, los términos "clasificado flexible" y "clasificado como flexible" se refieren a materiales o composiciones que pueden clasificarse como flexibles según ASTM CI 101 (ASTM International, West Conshohocken, PA).

La capa de aislamiento de la presente divulgación puede ser flexible, altamente flexible y/o clasificada como flexible. Las composiciones de aerogel de la presente divulgación también pueden ser drapeadas. En el contexto de la presente divulgación, los términos "drapable" y "capacidad de drapeado" se refieren a la capacidad de un material de doblarse o flexionarse a 90° o más con un radio de curvatura de aproximadamente 4 pulgadas o menos, sin falla macroscópica. La capa de aislamiento según ciertas realizaciones de la presente divulgación es flexible de modo que la composición no es rígida y puede aplicarse y adaptarse a superficies u objetos tridimensionales, o preformarse en una variedad de formas y configuraciones para simplificar la instalación o aplicación.

Dentro del contexto de la presente divulgación, los términos "conductividad térmica" y "TC" se refieren a una medición de la capacidad de un material o composición para transferir calor entre dos superficies a cada lado del material o composición, con una diferencia de temperatura entre las dos superficies. La conductividad térmica se mide específicamente como la energía térmica transferida por unidad de tiempo y por unidad de superficie, dividida por la diferencia de temperatura. Normalmente se registra en unidades del SI como mW/m*K (milivatios por metro * Kelvin). La conductividad térmica de un material puede determinarse mediante métodos de prueba conocidos en la técnica, incluidos, entre otros, el método de prueba para propiedades de transmisión térmica en estado estacionario por medio del aparato medidor de flujo de calor (ASTM C518, ASTM International, West Conshohocken, PA); un método de prueba para mediciones de flujo de calor en estado estacionario y propiedades de transmisión térmica por medio del aparato de placa calefactora protegida (ASTM C177, ASTM International, West Conshohocken, PA); un método de prueba para propiedades de transferencia de calor en estado estacionario del aislamiento de tuberías (ASTM C335, ASTM International, West Conshohocken, PA); una prueba de conductividad térmica de calentador delgado (ASTM C1114, ASTM International, West Conshohocken, PA); un método de prueba estándar para propiedades de transmisión térmica de materiales de aislamiento eléctrico térmicamente conductores (ASTM D5470, ASTM International, West Conshohocken, PA); Determinación de la resistencia térmica mediante métodos de placa caliente protegida y medidor de flujo de calor (EN 12667, British Standards Institution, Reino Unido); o Determinación de la resistencia térmica en estado estacionario y propiedades relacionadas - Aparato de placa caliente protegida (ISO 8203, Organización Internacional de Normalización, Suiza). Debido a que diferentes métodos pueden dar como resultado diferentes resultados, se debe entender que, dentro del contexto de la presente divulgación y a menos que se indique expresamente lo contrario, las mediciones de conductividad térmica se adquieren de acuerdo con la norma ASTM C518 (Método de prueba para propiedades de transmisión térmica en estado estacionario por medio del aparato medidor de flujo de calor), a una temperatura de aproximadamente 37,5 °C a presión atmosférica en un entorno ambiental y bajo una carga de compresión de aproximadamente 2 psi. Las mediciones informadas según ASTM C518 generalmente se correlacionan bien con cualquier medición realizada según EN 12667 con cualquier ajuste relevante a la carga de compresión.

Las mediciones de conductividad térmica también se pueden adquirir a una temperatura de aproximadamente 10 °C a presión atmosférica bajo compresión. Las mediciones de conductividad térmica a 10 °C son generalmente 0,5-0,7 mW/mK inferiores a las mediciones de conductividad térmica correspondientes a 37,5 °C. En ciertas realizaciones, la capa de aislamiento de la presente divulgación tiene una conductividad térmica a 10 °C de aproximadamente 40 mW/mK o menos, aproximadamente 30 mW/mK o menos, aproximadamente 25 mW/mK o menos, aproximadamente 20 mW/mK o menos, aproximadamente 18 mW/mK o menos, aproximadamente 16 mW/mK o menos, aproximadamente 14 mW/mK o menos, aproximadamente 12 mW/mK o menos, aproximadamente 10 mW/mK o menos, aproximadamente 5 mW/mK o menos, o en un rango entre cualesquiera dos de estos valores.

El término "módulo de flexión" o "módulo de elasticidad de flexión" es una medida de la rigidez/resistencia a la flexión de un material cuando se aplica una fuerza perpendicular al borde largo de una muestra, conocida como

prueba de flexión de tres puntos. El módulo de flexión denota la capacidad de un material para doblarse. El módulo de flexión está representado por la pendiente de la porción recta inicial de la curva de tensión-deformación y se calcula dividiendo el cambio en la tensión por el cambio correspondiente en la deformación. Por lo tanto, la relación entre la tensión y la deformación es una medida del módulo de flexión. La unidad estándar internacional del módulo de flexión es el pascal (Pa o N/m2 o m-1.kg.s-2). Las unidades prácticas utilizadas son megapascales (MPa o N/mm2) o gigapascales (GPa o kN/mm2). En las unidades habituales de EE. UU., se expresa en libras (fuerza) por pulgada cuadrada (psi). En ciertas realizaciones, las capas de aislamientos de la presente divulgación tienen un módulo de flexión de aproximadamente 8 MPa o menos, aproximadamente 7 MPa o menos, aproximadamente 6 MPa o menos, aproximadamente 5 MPa o menos, aproximadamente 4 MPa o menos, aproximadamente 3 MPa o menos. Preferiblemente, la capa de aislamiento de la presente divulgación, por ejemplo el aerogel, tiene un módulo de flexión de aproximadamente 2 MPa a aproximadamente 8 MPa.

En el contexto de la presente divulgación, los términos "calor de combustión", "HOC" y "ΔHC" se refieren a una medición de la cantidad de energía térmica liberada en la combustión o descomposición térmica exotérmica de un material o composición. El calor de combustión normalmente se registra en calorías de energía térmica liberada por gramo de material o composición de aerogel (cal/g), o como megajulios de energía térmica liberada por kilogramo de material o composición (MJ/kg). El calor de combustión de un material o composición puede determinarse mediante métodos conocidos en la técnica, incluidos, entre otros, los ensayos de reacción al fuego de productos: determinación del calor bruto de combustión (valor calorífico) (EN ISO 1716, Organización Internacional de Normalización, Suiza; EN adoptado). En el contexto de la presente divulgación, las mediciones del calor de combustión se adquieren de acuerdo con las normas EN ISO 1716 (Ensayos de reacción al fuego para productos - Determinación del calor bruto de combustión (poder calorífico)), salvo que se indique lo contrario.

En el contexto de la presente divulgación, todos los análisis térmicos y definiciones relacionadas se referencian con mediciones realizadas comenzando a 25 °C y aumentando a una velocidad de 20 °C por minuto hasta 1000 °C en aire a presión ambiente. En consecuencia, cualquier cambio en estos parámetros deberá tenerse en cuenta (o repetirse en estas condiciones) al medir y calcular el inicio de la descomposición térmica, la temperatura de liberación máxima de calor, la temperatura de absorción máxima de calor y similares.

En el contexto de la presente divulgación, los términos "inicio de la descomposición térmica" y "TD" se refieren a una medida de la temperatura más baja de calor ambiental a la que aparecen reacciones exotérmicas rápidas de la descomposición de material orgánico dentro de un material o composición. El inicio de la descomposición térmica de material orgánico dentro de un material o composición puede medirse mediante análisis termogravimétrico (TGA). La curva TGA de un material representa la pérdida de peso (% masa) de un material a medida que se expone a un aumento en la temperatura circundante, lo que indica descomposición térmica. El inicio de la descomposición térmica de un material puede correlacionarse con el punto de intersección de las siguientes líneas tangentes de la curva TGA: una línea tangente a la línea base de la curva TGA, y una línea tangente a la curva TGA en el punto de máxima pendiente durante el evento de descomposición exotérmica rápida relacionado con la descomposición del material orgánico. En el contexto de la presente divulgación, las mediciones del inicio de la descomposición térmica del material orgánico se adquieren utilizando el análisis TGA según lo dispuesto en este párrafo, a menos que se indique lo contrario.

El inicio de la descomposición térmica de un material también puede medirse utilizando análisis de calorimetría diferencial de barrido (DSC). La curva DSC de un material representa la energía térmica (mW/mg) liberada por un material a medida que se expone a un aumento gradual de la temperatura circundante. La temperatura de inicio de la descomposición térmica de un material puede correlacionarse con el punto de la curva DSC en el que el Δ mW/mg (cambio en la producción de energía térmica) aumenta al máximo, indicando así la producción de calor exotérmico del material de aerogel. En el contexto de la presente divulgación, las mediciones del inicio de la descomposición térmica mediante DSC, TGA, o ambos, se adquieren utilizando una velocidad de rampa de temperatura de 20 °C/min, tal como se define en el párrafo anterior, a menos que se indique expresamente lo contrario. Tanto la DSC como la TGA proporcionan valores similares para este inicio de descomposición térmica y, muchas veces, las pruebas se ejecutan simultáneamente, de modo que se obtienen resultados de ambas.

