

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11) Número de publicación: **2 709 604**

51) Int. Cl.:

**H01M 10/04** (2006.01)

**H01M 10/058** (2010.01)

**H01M 10/659** (2014.01)

**H01M 10/653** (2014.01)

**H01M 2/10** (2006.01)

**H01M 10/6552** (2014.01)

**H01M 10/6569** (2014.01)

**H01M 10/623** (2014.01)

**H01M 10/0525** (2010.01)

**H01M 10/613** (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.02.2016 PCT/US2016/019910**

87) Fecha y número de publicación internacional: **01.09.2016 WO16138463**

96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.02.2016 E 16756501 (9)**

97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.01.2019 EP 3262705**

54) Título: **Dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica con canales de fluidos conformables in situ**

30) Prioridad:

**27.02.2015 US 201562126223 P**

**18.03.2015 TW 104108583**

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

**16.04.2019**

73) Titular/es:

**GOGORO INC. (100.0%)  
3806 Central Plaza 18 Harbour Road  
Wanchai, Hong Kong, CN**

72) Inventor/es:

**LIU, TAI-TSUN;  
YANG, CHIAN-PENG;  
LIN, YI-HSIANG y  
LUKE, HOK-SUM HORACE**

74) Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

ES 2 709 604 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica con canales de fluidos conformables in situ

## 5 ANTECEDENTES

**Campo técnico**

10 Las realizaciones descritas en el presente documento se refieren a dispositivos portátiles de almacenamiento de energía eléctrica, tales como los utilizados en dispositivos eléctricos, tales como vehículos, y sistemas electrónicos de consumo y sistemas de mitigación de escape térmico para tales dispositivos portátiles de almacenamiento de energía eléctrica.

**Descripción de la técnica relacionada**

15 Las baterías tales como las de iones de litio son conocidas por empaquetar más energía en unidades más pequeñas y livianas. Las baterías de iones de litio han encontrado una amplia aplicación en la alimentación de dispositivos electrónicos portátiles tales como teléfonos celulares, tabletas, ordenadores portátiles, herramientas eléctricas y otros equipos de alta corriente. El bajo peso y la alta densidad de energía también hacen que las baterías de iones de litio sean atractivas para su uso en vehículos híbridos y vehículos completamente eléctricos.

20 Un defecto potencial de las baterías de iones de litio son sus soluciones de electrolitos. A diferencia de otros tipos de baterías, en las cuales los electrolitos consisten en soluciones acuosas de ácido o base, el electrolito en las celdas de iones de litio consiste típicamente en sales de litio en solventes orgánicos tales como carbonato de etileno y carbonato de etilmetilo (que pueden ser inflamables).

25 Bajo operación normal, la carga de una batería de iones de litio hace que los iones de litio en la solución de electrolito migren desde el cátodo a través de un delgado separador de polímero poroso y se inserten en el ánodo. Los electrones de equilibrio de carga también se mueven hacia el ánodo, pero viajan a través de un circuito externo en el cargador. Al descargarse, se produce el proceso inverso y los electrones fluyen a través del dispositivo que se está alimentando.

30 En circunstancias muy raras, puede producirse un cortocircuito interno o externo de una batería de iones de litio. Por ejemplo, el dispositivo eléctrico que contiene la batería de iones de litio puede sufrir un impacto grave o una descarga que provoque un fallo en la batería, lo que podría provocar un cortocircuito. Debido a la naturaleza delgada del separador de polímero, las partículas metálicas del tamaño de un micrómetro generadas durante el corte, el prensado, el esmerilado u otras etapas de fabricación de la batería pueden estar presentes o llegar a la celda de la batería. Estas pequeñas partículas metálicas pueden acumularse y eventualmente formar un cortocircuito entre el ánodo y el cátodo. Estos cortocircuitos deben evitarse, porque pueden dar lugar a temperaturas a las que el cátodo puede reaccionar y descomponer la solución de electrolito, generando calor y gases reactivos tales como hidrocarburos. Normalmente, a 35 temperaturas normales de funcionamiento, las baterías de iones de litio son muy estables; sin embargo, por encima de cierta temperatura, la estabilidad de la batería de iones de litio se vuelve menos predecible y, a una temperatura elevada, las reacciones químicas dentro de la carcasa de la batería se producirán gases que resultarán en un aumento de la presión interna dentro de la carcasa de la batería. Estos gases pueden reaccionar aún más con el cátodo, liberando más calor y produciendo temperaturas dentro o adyacentes a la batería, que pueden encender el electrolito en presencia de oxígeno. Cuando el electrolito se quema, se producen pequeñas cantidades de oxígeno, lo que puede ayudar a alimentar la combustión. En algún momento, la acumulación de presión dentro de la carcasa de la batería da como resultado la ruptura de la carcasa de la batería. Con la exposición a más oxígeno, el gas que se escapa puede inflamarse y arder. Algunos fabricantes de baterías diseñan sus celdas, por lo que, en el improbable caso de que una celda se rompa y se encienda, los gases que soportan la combustión salen de la celda en ubicaciones y direcciones 45 predeterminadas. Por ejemplo, las celdas de batería en forma de celdas AAA o AA convencionales pueden diseñarse para ventilar desde los extremos terminales ubicados en cada extremo de la celda.

50 En aplicaciones donde solo se utiliza una sola batería de iones de litio, el fallo de una batería y el potencial de combustión crea una situación indeseable. La gravedad de esta situación aumenta cuando se despliega una pluralidad de baterías de iones de litio en forma de un banco o módulo de baterías. La combustión que se produce cuando falla una batería de iones de litio puede producir temperaturas locales por encima de la temperatura a la que otras baterías de iones de litio son normalmente estables, lo que hace que estas otras baterías fallen, se rompan y ventilen los gases que se encienden y queman. Por lo tanto, es posible que la ruptura de una sola celda en un banco de celdas de iones de litio provoque que otras celdas en el banco se rompan y descarguen los gases que se encienden y queman. 60 Afortunadamente, las baterías de iones de litio han demostrado ser muy seguras, y el fallo y la consiguiente ruptura de una batería de iones de litio es un evento muy raro. No obstante, se han realizado esfuerzos para reducir el riesgo de rotura e ignición de los gases que salen de una batería rota de iones de litio. Por ejemplo, el desarrollo de los materiales utilizados para los cátodos ha producido materiales de cátodo a base de litio que toleran el calor mejor que los cátodos hechos del óxido de cobalto de litio ampliamente utilizado. Si bien estos materiales desarrollados más recientemente pueden ser más tolerantes al calor, este beneficio tiene un precio. Por ejemplo, los cátodos de óxido de manganeso y litio tienen una capacidad de carga menor que el óxido de cobalto de litio y aún se descomponen a 65

altas temperaturas. Los cátodos de fosfato de litio y hierro son especialmente resistentes al abuso térmico; sin embargo, su tensión de operación y densidad de energía en una base de volumen son más bajos que los de los cátodos de óxido de cobalto de litio.

5 Otros esfuerzos se han centrado en el separador de polímero y su diseño. Por ejemplo, se ha propuesto utilizar un separador de polímero que empareda una capa de polietileno entre dos capas de polipropileno en un esfuerzo por proporcionar un grado de protección contra el sobrecalentamiento leve. Cuando la temperatura de la celda comienza a aproximarse a aquella en la que la estabilidad de la celda se vuelve impredecible, el polietileno se funde y tapa los poros del polipropileno. Cuando los poros de un polipropileno están tapados por el polietileno, la difusión de litio se  
10 bloquea, cerrando efectivamente la celda antes de que tenga la oportunidad de encenderse. Otros esfuerzos se han centrado en utilizar separadores de polímeros con puntos de fusión más altos que el polipropileno. Por ejemplo, se ha propuesto que los separadores hechos de poliimidaz y los separadores hechos de polietileno de alto peso molecular y una capa cerámica incrustada formen un separador de polímero de punto de fusión más alto y robusto. También se  
15 ha investigado la formulación y la utilización de electrolitos menos inflamables y líquidos iónicos no volátiles, no inflamables, fluoroéteres y otros disolventes altamente fluorados como electrolitos de batería. Los investigadores han desarrollado baterías de iones de litio que no contienen ningún líquido. Estas baterías de estado sólido contienen conductores inorgánicos de iones de litio, que son intrínsecamente no inflamables y, por lo tanto, son muy estables, seguros y presentan una vida útil prolongada y una vida útil más larga. Sin embargo, la fabricación de estas baterías de estado sólido requiere procedimientos de deposición al vacío costosos e intensivos en mano de obra.

20 A pesar de estos esfuerzos, sigue existiendo la necesidad de un dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica que administre de manera efectiva el riesgo de fallo de las celdas de almacenamiento de energía eléctrica y la combustión de los gases producidos como resultado de dicho fallo en despliegues de múltiples celdas, así como la propagación de fallos que induce la energía térmica a las celdas de la batería adyacentes a una celda fallada, y el  
25 peligro para el usuario en el caso de un evento tan raro.

El documento US20110064997 divulga una batería a la que se le puede agregar un material de absorción térmica o un producto químico en descomposición cuando se calienta. El documento US20140079978 divulga el uso de uno o  
30 dos materiales de adsorción térmica.

**BREVE SUMARIO**

Las realizaciones descritas en esta solicitud se refieren a dispositivos portátiles de almacenamiento de energía eléctrica y a procedimientos para hacer dispositivos portátiles de almacenamiento de energía eléctrica que incluyen  
35 elementos de sacrificio dentro del dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica que son capaces de descomponerse térmicamente. Tras la descomposición térmica de los elementos de sacrificio, se forman canales dentro del dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica a través de los cuales pueden pasar los gases resultantes del fallo de una celda de almacenamiento de energía eléctrica.

40 En realizaciones de un aspecto del objeto descrito, el procedimiento de fabricación de un dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica incluye proporcionar, dentro de una carcasa portátil del dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica, un primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que incluye una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y un segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que incluye una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica adyacentes al primer  
45 módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica. De acuerdo con estas realizaciones, se proporciona un material absorbente de energía térmica en la carcasa y un elemento de sacrificio proporcionado dentro de la carcasa y dentro del material absorbente de energía térmica. El elemento de sacrificio está formado por un material que no se descompone térmicamente cuando se expone a un entorno por debajo de una primera temperatura y se descompone térmicamente cuando se expone a un entorno a una segunda temperatura mayor que la primera temperatura.

50 En realizaciones adicionales de los procedimientos descritos en este documento, se proporciona otro elemento de sacrificio formado por un material que no se descompone térmicamente cuando se expone a un entorno por debajo de una primera temperatura y se descompone térmicamente cuando se expone a un entorno a una segunda temperatura mayor que la primera temperatura. El otro elemento de sacrificio está ubicado entre la carcasa del  
55 dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica y el primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y el segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica.

Otras realizaciones descritas en esta solicitud se refieren a dispositivos portátiles de almacenamiento de energía eléctrica que incluyen un primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que incluye una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica, un segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que incluye una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica, estando colocado el segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica adyacente al primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica, un material que absorbe energía térmica y un elemento de sacrificio formado por un material que no se descompone térmicamente cuando se expone a un entorno por debajo de una primera temperatura y se descompone térmicamente cuando se expone a un entorno en una segunda temperatura mayor que la primera  
65

temperatura, estando el elemento de sacrificio ubicado dentro del material de absorción de energía térmica. En algunas realizaciones, los dispositivos de almacenamiento de energía eléctrica portátiles descritos incluyen una carcasa de dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica portátil con el primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y el segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica situado dentro de la carcasa y otro elemento de sacrificio formado por un material que no se descompone térmicamente cuando se expone a un entorno por debajo de una primera temperatura y se descompone térmicamente cuando se expone a un entorno a una segunda temperatura mayor que la primera temperatura. Este otro elemento de sacrificio está ubicado entre la carcasa del dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica y el primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y el segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica.

Realizaciones adicionales descritas en esta solicitud se refieren a dispositivos portátiles de almacenamiento de energía eléctrica que incluyen una carcasa del dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica, un primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que incluye una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y ubicadas dentro de la carcasa del dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica, un segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que incluye una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y ubicado dentro de la carcasa del dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica, estando el segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica colocado adyacente al primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica, un tercer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que incluye una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y ubicadas dentro de la carcasa del dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica portátil, estando el tercer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica colocado adyacente al segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica en un lado del segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica frente al primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica. El dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica incluye además un material de absorción de energía térmica y un elemento de sacrificio dentro del material de absorción de energía térmica, estando el elemento de sacrificio formado por un material que no se descompone térmicamente cuando se expone a un entorno por debajo de una primera temperatura y se descompone térmicamente cuando se expone a un entorno a una segunda temperatura mayor que la primera temperatura. En algunas realizaciones, los dispositivos de almacenamiento de energía eléctrica portátiles descritos incluyen una carcasa de dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica portátil con el primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y el segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica situado dentro de la carcasa y otro elemento de sacrificio formado por un material que no se descompone térmicamente cuando se expone a un entorno por debajo de una primera temperatura y se descompone térmicamente cuando se expone a un entorno a una segunda temperatura mayor que la primera temperatura. Este otro elemento de sacrificio está ubicado entre la carcasa del dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica y tanto el primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica como el segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica

Otras realizaciones descritas en esta solicitud se refieren a dispositivos portátiles de almacenamiento de energía eléctrica que incluyen una barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que funciona como aislante térmico y barrera térmica para la propagación del fallo de la celda que induce energía térmica. La barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica también incluye un material elástico que funciona para proteger los terminales de las celdas de almacenamiento de energía eléctrica contra daños, actuando como un aislador eléctrico y sirviendo como un amortiguador para proteger las celdas de almacenamiento de energía eléctrica contra daños resultantes de un impacto u otra fuerza.

En realizaciones de un aspecto descrito, un dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica incluye una primera celda de almacenamiento de energía eléctrica, una segunda celda de almacenamiento de energía eléctrica y una barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que comprende un material de aislamiento térmico y un material elástico, estando la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica ubicada entre la primera celda de almacenamiento de energía eléctrica y la segunda celda de almacenamiento de energía eléctrica.

En realizaciones de otro aspecto descrito, la primera celda de almacenamiento de energía eléctrica comprende una pluralidad de primeras celdas de almacenamiento de energía eléctrica.

En otras realizaciones, la segunda celda de almacenamiento de energía eléctrica comprende una pluralidad de segundas celdas de almacenamiento de energía eléctrica.

En otra realización más, la segunda celda de almacenamiento de energía eléctrica está adyacente a la primera celda de almacenamiento de energía eléctrica.

Aunque no se limita a las siguientes formulaciones químicas, la primera celda de almacenamiento de energía eléctrica puede comprender química del hidruro de níquel-metal o química del ion litio y la segunda celda de almacenamiento de energía eléctrica puede comprender la misma química que la primera celda de almacenamiento de energía eléctrica.

En ciertas realizaciones, la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica comprende una capa de material de aislamiento térmico y una capa de material elástico y/o una capa del material de aislamiento térmico entre dos

capas del material elástico. En realizaciones específicas, el material de aislamiento térmico tiene un coeficiente de conductividad térmica inferior a aproximadamente 0,5 BTU/pie<sup>2</sup>/h/pulgada (124,19 m<sup>-1</sup>kgs<sup>-3</sup>) y, preferiblemente, 0,5 BTU/pie<sup>2</sup>/hr/pulgada (124,19 m<sup>-1</sup>kgs<sup>-3</sup>) a temperaturas en las que se produce la ignición de celdas defectuosas. El material de aislamiento térmico puede incluir materiales cerámicos, materiales a base de vermiculita u otros materiales conocidos por proporcionar propiedades aislantes térmicas. El soporte para los materiales cerámicos puede ser telas impregnadas con cerámica, a base de papel, fibra de vidrio u otros materiales capaces de formar láminas delgadas que contienen materiales aislantes térmicos. Un ejemplo específico de un material de aislamiento térmico es uno que incluye fibra cerámica, tal como un papel de fibra cerámica. Ejemplos de fibras cerámicas adecuadas incluyen alúmina, mullita, carburo de silicio, circonia o carbono.