En el contexto de la presente divulgación, los términos "tiempo de llama" y "TFLAME" se refieren a una medición de la llama sostenida de un material o composición en condiciones de descomposición térmica, donde "llama sostenida" es una persistencia de la llama en cualquier parte de la parte visible de la muestra que dura 5 segundos o más. El tiempo de llama normalmente se registra en segundos o minutos. El tiempo de combustión de un material o composición puede determinarse mediante métodos conocidos en la técnica, incluidos, entre otros, los ensayos de reacción al fuego para productos de construcción y transporte: Ensayo de incombustibilidad (EN ISO 1182, Organización Internacional de Normalización, Suiza; EN adoptada). En el contexto de la presente divulgación, las mediciones del tiempo de llama se adquieren según condiciones comparables a la norma EN ISO 1182 (Ensayos de reacción al fuego para productos de construcción y transporte: Ensayo de no combustibilidad), a menos que se indique lo contrario. En ciertas realizaciones, las

composiciones de aerogel de la presente divulgación tienen un tiempo de llama de aproximadamente 30 segundos o menos, aproximadamente 25 segundos o menos, aproximadamente 20 segundos o menos, aproximadamente 15 segundos o menos, aproximadamente 10 segundos o menos, aproximadamente 5 segundos o menos, aproximadamente 2 segundos o menos, o en un rango entre cualquiera de estos dos valores. En el contexto del presente documento, por ejemplo, una primera composición que tenga un tiempo de combustión inferior al tiempo de combustión de una segunda composición se consideraría una mejora de la primera composición con respecto a la segunda. Se contempla en el presente documento que el tiempo de llama de una composición se reduce cuando se añade uno o más aditivos de clase de fuego, en comparación con una composición que no incluye ningún aditivo de clase de fuego.

En el contexto de la presente divulgación, los términos "pérdida de masa" y "ΔM" sse refieren a una medida de la cantidad de un material, composición o compuesto que se pierde o se quema en condiciones de descomposición térmica. La pérdida de masa normalmente se registra como porcentaje de peso o % en peso. La pérdida de masa de un material, composición o material compuesto puede determinarse mediante métodos conocidos en la técnica, entre los que se incluyen: Ensayos de reacción al fuego para productos de construcción y transporte: Ensayo de incombustibilidad (EN ISO 1182, Organización Internacional de Normalización, Suiza; EN adoptada). En el contexto de la presente divulgación, las mediciones de pérdida de masa se adquieren según condiciones comparables a la norma EN ISO 1182 (Ensayos de reacción al fuego para productos de construcción y transporte: Ensayo de incombustibilidad), a menos que se indique lo contrario. En ciertas realizaciones, las composiciones de capa de aislamiento o de aerogel de la presente divulgación pueden tener una pérdida de masa de aproximadamente 50 % o menos, aproximadamente 40 % o menos, aproximadamente 30 % o menos, aproximadamente 28 % o menos, aproximadamente 26 % o menos, aproximadamente 24 % o menos, aproximadamente 22 % o menos, aproximadamente 20 % o menos, aproximadamente 18 % o menos, aproximadamente 16 % o menos, o en un rango entre cualquiera de estos dos valores. En el contexto del presente documento, por ejemplo, una primera composición con una pérdida de masa inferior a la pérdida de masa de una segunda composición se consideraría una mejora de la primera composición con respecto a la segunda. Se contempla aquí que la pérdida de masa de una composición se reduce al añadir uno o más aditivos de clase de fuego, en comparación con una composición que no incluye ningún aditivo de clase de fuego.

En el contexto de la presente divulgación, los términos «temperatura de pico de liberación de calor» se refieren a una medida de la temperatura del calor ambiental en la que la liberación de calor exotérmico de la descomposición es máxima. La temperatura de pico de liberación de calor de un material o composición puede medirse mediante análisis TGA, calorimetría diferencial de barrido (DSC) o una combinación de los mismos. Tanto el DSC como el TGA proporcionan valores similares para la temperatura de pico de liberación de calor y, muchas veces, las pruebas se realizan simultáneamente, de modo que se obtienen resultados de ambas. En un análisis DSC típico, el flujo de calor se grafica en función de la temperatura ascendente y la temperatura de liberación máxima de calor es la temperatura en la que se produce el pico más alto en dicha curva. En el contexto de la presente divulgación, las mediciones de la temperatura de pico de desprendimiento de calor de un material o composición se adquieren mediante análisis TGA como se indica en este párrafo, a menos que se indique lo contrario.

En el contexto de un material endotérmico, los términos «temperatura de pico de absorción de calor» se refieren a una medida de la temperatura del calor ambiental en la que la absorción de calor endotérmico de la descomposición es mínima. La temperatura de pico de absorción de calor de un material o composición puede medirse mediante análisis TGA, calorimetría diferencial de barrido (DSC) o una combinación de los mismos. En un análisis DSC típico, el flujo de calor se representa gráficamente frente a la temperatura ascendente y la temperatura del pico de absorción de calor es la temperatura a la que se produce el pico más bajo de dicha curva. En el contexto de la presente divulgación, las mediciones de la temperatura de pico de absorción de calor de un material o composición se adquieren mediante análisis TGA como se indica en este párrafo, a menos que se indique lo contrario.

En el contexto de la presente divulgación, el término "baja inflamabilidad" y "poco inflamable" se refieren a un material o composición que satisface la siguiente combinación de propiedades: i) un aumento de temperatura del horno de 50 °C o menos; ii) un tiempo de llama de 20 segundos o menos; y iii) una pérdida de masa del 50 % en peso o menos. En el contexto de la presente divulgación, los términos "no inflamable" y "no inflamable" se refieren a un material o composición que satisface la siguiente combinación de propiedades: i) un aumento de temperatura del horno de 40°C o menos; ii) un tiempo de llama de 2 segundos o menos; y iii) una pérdida de masa de 30 % peso o menos. Se contempla que la inflamabilidad (por ejemplo, la combinación de aumento de temperatura del horno, tiempo de llama y pérdida de masa) de una composición se reduce al incluir uno o más aditivos de clase de fuego, como se describe en el presente documento.

En el contexto de la presente divulgación, el término "baja combustibilidad" y "poco combustible" se refieren a un material o composición poco inflamable que tiene un calor de combustión total (HOC) menor o igual a 3 MJ/kg. En el contexto de la presente divulgación, los términos "incombustibilidad" e "incombustible" se refieren a un material o composición no inflamable cuyo calor de combustión (HOC) es inferior o igual a 2 MJ/kg. Se

contempla que el HOC de una composición se reduce tras la inclusión de uno o más aditivos de clase de fuego, como se describe en el presente documento.

Uso de las barreras de aislamiento dentro del módulo o paquete de baterías

Las baterías de iones de litio (LIB) se consideran una de las tecnologías de almacenamiento de energía más importantes debido a su alto voltaje de trabajo, sus bajos efectos de memoria y su alta densidad energética en comparación con las baterías tradicionales. Sin embargo, los problemas de seguridad son un obstáculo importante que dificulta las aplicaciones a gran escala de las LIB. En condiciones de abuso, las reacciones exotérmicas pueden provocar la liberación de calor que puede desencadenar reacciones peligrosas posteriores. La situación empeora, ya que el calor liberado por una célula maltratada puede activar una cadena de reacciones, provocando un desbocamiento térmico catastrófico.

Con la mejora continua de las LIBs en densidad energética, mejorar su seguridad es cada vez más urgente para el desarrollo de dispositivos eléctricos, por ejemplo, vehículos eléctricos. Los mecanismos subyacentes a los problemas de seguridad varían en función de la composición química de las baterías. La tecnología actual se centra en la adaptación de la barrera aislante y las configuraciones correspondientes de esas barreras adaptadas para obtener propiedades térmicas y mecánicas favorables. Las barreras de aislamientos de la presente tecnología proporcionan estrategias eficaces de disipación del calor tanto en condiciones normales como en condiciones de fuga térmica, al tiempo que garantizan la estabilidad de la LIB en modos de funcionamiento normales (por ejemplo, soportando las tensiones de compresión aplicadas).

Las barreras de aislamientos descritas en el presente documento son útiles para separar, aislar y proteger elementos de baterías o componentes de baterías de cualquier configuración, por ejemplo, células en bolsa, células cilíndricas, células prismáticas, así como paquetes y módulos que incorporen o incluyan cualquiera de dichas células. Las barreras de aislamientos aquí divulgadas son útiles en baterías recargables, por ejemplo, baterías de iones de litio, baterías de estado sólido y cualquier otro dispositivo o tecnología de almacenamiento de energía en el que sean necesarias la separación, el aislamiento y la protección.

Se pueden utilizar dispositivos pasivos tales como sistemas de enfriamiento junto con las barreras de aislamientos de la presente divulgación dentro del módulo de batería o paquete de batería.

La barrera aislante según diversas realizaciones de la presente divulgación en un paquete de baterías que incluye una pluralidad de celdas de batería individuales o de módulos de celdas de batería para separar térmicamente entre sí dichas celdas de batería individuales o módulos de celdas de batería. Un módulo de batería se compone de múltiples celdas de batería dispuestas en un solo recinto. Un paquete de baterías se compone de múltiples módulos de baterías.

Los módulos de batería y los paquetes de baterías se pueden utilizar para suministrar energía eléctrica a un dispositivo o vehículos. Entre los dispositivos que utilizan módulos de baterías o paquetes de baterías se incluyen, entre otros, un ordenador portátil, un PDA, un teléfono móvil, un escáner de etiquetas, un dispositivo de audio, un dispositivo de vídeo, un panel de visualización, una cámara de vídeo, una cámara digital, ordenadores de sobremesa, ordenadores portátiles militares, teléfonos militares, telémetros láser, dispositivos de comunicación digital, sensores de recogida de información, prendas integradas electrónicamente, equipos de visión nocturna, herramientas eléctricas, calculadoras, radios, aparatos teledirigidos, dispositivos GPS, televisores portátiles y de mano, arrancadores de coche, linternas, dispositivos acústicos, aparatos de calefacción portátiles, aspiradoras portátiles o herramientas médicas portátiles. Cuando se utiliza en un vehículo, un paquete de baterías se puede utilizar para un vehículo totalmente eléctrico o en un vehículo híbrido.

REIVINDICACIONES

1. Una barrera aislante para su uso en un sistema de almacenamiento de energía eléctrica, la barrera aislante que comprende:

al menos una capa de aislamiento que tenga una conductividad térmica a través de una dimensión de espesor de dicha capa de aislamiento adquirida según la norma ASTM C518 a una temperatura de unos 37,5 °C a presión atmosférica en ambiente, y bajo una carga de compresión de unos 2 psi de menos de unos 50 mW/m-K a 25 °C y menos de unos 60 mW/m-K a 600 °C;

un miembro de soporte que rodea al menos una parte de un perímetro de la capa de aislamiento,

el miembro de soporte tiene un módulo de flexión mayor que el módulo de flexión de la capa de aislamiento;

una capa de encapsulación que rodea al menos parcialmente la capa de aislamiento, en donde la capa de encapsulación tiene la forma de una película, una envoltura o una bolsa y entra en contacto con al menos una parte del miembro de soporte; y

una o más almohadillas adhesivas acopladas a la capa de encapsulación.

2. La barrera aislante de la reivindicación 1, en la que el miembro de soporte está compuesto de un material que es diferente de un material utilizado para la capa de aislamiento.

3. La barrera aislante de la reivindicación 1 o 2, en donde la barrera aislante comprende dos miembros de soporte colocados en lados opuestos de la capa de aislamiento.

4. La barrera aislante de la reivindicación 1 o 2, en la que la barrera aislante comprende un miembro de soporte en forma de U.

5. La barrera aislante de cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde el miembro de soporte está compuesto de un material polimérico.

6. La barrera aislante de cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde el miembro de soporte tiene un módulo de flexión determinado mediante el ensayo de flexión en tres puntos superior a 100 MPa.

7. La barrera aislante de cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde el miembro de soporte comprende un material intumescente.

8. La barrera aislante de cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en la que el miembro de soporte comprende uno o más elementos de registro, en la que los elementos de registro se acoplan con una guía de registro, en la que la guía de registro alinea una pluralidad de barreras de aislamientos y celdas de batería entre sí.

9. La barrera aislante de cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en donde el miembro de soporte tiene un espesor menor que el espesor de la capa de aislamiento.

10. La barrera aislante de cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en donde la capa de aislamiento comprende un aerogel.

11.La barrera aislante de cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en donde la capa de encapsulación comprende un material polimérico.

12. La barrera aislante de una cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en donde la capa de encapsulación comprende un material polimérico y una capa metálica incrustada en el material polimérico.

13. La barrera aislante de cualquiera de las reivindicaciones 1-12, en donde la capa de encapsulación está unida al miembro de soporte.

14. La barrera aislante de cualquiera de las reivindicaciones 1-13, en donde la capa de encapsulación rodea la capa de aislamiento y el miembro de soporte, y en donde la capa de encapsulación está sellada a sí misma para formar un recinto que rodea al menos parcialmente la capa de aislamiento.

15. La barrera aislante de cualquiera de las reivindicaciones 1-14, en donde la capa de encapsulación comprende una porción de extensión que se extiende más allá de una porción del miembro de soporte, en donde, durante el uso, la porción de extensión entra en contacto con una superficie interior de un recinto que contiene la barrera aislante.

16.Un módulo de batería que comprende:

una pluralidad de celdas de batería, y

una o más barreras de aislamientos según cualquiera de las reivindicaciones 1-15, en donde al menos una barrera aislante está dispuesta entre celdas de batería adyacentes.

17.El módulo de batería de la reivindicación 16, en donde las celdas de la batería están dispuestas en una carcasa, y en el que una o más lengüetas de sellado están acopladas a la carcasa, las lengüetas de sellado están hechas de un material con memoria de forma, en el que, cuando se someten a calor, las lengüetas de sellado se extienden fuera de la carcasa hacia una o más barreras de aislamientos.

18. Un sistema de energía eléctrica que comprende uno o más módulos de batería como se describe en la reivindicación 16 o 17.

19. Un dispositivo o vehículo que comprende un módulo de batería según la reivindicación 16 o 17.

20. El dispositivo de la reivindicación 19, en el que dicho dispositivo es un ordenador portátil, PDA, teléfono móvil, escáner de etiquetas, dispositivo de audio, dispositivo de vídeo, panel de visualización, cámara de vídeo, cámara digital, ordenadores de sobremesa, ordenadores portátiles militares, teléfonos militares, telémetros láser, dispositivo de comunicación digital, sensor de recopilación de inteligencia, ropa integrada electrónicamente, equipo de visión nocturna, herramienta eléctrica, calculadora, radio, aparato teledirigido, dispositivo GPS, televisión portátil y de mano, arrancadores de coche, linternas, dispositivos acústicos, dispositivo de calefacción portátil, aspiradora portátil o una herramienta médica portátil.