Ejemplos de material elástico incluyen caucho, y más específicamente, caucho de fluoropolímero, caucho de butilo, caucho de polietileno clorosulfonado, caucho de epiclorohidrina, caucho de etileno-propileno, caucho de fluoroelastómero, caucho de fluorosilicona, caucho de nitrilo hidrogenado, caucho natural de nitrilo, caucho de perfluoroelastómero, caucho poliacrílico, caucho de policloropreno, caucho de poliuretano, caucho de silicona y caucho de estireno butadieno.

En realizaciones de otro aspecto descrito, un dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica incluye un primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que incluye una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y un segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que incluye una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica, estando el segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica colocado adyacente al primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica. Este dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica también incluye una primera barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que comprende un material de aislamiento térmico y un material elástico ubicado entre el primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y el segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica, una segunda barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que comprende un material de aislamiento térmico y un material elástico ubicados adyacentes al segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica, y una tercera barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que comprende un material elástico, estando la tercera barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica colocada adyacente al primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica.

En ciertas realizaciones de este aspecto descrito, el material de aislamiento térmico de la primera barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica está entre dos capas del material elástico de la primera barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica. En otras realizaciones más, el material elástico de la segunda barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica está entre el material de aislamiento térmico de la segunda barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y el segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica.

En realizaciones adicionales de este aspecto, el dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica incluye un tercer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica adyacente al segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y una cuarta barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que comprende un material de aislamiento térmico y un material elástico colocado adyacente al tercer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica. En estas realizaciones adicionales, el material de aislamiento térmico de la cuarta barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica está separado de la tercera barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica por una capa del material elástico de la cuarta barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica.

En realizaciones de un aspecto adicional descrito en la presente solicitud, un dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica incluye una carcasa que incluye una cubierta y una base. Al menos un módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que incluye una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica está contenido en la carcasa y una barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que incluye un material de aislamiento térmico y un material elástico ubicado adyacente a la cubierta con el material de aislamiento térmico ubicado entre la cubierta y el material elástico. Un material elástico está ubicado adyacente a la base y se encuentra entre el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y la base.

De acuerdo con realizaciones de diversos aspectos descritos en la presente solicitud, un dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica incluye una estructura de explosión que permanece intacta cuando la presión dentro del dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica está por debajo de una presión interna máxima y se rompe cuando la presión dentro del dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica supera la presión interna máxima.

En realizaciones de otro aspecto descrito, un dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica incluye una carcasa que incluye una cubierta y una base. Un primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que incluye una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y un segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que incluye una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica están contenidos dentro de la carcasa, con el segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica posicionado adyacente al primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica. Un tercer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que incluye una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía

eléctrica se incluye en la carcasa y se coloca adyacente al segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica en un lado del segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica opuesto al primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica. Una primera barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que incluye un material de aislamiento térmico intercalado entre un material elástico se ubica entre el primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y el segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica. Una segunda barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que incluye un material de aislamiento térmico intercalado entre un material elástico se ubica entre el segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y el tercer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica. Una tercera barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que incluye un material elástico está ubicado entre el primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y la base y una cuarta barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que incluye un material de aislamiento térmico y un material elástico ubicado entre el tercer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y la cubierta.

En otra realización descrita, un dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica incluye una carcasa que incluye una pared lateral y un primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que incluye una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y que se encuentra dentro de la carcasa. Un segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que incluye una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica también está ubicado dentro de la carcasa adyacente al primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica. El dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica incluye una primera barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que comprende una capa de aislamiento eléctrico de un material dieléctrico intercalada entre una capa de protección de contacto de la celda de almacenamiento de energía eléctrica de un material elástico y una capa de barrera de combustión de un material no combustible. La primera barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica se ubica entre el primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y el segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica. La capa de aislamiento eléctrico del material dieléctrico de la primera barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica incluye al menos un respiradero orientado y la capa de barrera de combustión de un material no combustible de la primera barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica incluye al menos un respiradero orientado. El dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica también incluye una segunda barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que comprende una capa de aislamiento eléctrico de un material dieléctrico intercalada entre una capa de protección de contacto de la celda de almacenamiento de energía eléctrica de un material elástico y una capa de barrera de combustión de un material no combustible. La capa de aislamiento eléctrico del material dieléctrico de la segunda barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica incluye al menos un respiradero orientado y la capa de barrera de combustión de un material no combustible de la segunda barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica incluye al menos un respiradero orientado. La segunda barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica está ubicada entre el segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y la primera barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica. De acuerdo con esta realización descrita, el al menos un respiradero orientado incluido en la capa de aislamiento eléctrico del material dieléctrico de la primera barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y el al menos un respiradero orientado incluido en la capa de barrera de combustión de un material no combustible de la primera barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica se orienta a una posición cerrada y se puede mover desde la posición cerrada a una posición abierta, impidiendo la posición cerrada el flujo de gas a través de la primera barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica e impidiendo la posición abierta el flujo de gas a través de la primera barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica en menor grado que la posición cerrada. El al menos un respiradero orientado incluido en la capa de aislamiento eléctrico del material dieléctrico de la segunda barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y el al menos un respiradero orientado incluido en la capa de barrera de combustión de un material no combustible de la segunda barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica se orienta a una posición cerrada y se puede mover desde la posición cerrada a una posición abierta, impidiendo la posición cerrada el flujo de gas a través de la segunda barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica e impidiendo la posición abierta el flujo de gas a través de la segunda barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica en menor grado que la posición cerrada.

En realizaciones de un aspecto adicional de un dispositivo portátil de celda de almacenamiento de energía eléctrica descrito en el presente documento, el dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica portátil incluye una carcasa que incluye una pared lateral con un primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que incluye una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica situadas dentro de la carcasa. Un segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que incluye una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica también está ubicado dentro de la carcasa y adyacente al primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica. Una primera barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que comprende una capa de un material dieléctrico intercalada entre una capa de un material elástico y una capa de un material no combustible está ubicada entre el primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y el segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica. La capa del material dieléctrico de la primera barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica incluye al menos un respiradero orientado y la capa de un material no combustible de la primera barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica incluye al menos un respiradero orientado. El al menos un respiradero orientado incluido en la capa del material dieléctrico de la primera barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y el al menos un respiradero orientado incluido en la capa de un material no combustible de la primera barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica se orienta a una

posición cerrada y se puede mover desde la posición cerrada a una posición abierta, impidiendo la posición cerrada el flujo de gas a través de la primera barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica e impidiendo la posición abierta el flujo de gas a través de la primera barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica en menor grado que la posición cerrada.

5

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS VARIAS VISTAS DE LOS DIBUJOS

En los dibujos, números de referencia idénticos identifican elementos o actos similares. Los tamaños y las posiciones relativas de los elementos en los dibujos no están necesariamente dibujados a escala. Por ejemplo, las formas de varios elementos y ángulos no se dibujan a escala, y algunos de estos elementos se agrandan y posicionan arbitrariamente para mejorar la legibilidad del dibujo. Además, las formas particulares de los elementos tal como están dibujados no pretenden transmitir ninguna información con respecto a la forma real de los elementos particulares, y se han seleccionado únicamente para facilitar su reconocimiento en los dibujos.

10

15 La figura 1 es una vista isométrica, parcialmente en despiece, de un dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica que incluye algunos de los diversos componentes o estructuras descritas en este documento, de acuerdo con una realización ilustrada no limitativa.

20

La figura 2 es una vista isométrica, más completamente en despiece del dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica de la figura 1.

25

La figura 3 es una vista isométrica, parcialmente en despiece de otra realización de un dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica que incluye algunos de los diversos componentes o estructuras descritas en este documento, de acuerdo con una realización ilustrada no limitativa.

30

La figura 4 es una vista isométrica de estructuras de explosión formadas de acuerdo con una realización ilustrada no limitativa.