21. El vehículo de la reivindicación 19, en donde el vehículo es un vehículo eléctrico.

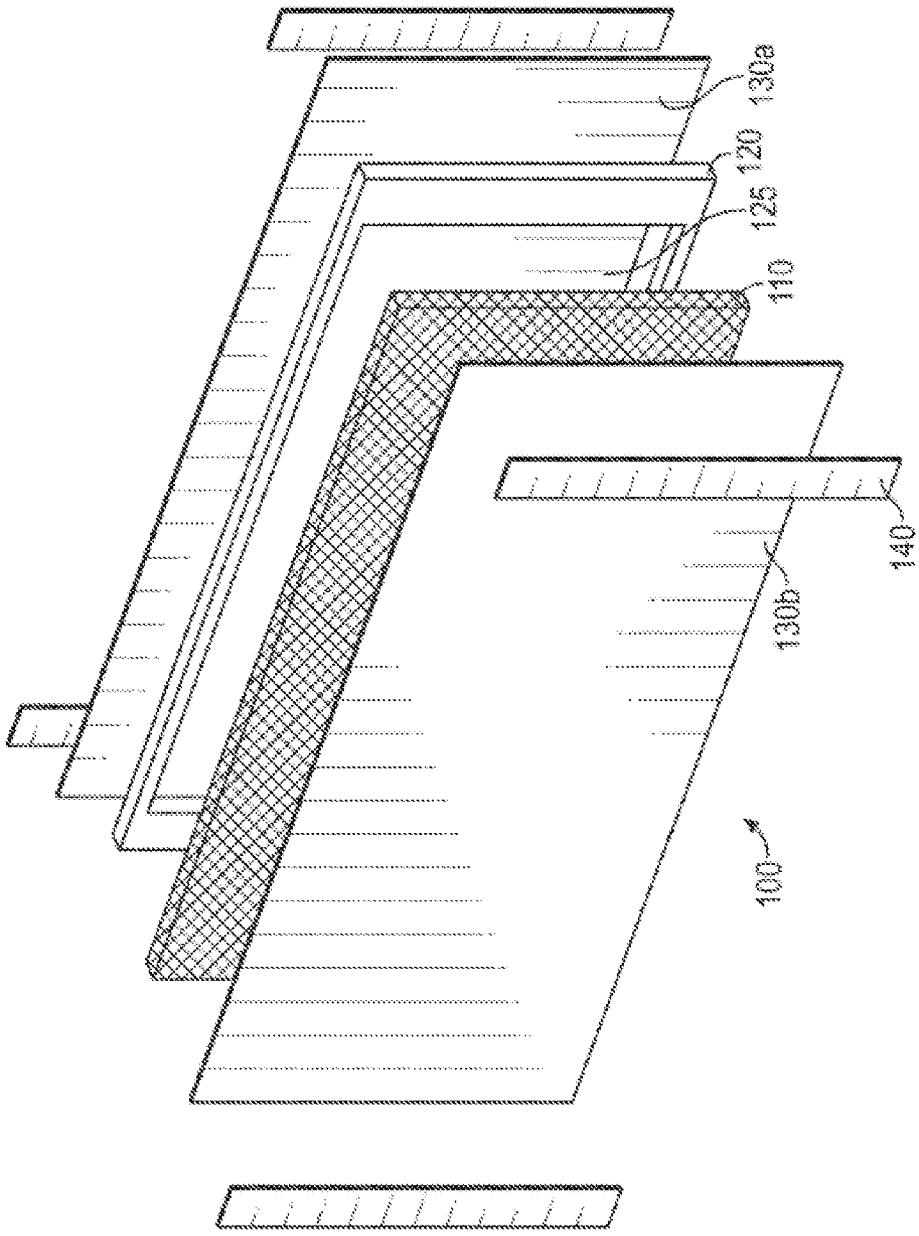

FIG. 1

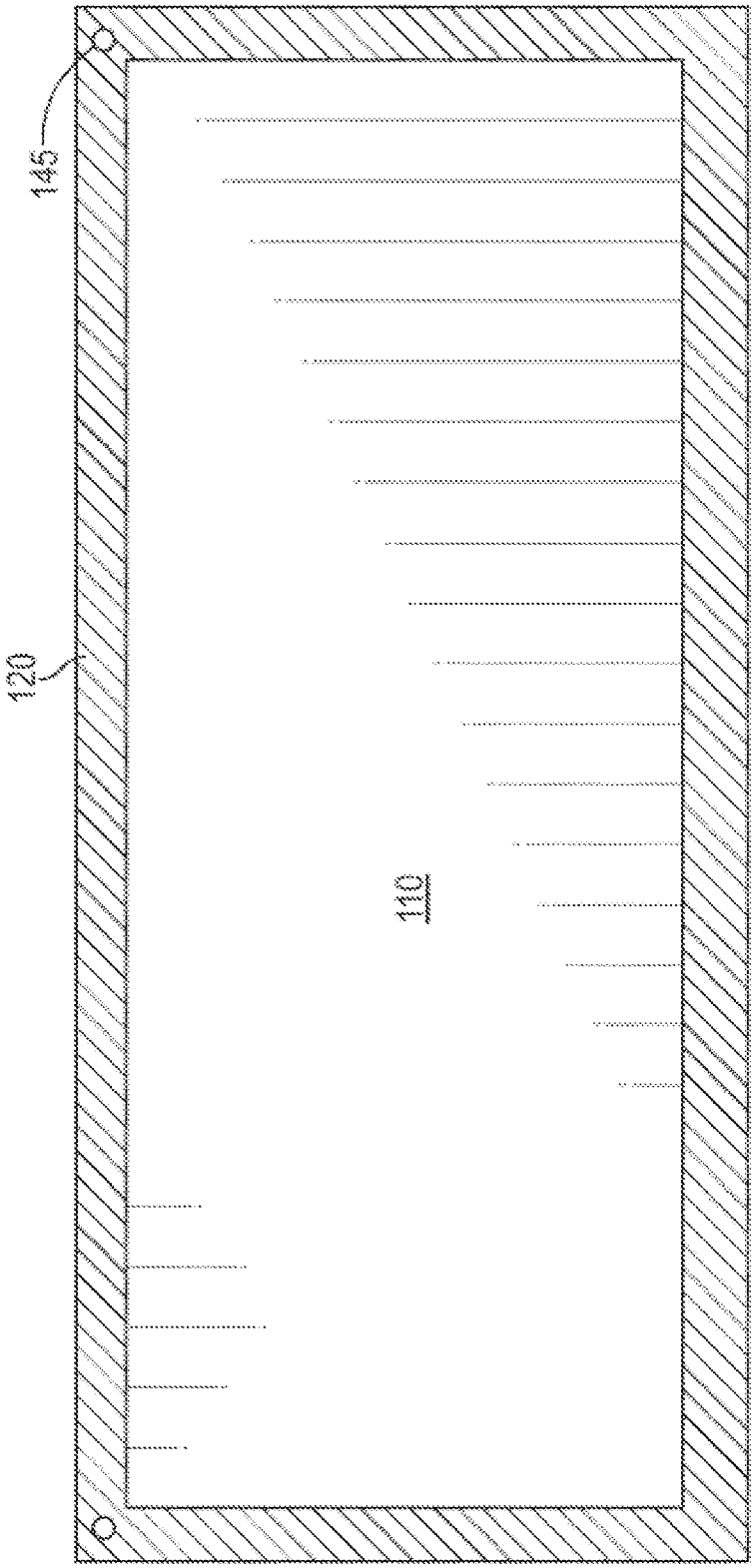

FIG. 2

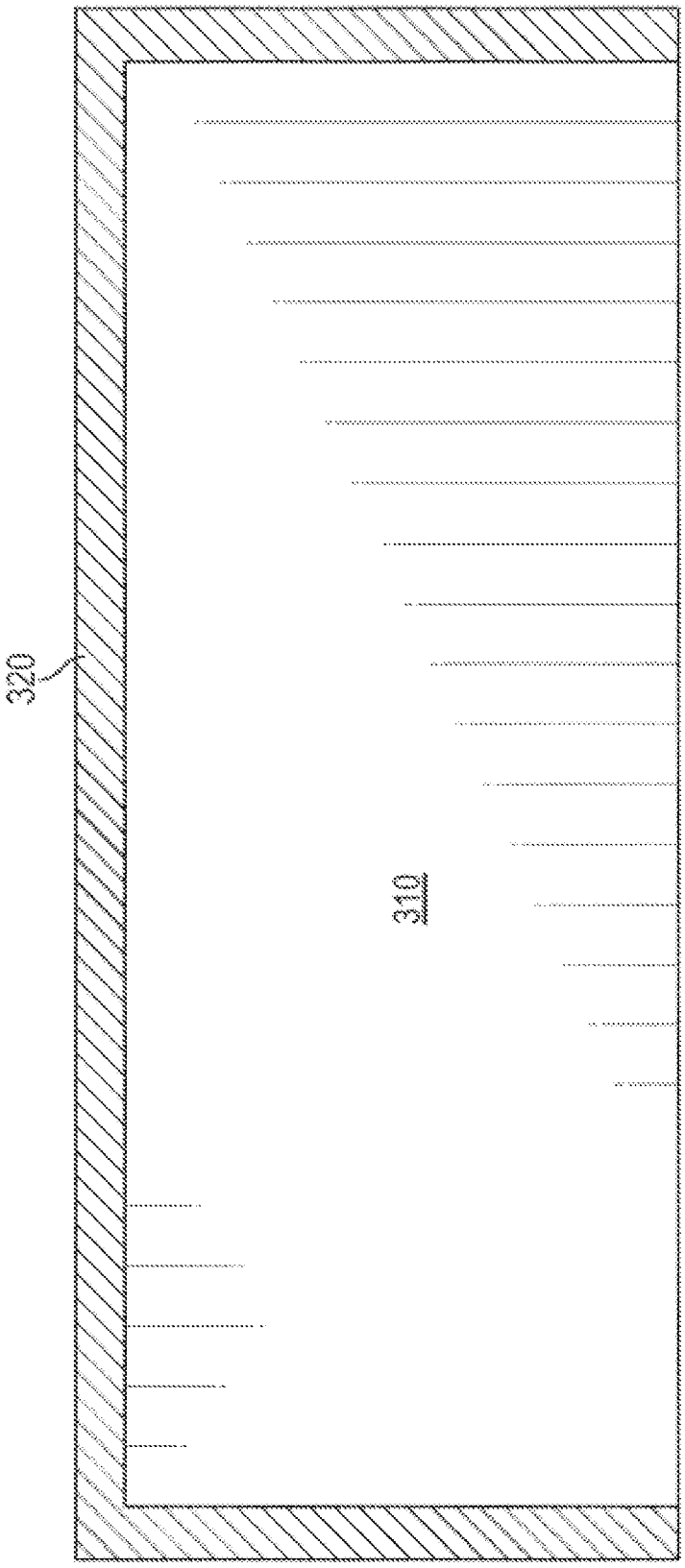

FIG. 3

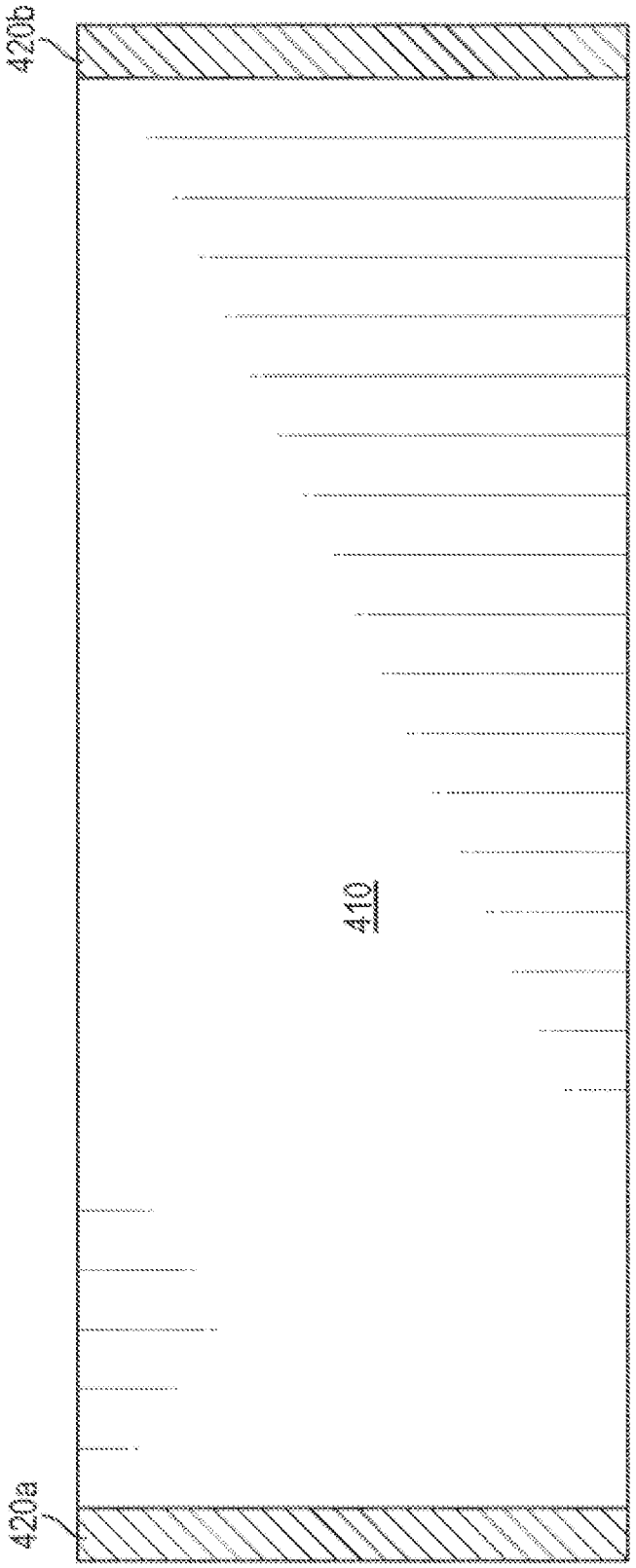