35

La figura 5 es una ilustración esquemática de un dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica de acuerdo con las realizaciones no limitativas descritas en este documento que ilustran las trayectorias potenciales tomadas por el gas y la energía térmica que emana de una celda de almacenamiento de energía eléctrica fallada de un módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica.

40

La figura 6 es una vista en despiece de un módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica de un dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica que incluye algunos de los diversos componentes o estructuras descritas en este documento, de acuerdo con realizaciones no limitativas descritas en este documento.

45

La figura 7 es una vista en alzado lateral de un dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica que incluye dos módulos de celdas de almacenamiento de energía eléctrica del tipo ilustrado en la figura 6.

La figura 8 es una vista isométrica de una porción de un módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica con respiraderos orientados en una posición cerrada, de acuerdo con una realización no limitativa.

La figura 9 es una vista isométrica del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica de la figura 8 que muestra los respiraderos orientados en una posición abierta.

## DESCRIPCIÓN DETALLADA

50 Se apreciará que, aunque se han descrito en el presente documento realizaciones específicas del objeto de esta solicitud con fines ilustrativos, se pueden realizar varias modificaciones sin apartarse del espíritu y del alcance del objeto descrito. En consecuencia, el objeto de esta solicitud no está limitado, excepto como se indica en las reivindicaciones adjuntas.

55 En la descripción siguiente, se exponen ciertos ejemplos y detalles específicos a fin de proporcionar un entendimiento profundo de las diferentes realizaciones divulgadas. Sin embargo, un experto en la técnica relevante reconocerá que las realizaciones pueden ponerse en práctica sin uno o más de estos detalles específicos, o con otros procedimientos, componentes, materiales, etc. En otros casos, estructuras bien conocidas asociadas con celdas portátiles de almacenamiento de energía eléctrica, por ejemplo, baterías, no se han mostrado ni descrito en detalle para evitar oscurecer innecesariamente las descripciones de las realizaciones.

60

A menos que el contexto requiera lo contrario, a lo largo de la memoria descriptiva y las reivindicaciones que siguen, la palabra "comprende" y sus variaciones, tales como, "que comprende" y "comprendiendo" deben interpretarse en un sentido abierto e inclusivo que es como "que incluye, pero no limitado a".

65

La referencia en esta memoria descriptiva a "un modo de realización", "otro modo de realización" significa que un rasgo, estructura o característica particular descrita en conexión con el modo de realización se incluye en al menos un modo de realización. Por tanto, la aparición de la frase "en un modo de realización" presente en diferentes lugares a lo largo de esta memoria descriptiva no necesariamente se refiere al mismo modo de realización.

5 El uso de ordinales, como primero, segundo y tercero, no implica necesariamente un sentido de orden clasificado, sino que puede que solo distinga entre múltiples instancias de un acto o estructura.

10 La referencia a un dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica o un dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica significa cualquier dispositivo capaz de almacenar energía eléctrica y liberar energía eléctrica almacenada, incluyendo, entre otras, baterías, supercondensadores o ultracondensadores, y módulos compuestos por una pluralidad de los mismos. La referencia a celda(s) de almacenamiento de energía eléctrica portátil significa una celda o celdas de almacenamiento de químicos, por ejemplo, celdas de batería recargables o secundarias que incluyen, entre otras, celdas de batería de aleación de níquel-cadmio o celdas de batería de iones de litio. Un ejemplo no limitativo de celdas portátiles de almacenamiento de energía eléctrica se ilustra en las figuras como cilíndricas, por ejemplo, similares en tamaño y forma a las baterías de tamaño AAA convencionales; sin embargo, la presente divulgación no se limita a este factor de forma ilustrado.

20 Los encabezados y el Resumen de la Divulgación que se proporciona en este documento son solo por conveniencia y no interpretan el alcance o el significado de las realizaciones.

25 En términos generales, la presente divulgación está dirigida a ejemplos de dispositivos portátiles de almacenamiento de energía eléctrica adecuados para alimentar dispositivos eléctricos tales como vehículos de tipo eléctrico o híbrido, por ejemplo, motocicletas, scooters y bicicletas eléctricas, herramientas eléctricas, cortadoras de césped eléctricas y equipos de jardinería y similares, que incluyen una o más barreras de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que sirven para prevenir la migración y la propagación de la energía térmica desestabilizadora de una celda de almacenamiento de energía eléctrica de una celda o módulo de almacenamiento de energía eléctrica a otra celda o módulo de almacenamiento de energía eléctrica. Se proporciona una descripción adicional de los dispositivos portátiles de almacenamiento de energía eléctrica de acuerdo con las realizaciones descritas en el presente documento en el contexto de los dispositivos portátiles de almacenamiento de energía eléctrica usados con scooters eléctricos; sin embargo, debe entenderse que los dispositivos portátiles de almacenamiento de energía eléctrica de acuerdo con las realizaciones descritas en el presente documento no se limitan a las aplicaciones en scooters eléctricos. Además, los dispositivos portátiles de almacenamiento de energía eléctrica se describen a continuación con referencia a un único módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que contiene una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y un par de módulos de celdas de almacenamiento de energía eléctrica, cada uno de los cuales contiene una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica. La presente descripción no se limita a dispositivos de almacenamiento de energía eléctrica que incluyen un solo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica o solo un par de módulos de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y abarca dispositivos portátiles de almacenamiento de energía eléctrica que incluyen más de un par de módulos de celdas de almacenamiento de energía eléctrica.

45 En una aplicación específica en la que los dispositivos portátiles de almacenamiento de energía eléctrica de acuerdo con las realizaciones descritas en la presente solicitud se utilizan para alimentar vehículos eléctricos, tales como un scooter eléctrico, uno o más dispositivos portátiles de almacenamiento de energía eléctrica se reciben en un compartimiento ubicado debajo del usuario, por ejemplo, debajo del asiento del scooter. Típicamente, el dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica incluye un asa por la cual el usuario lleva el dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica, lo coloca y lo saca del compartimiento.

50 Con referencia a la figura 1, un dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica 10 incluye un módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 12 que incluye una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica individuales 14. El módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 12 está alojado dentro de una carcasa 16 que incluye un armazón 18, una cubierta 20 y una base 22. El armazón 18, la cubierta 20 y la base 22 están formadas por el mismo material rígido o no combustible o diferente, tal como un metal o no metal, tal como un plástico. Un ejemplo no limitativo de un metal es el aluminio. Aunque no se ilustra, la cubierta 20 puede incluir un asa para facilitar el transporte del dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica. Además, aunque no se ilustra, la base 22 incluye elementos eléctricamente conductores que pasan a través del armazón 18 y cooperan con elementos eléctricamente conductores dentro del armazón 18 para proporcionar conexión eléctrica al módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 12 desde una ubicación externa al dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica 10. Además, los elementos eléctricamente conductores están asociados con cada módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y conectan eléctricamente las celdas de almacenamiento de energía eléctrica individuales y también conectan eléctricamente los módulos de celdas de almacenamiento de energía eléctrica. El armazón 18 está sellado herméticamente a los gases con la cubierta 20 y la base 22 y forma una carcasa hermética al gas. Los elementos eléctricamente conductores que pasan a través de la base 22 también están sellados de forma estanca a los gases a la base 22. Por lo tanto, el armazón 18, la cubierta 20 y la base 22 forman un recinto hermético a los gases que contiene el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 12. Debido a que el armazón 18, la cubierta 20 y la base 22 forman un recinto hermético a los gases, se puede evacuar el recinto para eliminar el



oxígeno que soporta la combustión. La eliminación del oxígeno que soporta la combustión reduce la cantidad de combustión que se puede producir dentro del recinto sellado. Alternativamente, el recinto puede purgarse del oxígeno que soporta la combustión, desplazando el oxígeno con gases incapaces de soportar la combustión, tal como nitrógeno. El armazón 18 se puede sellar a la cubierta 20 y a la base 22 utilizando materiales convencionales tales como elementos de acoplamiento hembra y macho solos o en combinación con materiales adhesivos. Alternativa o adicionalmente, pueden proporcionarse juntas para sellar el armazón 18 a la cubierta 20 y la base 22. De manera similar, los elementos eléctricamente conductores que pasan a través de la base 22 se pueden sellarse a la base 22 utilizando materiales convencionales tales como materiales adhesivos y/o juntas.