FIG. 4

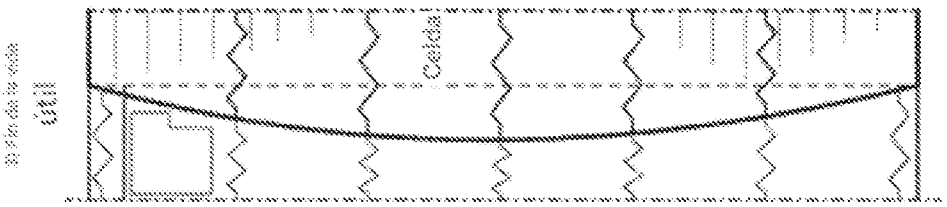

FIG. 5C

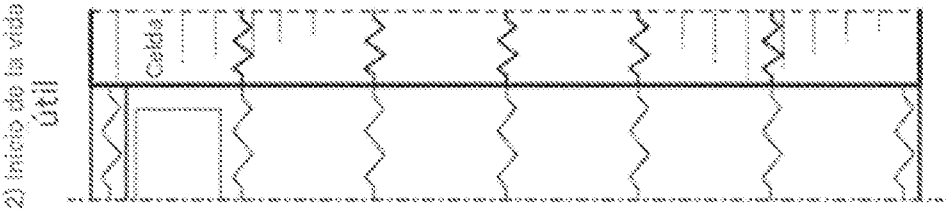

FIG. 5B

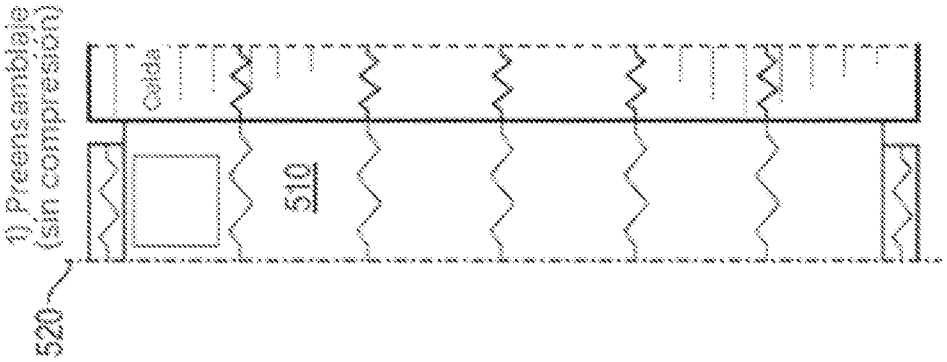

FIG. 5A

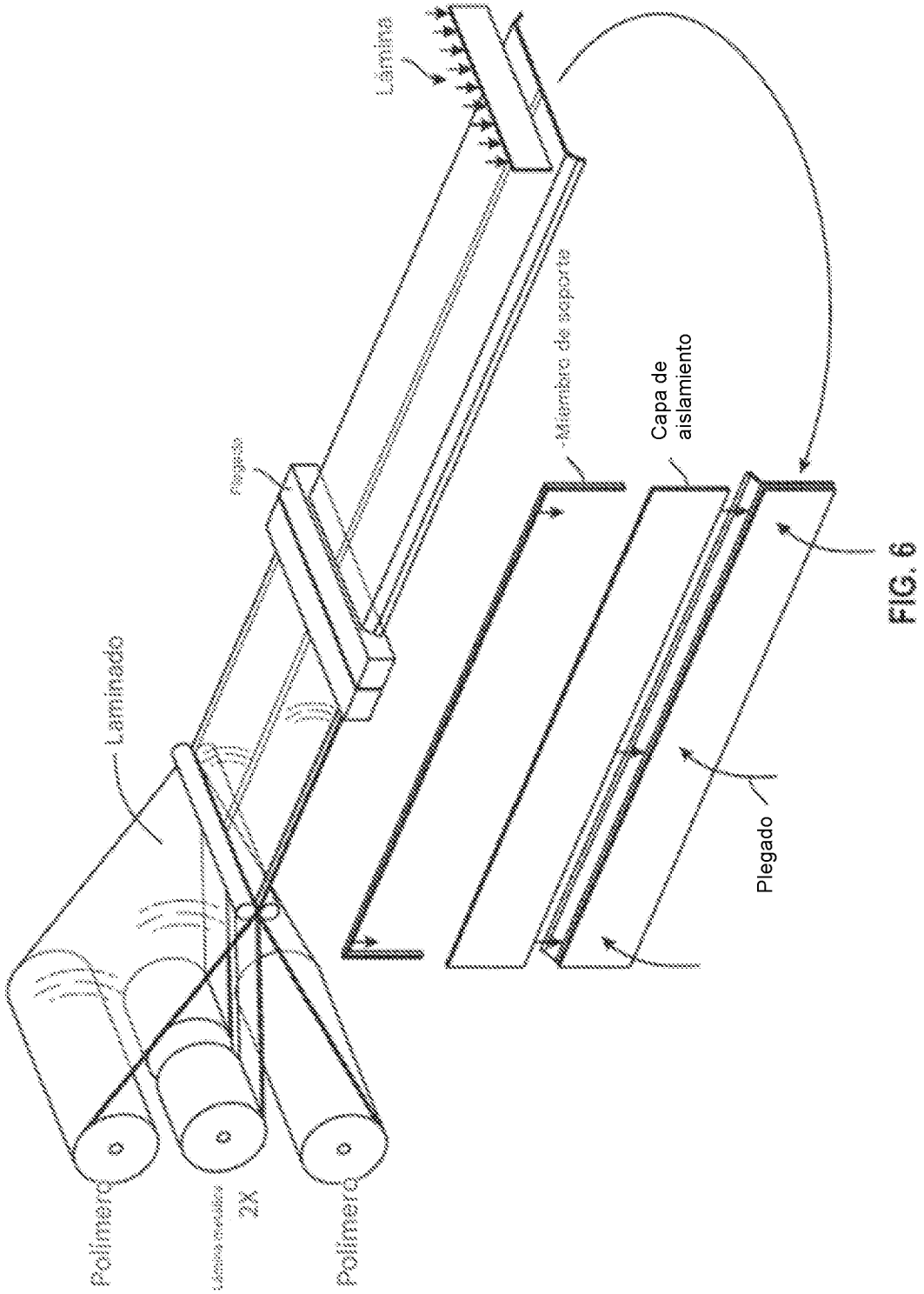
Lámina
Miembro de soporte
Capa de aislamiento
Plegado
Laminado
2X
Polímero
Polímero

FIG. 6

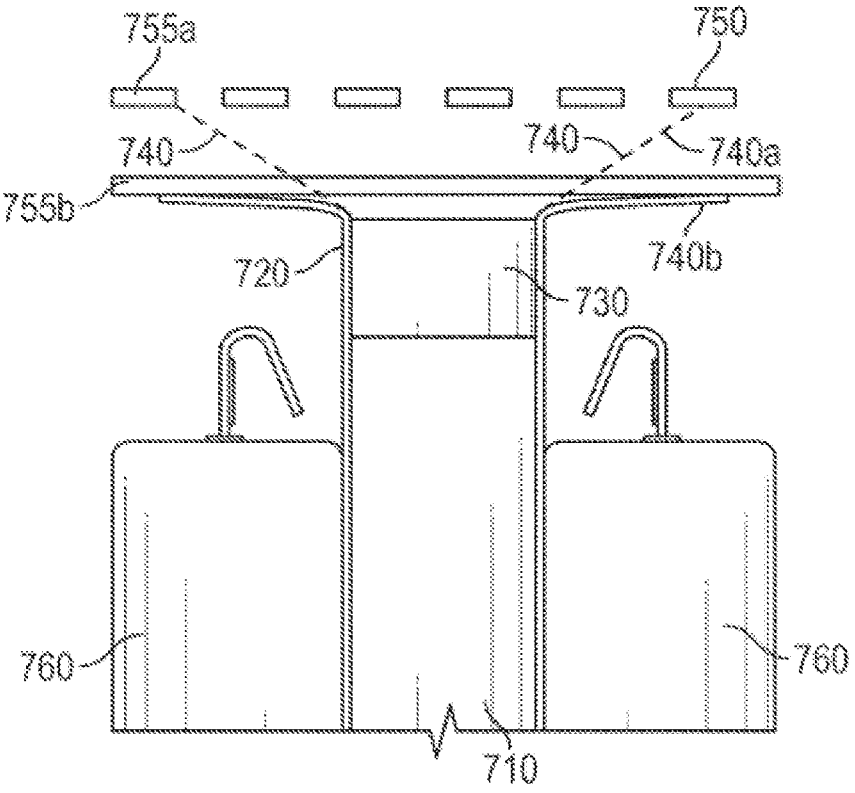

FIG. 7

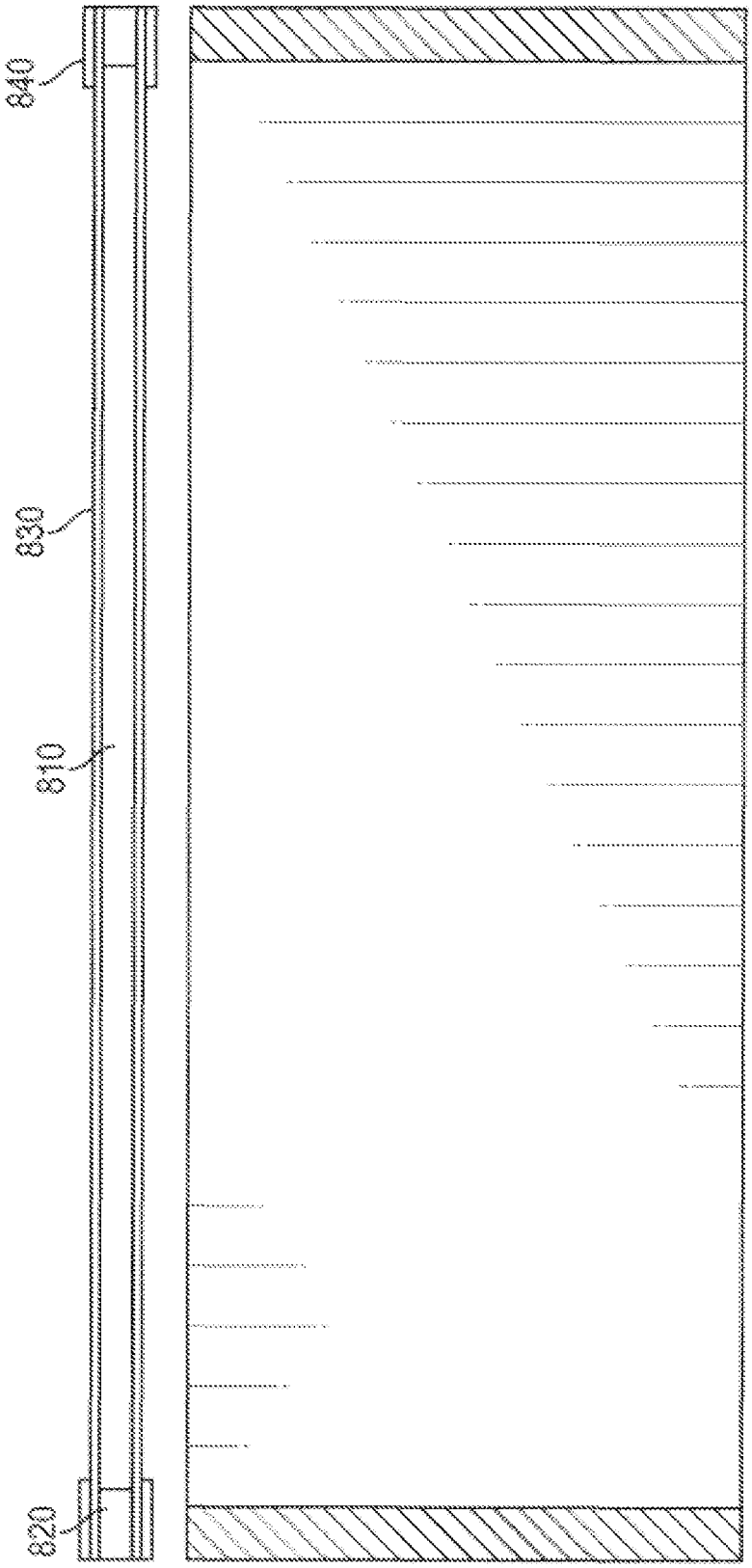

FIG. 8

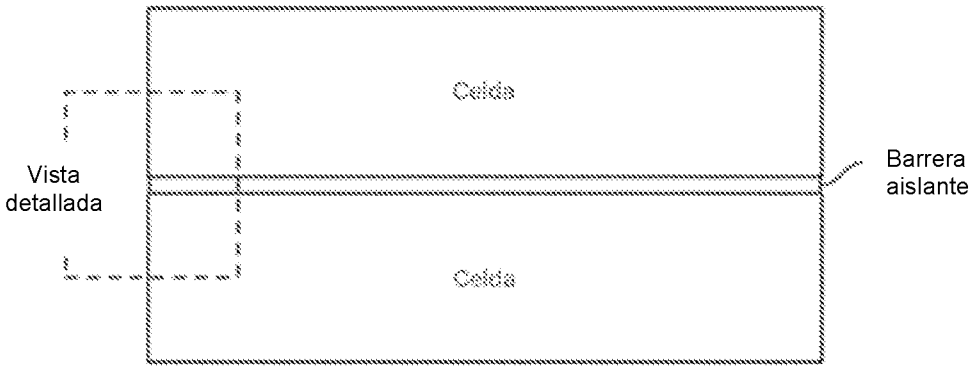

FIG. 9A

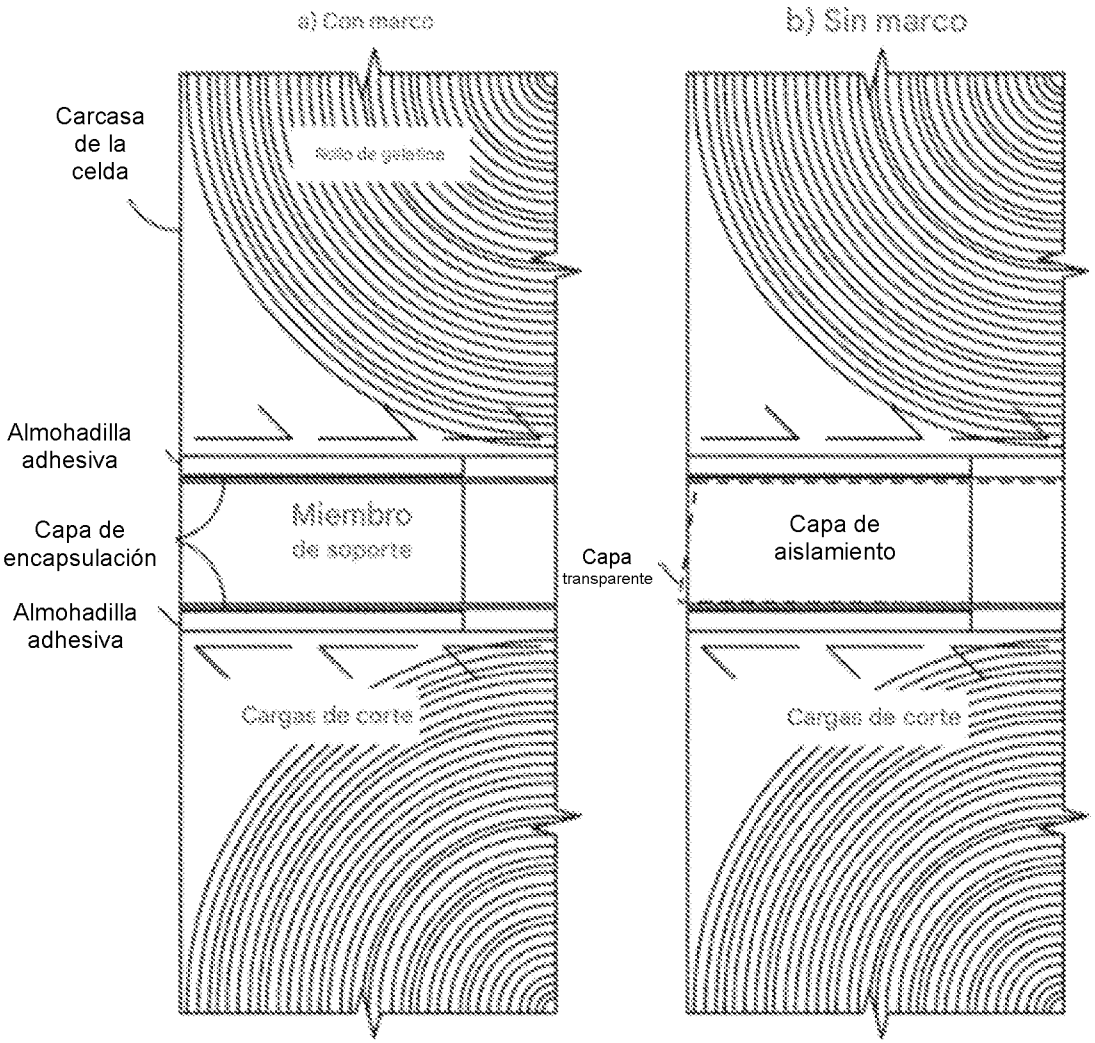

FIG. 9B

FIG. 9C

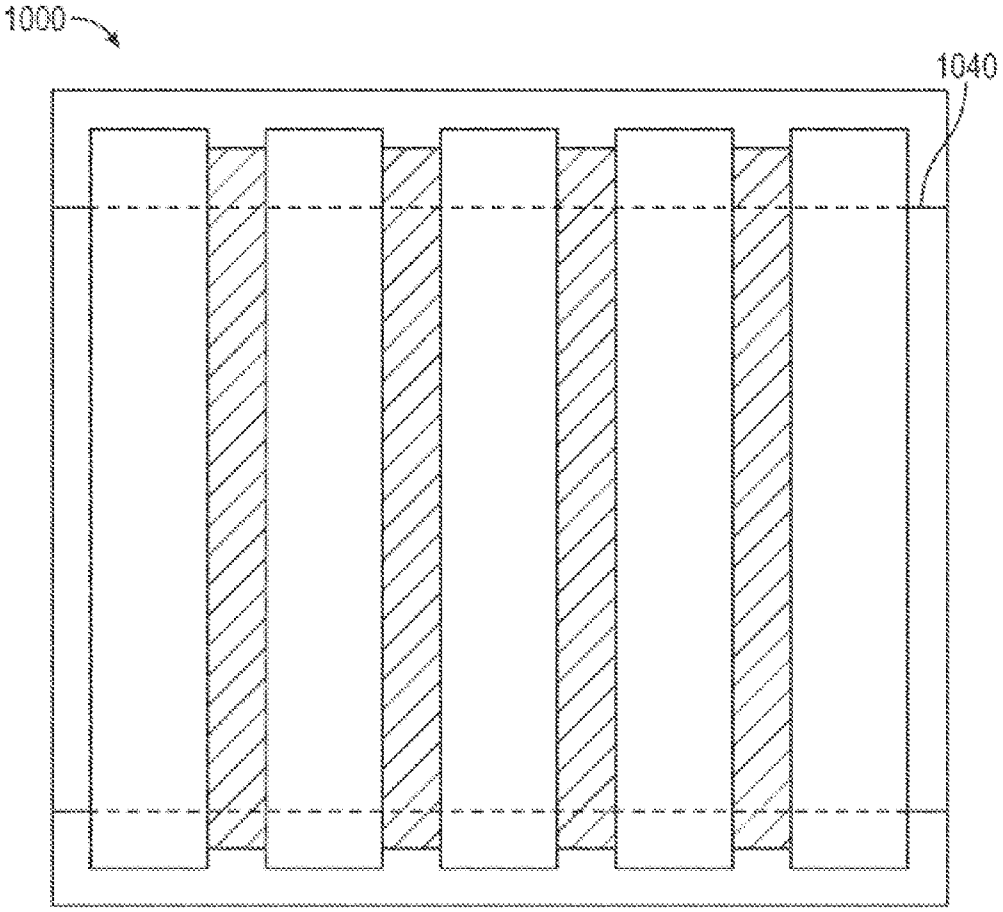

FIG. 10

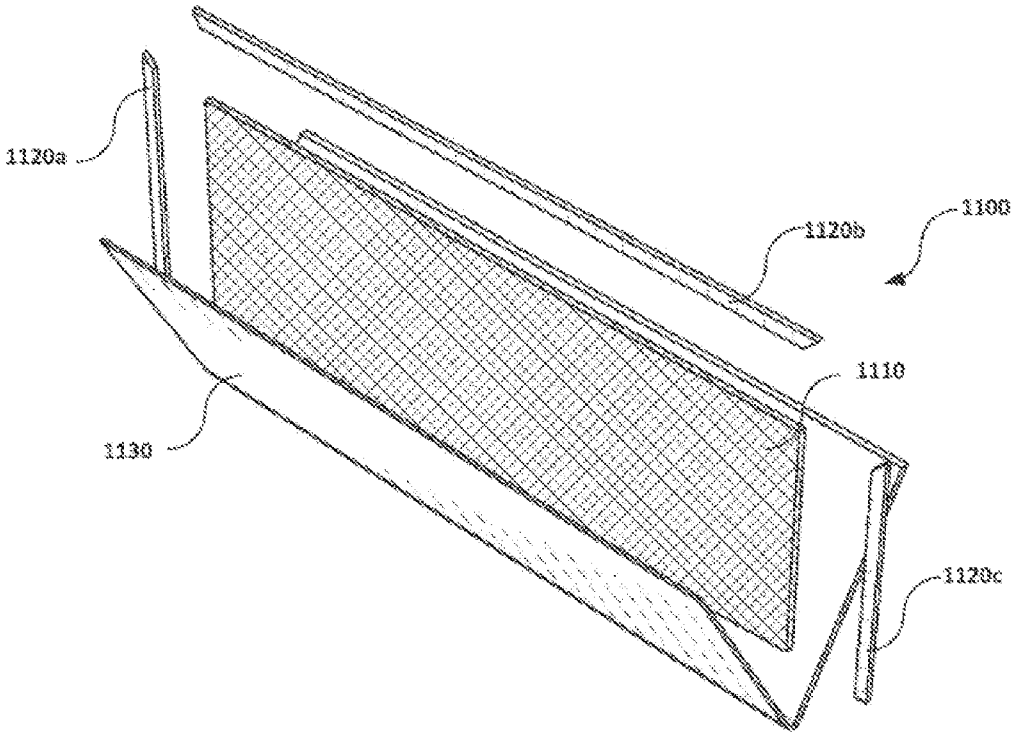

FIG. 11