Los intersticios entre las celdas de almacenamiento de energía eléctrica adyacentes 14 que forman el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 12, y el espacio vacío entre las celdas de almacenamiento de energía eléctrica 14 y la carcasa 16, están ocupados por un material de absorción de energía térmica capaz de almacenar calor latente. Materiales absorbentes de energía térmica adecuados absorben o liberan energía térmica sin un cambio sustancial en la temperatura del material, por ejemplo, a través de un cambio de fase. Ejemplos de materiales que absorben energía térmica incluyen materiales capaces de absorber y almacenar grandes cantidades de energía a través de un cambio de fase. Tales materiales se conocen comúnmente como materiales de cambio de fase. Los materiales de cambio de fase generalmente se entienden limitados a materiales en los que el cambio de fase está entre un sólido y un líquido; sin embargo, los materiales de cambio de fase no se limitan a aquellos que cambian entre un estado sólido y un estado líquido. Los materiales de cambio de fase pueden ser materiales orgánicos, tales como parafinas y ácidos grasos. Los materiales de cambio de fase también pueden ser inorgánicos, tal como los hidratos de sal. Los materiales de cambio de fase también pueden ser materiales eutécticos o materiales higroscópicos.

Como se señala en los antecedentes, aunque es raro, el cortocircuito interno o externo de las celdas de almacenamiento de energía eléctrica de iones de litio puede hacer que la temperatura de una celda de almacenamiento de energía eléctrica individual aumente hasta un nivel en el que el cátodo pueda reaccionar y descomponer la solución de electrolito. Si esto ocurre, se produce energía térmica adicional y los gases que se producen a partir de la descomposición de la solución de electrolito pueden reaccionar con el cátodo, liberando más energía térmica. La producción de gases dentro de una celda de almacenamiento de energía eléctrica hace que aumente la presión dentro de la celda sellada. Si la presión dentro de la celda aumenta por encima de la presión de rotura de la celda diseñada, la celda se rompe y el gas se escapa. Durante estas reacciones, se produce una cantidad limitada de oxígeno que puede soportar una combustión adicional. Si los gases que escapan están expuestos a temperaturas superiores a las que los gases se encienden, los gases pueden encenderse y arder. Además, si la energía térmica liberada de una celda cortocircuitada y la combustión de los gases que escapan de una celda de rotura provocan que la temperatura de otras celdas de almacenamiento de energía eléctrica aumente por encima de la temperatura a la que dichas celdas son normalmente estables, los cátodos de estas otras celdas de almacenamiento de energía eléctrica pueden reaccionar con la solución de electrolito y producir gases que causan que estas celdas estallen y se quemen. Aunque tal combustión iniciada por cortocircuito es rara, un buen diseño y la preocupación por la seguridad del usuario dictan que se tomen medidas para proteger a los usuarios en el improbable caso de que las celdas de almacenamiento de energía eléctrica fallen.

Continuando con referencia a la figura 1 y refiriéndose adicionalmente a la figura 2, una realización no limitativa de un aspecto de un dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica descrito aquí incluye un único módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 12 que incluye una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 14. En la realización ilustrada en la figura 1, el único módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 12 incluye múltiples celdas de almacenamiento de energía eléctrica individuales 14. Debe entenderse que se puede utilizar un número mayor o menor de celdas de almacenamiento de energía eléctrica individuales en comparación con el número ilustrado en la figura 1.

Aunque no se ilustra específicamente para evitar ocultar otras características del objeto divulgado, los intersticios entre las celdas de almacenamiento de energía eléctrica 14 están ocupados por un material de cambio de fase. El material específico de cambio de fase utilizado se selecciona teniendo en cuenta una serie de factores, incluyendo la magnitud de la energía térmica que el material de cambio de fase es capaz de absorber antes de completar su cambio de fase y de que la temperatura comience a subir. En general, se prefieren materiales de cambio de fase que pueden absorber más energía antes de que se complete el cambio de estado a los materiales de cambio de fase que completan el cambio de estado al absorber menos energía térmica. Los materiales de cambio de fase ejemplares incluyen materiales orgánicos, tales como parafinas y ácidos grasos. Los materiales de cambio de fase también pueden ser inorgánicos, tal como los hidratos de sal. Los materiales de cambio de fase también pueden ser materiales eutécticos o materiales higroscópicos. En la realización ilustrada en las figuras 1 y 2, una barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 24 está situada por encima del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 12. La barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 24 incluye una capa de material de aislamiento térmico 26 y una capa de material elástico 28. Tanto la capa de material de aislamiento térmico 26 como la capa de material elástico 28 están dimensionadas de modo que se superpongan a toda la superficie superior del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 12. La periferia de la capa de material de aislamiento térmico 26 y la periferia de la capa de material elástico 28 están conformadas y dimensionadas para que se ajusten estrechamente dentro del armazón 18. El ajuste estrecho entre la capa de material elástico 28 y la capa de material de aislamiento térmico 26 no necesita ser tolerado tan estrechamente que se proporcione un sellado hermético entre estas capas y la superficie

interna del almacén 18; sin embargo, cuanto más cerca esté el ajuste entre la superficie interior del almacén 18 y al menos una de la capa de material de aislamiento térmico 26 y la capa de material elástico 28, mejor será el bloqueo de la celda de almacenamiento de energía eléctrica 24 y las llamas por la combustión que pasa entre la superficie interior del almacén 18 y la periferia exterior del material de aislamiento térmico 26 y/o el material elástico 28. Se preferiría un ajuste menos ajustado entre la superficie interior del almacén 18 y al menos una de la capa de material de aislamiento térmico 26 y la capa de material elástico 28 desde el punto de vista de asegurar que el material de cambio de fase u otro fluido pueda fluir entre la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 24 y el almacén 18. La cooperación entre la capa de material de aislamiento térmico 26 y/o la capa de material elástico 28 y la superficie interior del almacén 18 impide y, en algunas realizaciones, más preferiblemente evita la migración de energía térmica y las llamas de la combustión de una celda de almacenamiento de energía eléctrica 14 en el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 12 a ubicaciones en el lado de la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 24 opuesto al lado adyacente al módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 12. En otras realizaciones, la cooperación entre la capa de material de aislamiento térmico 26 y/o la capa de material elástico 28 y la superficie interior del almacén 18 impide la migración de energía térmica y las llamas de la combustión de una celda de almacenamiento de energía eléctrica 14 en el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 12 a ubicaciones en el lado de la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 24 opuesta al lado adyacente al módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 12, mientras que permite que los gases fluyan desde un lado de la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 24.

El material de aislamiento térmico 26 sirve como capa de aislamiento térmico y barrera para la migración de la energía térmica producida por la combustión de una celda de almacenamiento de energía eléctrica dentro del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 12 hacia el lado de la capa de material de aislamiento térmico 26 que es opuesto al módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 12. Al proporcionar una barrera a la migración de la energía térmica de un lado de la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 24 al otro lado, se reduce o evita la propagación del fallo de las celdas de almacenamiento de energía eléctrica inducido por temperaturas elevadas. El material de aislamiento térmico 26 se elige entre materiales que tienen una conductividad térmica tal que el material de aislamiento térmico impide la transferencia de energía térmica a través del material de aislamiento térmico. En otros ejemplos no limitativos, el material de aislamiento térmico 26 se forma a partir de un material que es eléctricamente no conductor. La propiedad eléctricamente no conductora del material de aislamiento térmico 26 evita que el material de aislamiento térmico afecte de manera adversa, por ejemplo, el cortocircuito, las características conductoras conectadas eléctricamente a las celdas de almacenamiento de energía eléctrica 14. Ejemplos no limitativos de material de aislamiento térmico 26 incluyen materiales que tienen una conductividad térmica que es inferior a aproximadamente  $0,5 \text{ BTU}/\text{pie}^2/\text{hr}/\text{pulgada}$  ( $124,19 \text{ m}^{-1}\text{kg}\text{s}^{-3}$ ) a temperaturas correspondientes a las temperaturas donde se producen las celdas de almacenamiento de energía eléctrica y la ignición. Además, el material de aislamiento térmico también es resistente al fuego a temperaturas superiores a aproximadamente  $130 \text{ }^\circ\text{C}$ . El material de aislamiento térmico puede incluir materiales cerámicos, materiales a base de vermiculita u otros materiales conocidos por proporcionar propiedades aislantes térmicas. El soporte para los materiales cerámicos puede ser telas impregnadas con cerámica, a base de papel, fibra de vidrio u otros materiales capaces de formar láminas delgadas que contienen materiales aislantes térmicos. Ejemplos no limitativos de material de aislamiento térmico incluyen materiales que comprenden fibras cerámicas. Dichas fibras cerámicas pueden formarse a partir de alúmina, mullita, carburo de silicio, circonia o carbono. En realizaciones específicas, la capa de material de aislamiento térmico 26 incluye fibras cerámicas en forma de papel. Aunque no pretende limitarse a esto, algunos materiales de papel cerámico son resistentes al fuego hasta  $1260 \text{ }^\circ\text{C}$  o más. De acuerdo con las realizaciones ilustradas en las figuras 1 y 2, la capa de material de aislamiento térmico 26 tiene un espesor que varía de aproximadamente  $0,5 \text{ mm}$  a aproximadamente  $2 \text{ mm}$ , aunque el material de aislamiento térmico puede ser más grueso o más delgado dependiendo, entre otras cosas, de la cantidad de material de aislamiento térmico deseado.