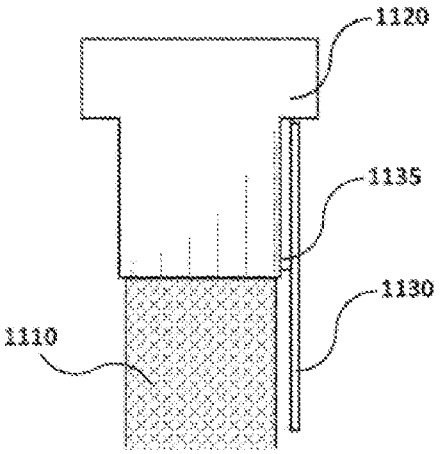

FIG. 12

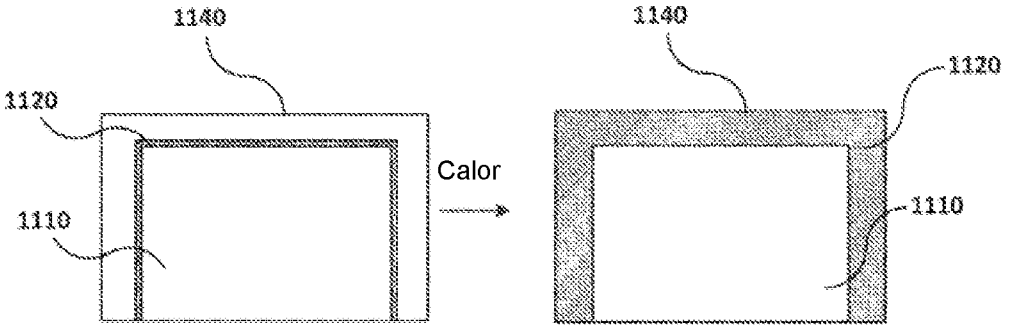

FIG. 13

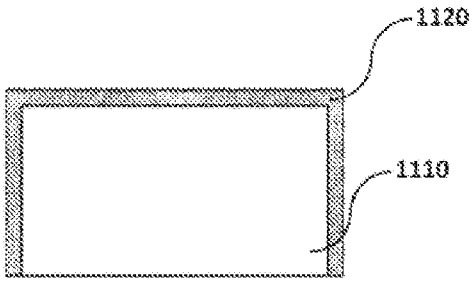

FIG. 14

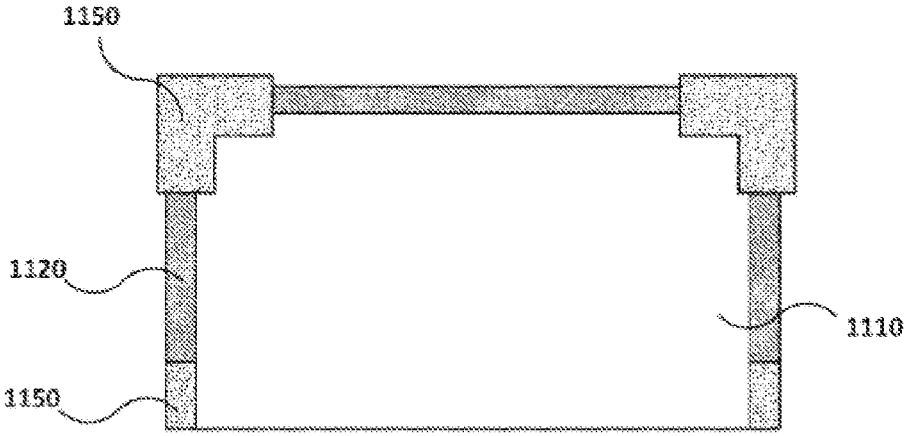

FIG. 15

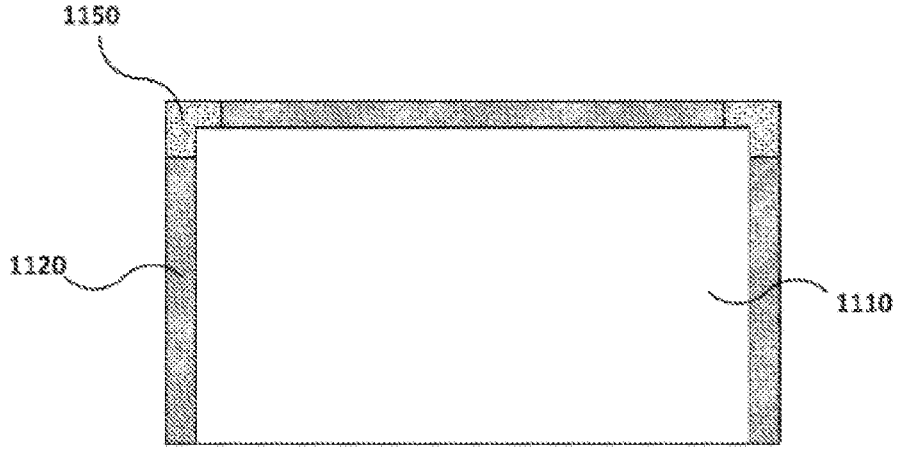

FIG. 16

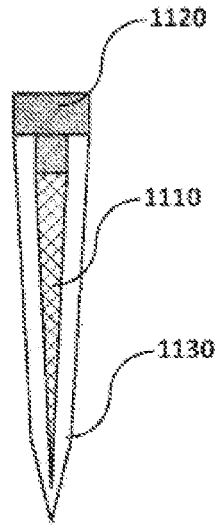

FIG. 17

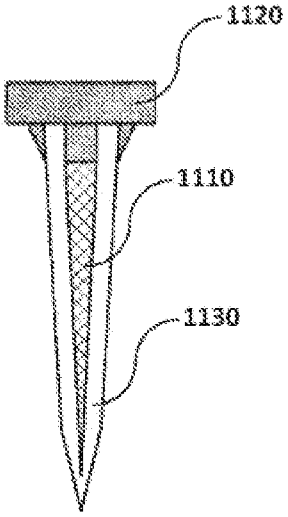