El material elástico 28 sirve como barrera de combustión al proporcionar una barrera física no combustible para la migración de la combustión de una celda de almacenamiento de energía eléctrica 14 dentro del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 12 al lado de la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 24 opuesta al módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 12. Ejemplos no limitativos de materiales para la capa de material elástico 28 incluyen materiales elásticos que no son combustibles a temperaturas de aproximadamente  $130 \text{ }^\circ\text{C}$  y superiores. En realizaciones no limitativas, el material elástico 28 proporciona protección a los terminales de las celdas de almacenamiento de energía eléctrica 14 formándose a partir de un material que es más blando que el material del que se forman los terminales de la celda de almacenamiento de energía eléctrica. En otros ejemplos no limitativos, el material elástico 28 se forma a partir de un material que es eléctricamente no conductor. La propiedad eléctricamente no conductora del material elástico 28 evita que el material elástico afecte de manera adversa, por ejemplo, el cortocircuito, las características conductoras conectadas eléctricamente a las celdas de almacenamiento de energía eléctrica 14. Ejemplos no limitativos de materiales para el material elástico 28 incluyen materiales que tienen una dureza inferior a aproximadamente 50 a 100 en una escala Shore y una resistividad eléctrica de más de aproximadamente 10 a aproximadamente 20 ohmios o más. En realizaciones específicas, el material elástico es un caucho de fluoropolímero, caucho de butilo, caucho de polietileno clorosulfonado, caucho de epiclohidrina, caucho de etileno-propileno, caucho de fluoroelastómero, caucho de fluorosilicona, caucho de nitrilo hidrogenado, caucho natural de nitrilo, caucho de perfluoroelastómero, caucho poliacrílico, caucho de policloropreno, caucho de poliuretano, caucho de silicona y caucho de estireno butadieno. De acuerdo con las realizaciones ilustradas en las figuras 1 y 2, la capa de material elástico 28 tiene un espesor de aproximadamente  $0,5 \text{ mm}$  a  $2,0 \text{ mm}$ , aunque el material elástico

puede ser más grueso o más delgado, dependiendo, entre otras cosas, de la cantidad de inhibición de la migración de la combustión y/o amortiguación deseada.

Como se describe en los antecedentes, en aplicaciones donde solo se utiliza una sola celda de almacenamiento de energía eléctrica, la combustión de la celda crea una situación indeseable. La gravedad de esta situación aumenta cuando una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica se despliegan en forma de un banco o módulo de baterías. Por ejemplo, cuando la celda de almacenamiento de energía eléctrica incluye química de iones de litio, la combustión de la celda de iones de litio puede producir temperaturas locales por encima de la temperatura a la que las celdas de iones de litio se vuelven inestables, estallan y se queman. Por lo tanto, es posible que la combustión de una sola celda de iones de litio en un banco de celdas de iones de litio haga que otras celdas en el banco estallen, se enciendan y se quemen. Afortunadamente, las celdas de iones de litio han demostrado ser muy seguras y la explosión y la combustión de las celdas de iones de litio es muy rara. No obstante, en interés de la seguridad del usuario y la aceptación de las celdas de almacenamiento de energía eléctrica como fuentes de energía para vehículos eléctricos, tal como scooters, es importante tomar medidas para reducir la posibilidad de rotura y combustión de un almacenamiento de energía eléctrica de iones de litio para controlar la combustión en el improbable caso de que dicha celda se encienda.

De acuerdo con las realizaciones descritas en el presente documento, la combustión de una celda de almacenamiento de energía eléctrica o la combustión de una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica se gestiona a través de una combinación de las siguientes características de las realizaciones descritas en el presente documento. Primero, se aprovecha la necesidad de que el oxígeno inicie la ignición de los gases de una celda de rotura y mantenga la combustión de una celda encendida. En segundo lugar, en el caso de que se produzca la combustión, se restringe la migración de energía térmica de una celda dañada y en combustión a otras celdas. En tercer lugar, hasta una cierta presión umbral, los gases formados como resultado del fallo de la celda y los gases formados por la combustión de tales gases están contenidos dentro del dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica sellado herméticamente. Cuarto, la explosión del dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica se controla para evitar la explosión descontrolada en direcciones impredecibles y potencialmente peligrosas.

En un primer nivel, las celdas de almacenamiento de energía eléctrica de iones de litio en una carcasa hermética libre de oxígeno aíslan las celdas del oxígeno necesario para encender y mantener la combustión de gases inflamables que pueden salir de una celda con fallo de rotura. Por lo tanto, en el improbable caso de que un fallo de una sola celda resulte en la explosión de la celda y la ignición del gas ventilado desde la celda, el oxígeno disponible para sostener la combustión se limita al oxígeno producido por las reacciones que se producen entre los reactivos dentro de la celda defectuosa. La limitación del oxígeno disponible para soportar la combustión al oxígeno generado in situ minimiza el tiempo de combustión dentro del dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica, lo que reduce la probabilidad de que la temperatura dentro del dispositivo se eleve a un nivel donde se produzca el fallo y la posterior explosión y combustión de gases de otras celdas. Además, la ausencia de oxígeno dentro del dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica impide la combustión del material de absorción de energía térmica. Por ejemplo, los materiales de cambio de fase utilizados como materiales de absorción de energía térmica son combustibles al cambiar a un estado líquido. Al limitar el contenido de oxígeno dentro del dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica, se evita o reduce la combustión del material de cambio de fase.

Por lo general, la ventilación y la combustión de gases de una celda de almacenamiento de energía eléctrica individual solo dura unos pocos segundos. Durante este tiempo, las temperaturas localizadas pueden acercarse a temperaturas en las que las celdas de almacenamiento de energía eléctrica adyacentes pueden volverse inestables. Para aislar las celdas de almacenamiento de energía eléctrica por lo demás estables de la energía térmica que emana de una celda defectuosa, los intersticios entre las celdas de almacenamiento de energía eléctrica adyacentes están ocupadas por el material de absorción de energía térmica descrito anteriormente. El material de absorción de energía térmica absorbe la energía térmica que resulta del fallo de la celda y la combustión de los gases que emanan de la celda fallada sin un aumento en la temperatura del material de absorción de energía térmica. La cantidad de energía térmica que puede absorber el material absorbente de energía térmica presente dentro del dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica antes de que comience a aumentar la temperatura depende de la composición del material absorbente de energía térmica y del volumen de material presente. Por ejemplo, un volumen de material absorbente de energía térmica será suficiente para absorber la cantidad total de energía térmica producida por el fallo y la combustión de un cierto número de celdas; sin embargo, si las celdas adicionales fallan y se queman, el material que absorbe energía térmica no podrá absorber la energía térmica adicional sin aumentar la temperatura.