FIG. 18

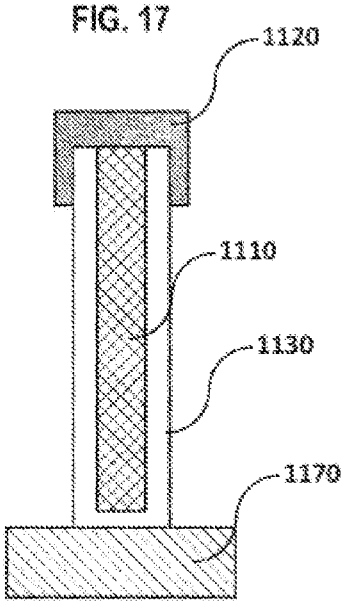

FIG. 19

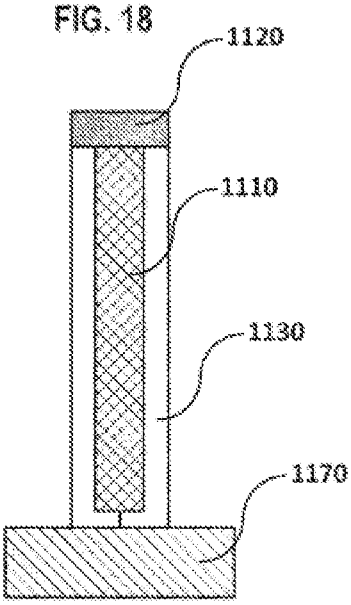

FIG. 20

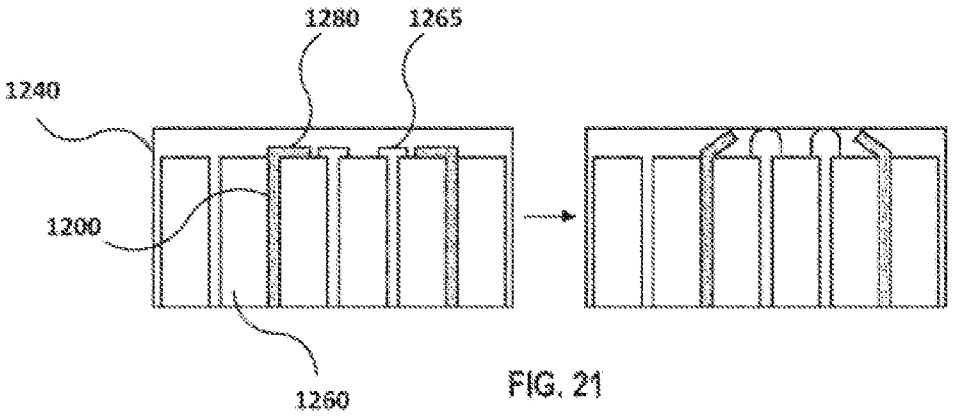

FIG. 21

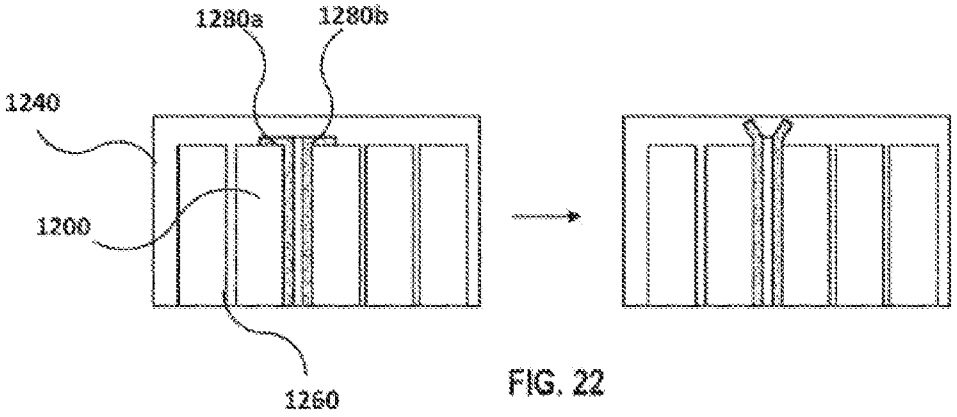

FIG. 22

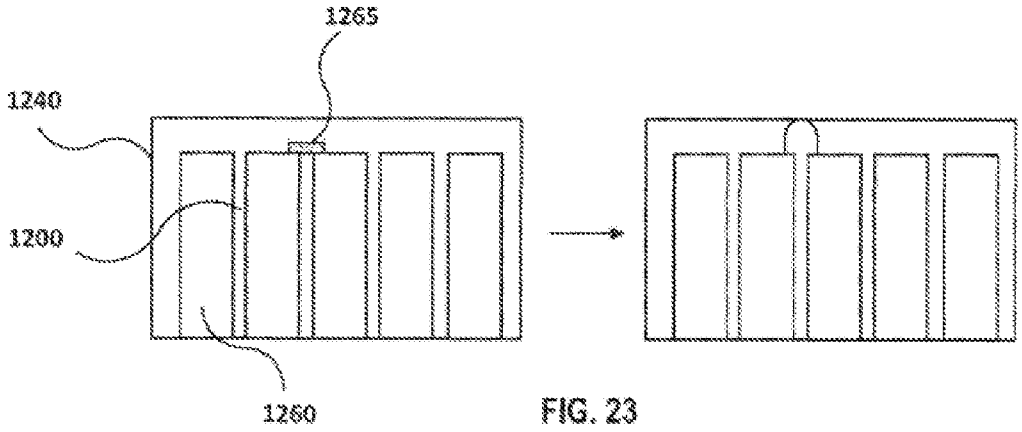

FIG. 23

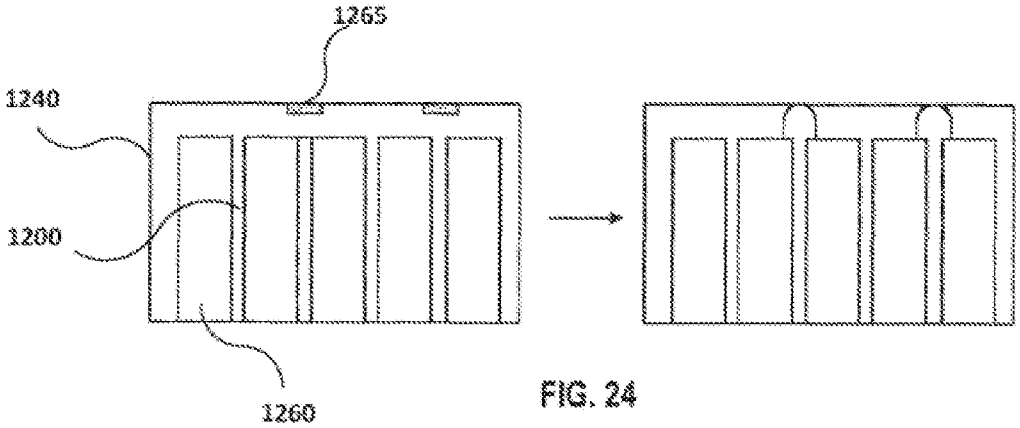

FIG. 24