En el caso improbable de que las celdas de almacenamiento de energía eléctrica no funcionen, se produce una energía térmica que supera la cantidad de energía térmica que puede absorber el material que absorbe energía térmica, la probabilidad de que las celdas de almacenamiento de energía eléctrica adicional puedan fallar y aumente la combustión, lo que genera un posible fallo de autopropagación y combustión de celdas adicionales. Dichos fallos de autopropagación y combustión podrían dar lugar a una acumulación de presión dentro del dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica a niveles que podrían, en ausencia de las características incluidas en las realizaciones descritas en el presente documento, provocar una explosión incontrolada del dispositivo. Los dispositivos de celdas de almacenamiento de energía eléctrica del tipo descrito aquí incluyen una estructura de explosión diseñada para explotar en una ubicación predeterminada y en una dirección predeterminada en el caso de que la presión dentro

del dispositivo exceda una cantidad umbral. Tales estructuras de explosión se describen a continuación con más detalle. Dicho umbral de presión puede establecerse en cualquier nivel, siempre que sea menor que la presión a la que el dispositivo estallaría en lugares donde no se desea estallar. La presión a la que estalla el dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica también puede tener en cuenta la acumulación de presión resultante del fallo y la combustión de más de X número de celdas individuales, donde X es la cantidad de celdas por encima de la cual fallo y combustión de tal número de las celdas que resulta en que la presión dentro del dispositivo supera la presión necesaria para hacer estallar el dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica en lugares no deseados. De acuerdo con las realizaciones que incluyen la estructura de explosión descrita en el presente documento, la carcasa del dispositivo explotará y dirigirá los gases calientes y las llamas en una dirección que reduce el riesgo de lesiones para las personas que se encuentran cerca de la carcasa.

Con referencia a la figura 4, en la realización ilustrada en las figuras 1 y 2, la base 22 está provista de una estructura de explosión 30. La estructura de explosión 30 en la Figura 4 incluye una característica "marcada" en la parte inferior de la base 22. La puntuación del fondo de la base 22 produce porciones punteadas que son más delgadas que las porciones no punteadas de la base 22. La puntuación se proporciona moldeando la puntuación en la base o se puede proporcionar estampando la puntuación en la base. La puntuación también puede ser proporcionada por otras técnicas bien entendidas. Aunque la estructura de explosión 30 se ilustra en la figura 4 con partes punteadas, debe entenderse que pueden proporcionarse características distintas de una característica puntuada como una estructura de explosión. Por ejemplo, la estructura de explosión puede tomar la forma de una válvula de alivio de presión u otra estructura o hardware que ventilará la carcasa 16 cuando la presión dentro de la carcasa exceda un nivel predeterminado.

La estructura de explosión 30 está diseñada para romperse o fracturarse una vez que la presión dentro de la carcasa 16 alcanza una presión predeterminada. La presión predeterminada a la que se fractura la estructura de explosión puede ser cualquier presión, por ejemplo, una presión por encima de la presión que se acumula dentro de la carcasa tras el encendido y la combustión de un número predeterminado de celdas de almacenamiento de energía eléctrica individuales 14 dentro de la carcasa 16. Por ejemplo, si el número de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que se encienden y queman está por debajo del número predeterminado, el aumento de la presión dentro de la carcasa 16 no creará un riesgo significativo de estallido descontrolado de la carcasa 16. Por otro lado, si el número de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que se encienden y queman está por encima del número predeterminado, el aumento de la presión dentro de la carcasa aumenta el riesgo de que la carcasa explote de manera incontrolable. La estructura de explosión 30 está diseñada para romperse o fracturarse una vez que la presión dentro de la carcasa 16 alcanza la presión predeterminada. En la realización ilustrada en la figura 4, la estructura de explosión 30 está ubicada en la parte inferior de la base 22. Por lo tanto, cuando la estructura de explosión 30 explota, los gases de combustión y las llamas calientes pueden salir del fondo del dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica 10 y dirigirse hacia abajo. Aunque la estructura de explosión 30 se ilustra como ubicada en la parte inferior de la base 22, también puede ubicarse en otro lugar. Por ejemplo, la estructura de explosión 30 se puede ubicar en el lado de la base 22 o en el lado del armazón 18 o en la parte superior o lateral de la cubierta 20. La ubicación específica de la estructura de explosión generalmente se seleccionará de modo que los gases de combustión y las llamas se dirijan fuera de la carcasa 16 en una dirección segura, por ejemplo, lejos de las personas que están cerca de la carcasa 16 en uso normal. En una realización en la que el dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica está ubicado debajo del asiento de un scooter eléctrico, la estructura de explosión 30 se ubica preferiblemente en la parte inferior de la base 22, de manera que los gases calientes y las llamas salgan de la carcasa 16 en una dirección alejada del usuario.

Refiriéndonos nuevamente a la figura 2, en el lado del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 12, adyacente a la base 22, una capa de material elástico 32 separa las celdas de almacenamiento de energía eléctrica 14 del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 12 de la base 22 que incluye la estructura de explosión 30. En esta ubicación, se omite una capa de material de aislamiento térmico porque la propagación de la energía térmica y la combustión son menos preocupantes porque en la realización ilustrada no hay celdas de almacenamiento de energía eléctrica adicionales debajo del módulo de celdas 12 y la base 22 está ubicada más alejada del usuario.

Con referencia a la figura 3, se ilustra otra realización de un dispositivo de celda de almacenamiento de energía eléctrica e incluye más de un módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 12. En la realización ilustrada en la figura 3, un segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 34 que incluye una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica individuales 46 está situado sobre el primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 12 que incluye una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 14. Posicionada por encima del segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 34 hay una segunda barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 36 idéntica a la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 24 descrita con referencia a la figura 1. La realización de la figura 3 también difiere de la realización ilustrada en la figura 1 al incluir una primera barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 38 que incluye una capa de material de aislamiento térmico 40 intercalada entre una capa de material elástico 42 y una capa de material elástico 44. Los materiales elásticos 42 y 44 y el material de aislamiento térmico 40 son de naturaleza idéntica al material elástico 32 y al material de aislamiento térmico 26 descritos anteriormente con referencia a las figuras 1 y 2. La segunda capa de material elástico 42 de la primera barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 38 protege los terminales eléctricos de las celdas de almacenamiento de energía eléctrica 46 en el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 34.

A diferencia de la realización ilustrada y descrita con referencia a las figuras 1 y 2, la realización de un dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica ilustrada en la figura 3 incluye un segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 34 por encima del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 12. La provisión de un segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 34 hace que sea deseable proteger el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 34 de la combustión que pueda producirse dentro del primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 12 y viceversa. Esta protección es proporcionada por la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 38 de tres capas.

Debe entenderse que, aunque las realizaciones que incluyen un único módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y dos módulos de celda de almacenamiento de energía eléctrica se han descrito anteriormente con referencia a las figuras 1 a 3, de acuerdo con la materia descrita en este documento, se pueden proporcionar más de dos módulos de celdas de almacenamiento de energía eléctrica. Cuando se proporcionan más de dos módulos de celdas de almacenamiento de energía eléctrica, de acuerdo con las realizaciones descritas en el presente documento, se proporciona una barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica de tres capas similar a la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 38 en la figura 3 entre módulos de celdas de almacenamiento de energía eléctrica.

Además, aunque se han descrito realizaciones específicas de las barreras de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 24, 36 y 38, debe entenderse que se pueden proporcionar capas adicionales de material de aislamiento térmico si se desea aislamiento térmico adicional. De manera similar, se pueden proporcionar capas adicionales de material elástico si se desea una mayor protección de los terminales eléctricos.

La figura 5 ilustra esquemáticamente varias trayectorias diferentes de gases y energía térmica que emanan de una celda de almacenamiento de energía eléctrica defectuosa dentro del segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 100 que puede pasar a través del material de absorción térmica. En la primera instancia, representada esquemáticamente por la línea de puntos 102, los gases y la energía térmica que emana de un extremo superior de una celda de almacenamiento de energía eléctrica (no se muestra) constituyen una porción del primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 100 que incide sobre la superficie interior de una cubierta superior 104 del segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 100, se refleja en la superficie interior de la cubierta superior 104 y está contenida dentro del segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 100. La desviación de estos gases y la energía térmica hacia el interior del segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica no es deseable por al menos las razones por las que los gases y la energía térmica pueden dañar las celdas de almacenamiento de energía eléctrica no dañadas dentro del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 100. Por ejemplo, la energía térmica de la combustión de los gases puede hacer que las celdas de almacenamiento de energía eléctrica que no estén dañadas se enciendan por sí mismas, lo que podría propagar una fuga térmica del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 100. Además, la combustión de los gases dentro del segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 100 puede resultar en un aumento de la presión dentro del segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 100. Si dicha acumulación de presión excede la presión de explosión del segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 100, el segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 100 puede estallar, posiblemente con fuerza explosiva.

En otro caso, representado esquemáticamente por la línea de puntos 106, los gases y la energía térmica pasan a través de la cubierta 104 y escapan del segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 100. Los gases y la energía térmica fluyen alrededor del primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 108. Aunque esta instancia puede tener una probabilidad reducida de que los gases y la energía térmica causen que las celdas de almacenamiento de energía eléctrica 100 dentro del segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 100 fallen, se rompan o se enciendan, o que la segunda celda de almacenamiento de energía eléctrica se rompa, existe un mayor riesgo de que los gases y la energía térmica que viajan a lo largo de la línea de puntos 106 puedan causar que las celdas de almacenamiento de energía eléctrica dentro del primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 108 se rompan, fallen o enciendan, lo que podría aumentar el riesgo de que el dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica 120 explote. La ignición de las celdas de almacenamiento de energía eléctrica en el primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 108 podría ocurrir cuando las temperaturas localizadas dentro del primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica se elevan por encima de las temperaturas en las que ocurre un fallo y/o ignición de celdas de almacenamiento de energía eléctrica portátiles individuales. Por ejemplo, los gases y la energía térmica que emanan del módulo de celdas de almacenamiento eléctrico 100 impactarán en la parte inferior del primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 108 y podrían causar que las temperaturas localizadas dentro del primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 108 aumenten por encima de las temperaturas en las que el almacenamiento de energía eléctrica individual las celdas dentro del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 108 se encienden y/o rompen. Los gases y la energía térmica que inciden en el lado inferior del primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 108 pueden dispersarse y moverse hacia la periferia del primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 108, donde pueden pasar entre el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 108 y el armazón 110 del dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica 120 ilustrado. Los gases y la energía térmica presentes en esta ubicación podrían causar que las temperaturas localizadas en el

primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 108 excedan las temperaturas a las cuales las celdas de almacenamiento de energía eléctrica individuales dentro del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 108 fallan, se rompen y/o se encienden.

5 Con referencia a la figura 6, una vista en despiece de un dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica de acuerdo con realizaciones no limitativas descritas en el presente documento incluye un módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200. El módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 se ilustra esquemáticamente; sin embargo, se entiende que el módulo 200 incluye una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica individuales similares a las ilustradas en las figuras 2 y 3. Además, el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 se ilustra esquemáticamente como un módulo rectangular; sin embargo, el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 no está limitado a formas rectangulares y puede tomar otras formas, tal como un cilindro o una forma rectangular con esquinas redondeadas. Aunque no se ilustra, el módulo 200 incluye conexiones eléctricas para conectar eléctricamente celdas de almacenamiento de energía eléctrica individuales dentro del módulo 200 y conexiones para conectar eléctricamente el módulo 200 a dispositivos alimentados por el módulo 200. El módulo 200 incluye una pared exterior 202 que define una periferia del módulo 200.

Situados adyacentes a los cuatro lados de la pared exterior 202 hay un par de paredes laterales de módulo 204. Cada pared lateral 204 del módulo incluye una superficie interior 205 que se enfrenta al módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 y una superficie exterior 208 en el lado de la pared lateral 204 del módulo opuesto a la superficie interior 205. En la realización ilustrada, la superficie exterior 208 está alejada del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200. En realizaciones no limitativas de la figura 6, la pared lateral 204 del módulo se ilustra como dos partes que son imágenes especulares entre sí. Debe entenderse que las paredes laterales 204 del módulo pueden estar compuestas por una parte única que se desliza sobre el módulo 200 o puede estar compuesta por más de dos partes. La pared lateral 204 del módulo incluye una pluralidad de respiraderos 206 que pasan a través de la pared lateral 204 del módulo desde su superficie interior 205 hasta su superficie exterior 208. En la realización ilustrada, los respiraderos 206 se muestran redondos y alineados en una pluralidad de columnas verticales. Los respiraderos 206 no se limitan a ser redondos y pueden tener otras formas, tal como ovals o rectangulares. Además, los respiraderos 206 no necesitan proporcionarse en una pluralidad de columnas verticales y pueden disponerse en diferentes formaciones distintas de las columnas verticales. Los respiraderos 206 están ubicados en la pared lateral del módulo 204 en ubicaciones que corresponden a espacios vacíos dentro del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200. Dichos espacios vacíos se producen entre celdas individuales de almacenamiento de energía eléctrica dentro del módulo de celdas 200. Al alinear los respiraderos 206 con dichos espacios vacíos, puede ocurrir más fácilmente el flujo de fluidos que promueven la convección u otros tipos de transferencia de calor entre las celdas individuales de almacenamiento de energía eléctrica y el fluido y un lado de la pared lateral 204 del módulo y una cara opuesta de la pared lateral 204 del módulo, por ejemplo, durante la operación normal. Aunque no se ilustra, en ciertas realizaciones, la pared lateral del módulo 204 puede tener una forma tal que coincida con el contorno del lado exterior del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 resultante de la colocación de celdas de almacenamiento de energía eléctrica individuales en la periferia del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200. Los materiales utilizados para la pared lateral 204 son del tipo que puede soportar altas temperaturas asociadas con los gases y la energía térmica que se generan al fallar una celda de almacenamiento de energía eléctrica. Dichas temperaturas pueden estar en el rango de 1000 °C o más. Los materiales ejemplares para la pared lateral 204 incluyen metales o plásticos u otros materiales capaces de soportar tales altas temperaturas sin quemar o distorsionar significativamente.

45 Ubicado sobre el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 hay una barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 210. La barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 210 cumple varias funciones, incluida la de servir como una barrera para la propagación de la combustión desde el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 a otro módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica, que sirve para aislar eléctricamente las celdas de almacenamiento de energía eléctrica dentro del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 de componentes eléctricamente conductores de la barrera de celdas de almacenamiento eléctrico 210, proporciona una barrera para la transferencia de calor desde o hacia el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 y protege los electrodos de celdas de almacenamiento de energía eléctrica dentro del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 del daño causado por contacto con materiales rígidos o abrasivos de la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 210. En realizaciones no limitativas de la figura 6, la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 210 incluye una capa de aislamiento eléctrico 212 de un material dieléctrico intercalado entre una capa de protección 214 de contacto de la celda de almacenamiento de energía eléctrica de un material elástico y una capa 216 de barrera de combustión de un material no combustible.

60 La capa de protección 214 de contacto de la celda de almacenamiento de energía eléctrica es un material elástico, cuyos ejemplos no limitativos incluyen materiales elásticos que no son combustibles a temperaturas de aproximadamente 130 °C y mayores. La frase "material elástico" se refiere a materiales que son flexibles, resistentes y capaces de volver sustancialmente a su forma original después de la deformación. Los materiales elásticos del tipo descrito aquí no están limitados a materiales flexibles y elásticos que vuelven completamente a su forma original después de ser deformados. Los materiales elásticos de acuerdo con los ejemplos no limitativos descritos en el presente documento incluyen materiales que son flexibles y resistentes y que, después de ser deformados, no vuelven

completamente a su forma original. En realizaciones no limitativas, la capa de protección 214 de contacto de la celda de almacenamiento de energía eléctrica proporciona protección física a los terminales de las celdas de almacenamiento de energía eléctrica que forman una parte del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 al formarse de un material que es más suave que el material que constituye terminales celulares de almacenamiento de energía eléctrica. En otros ejemplos no limitativos, el material elástico de la capa de protección 214 de contacto de la celda de almacenamiento de energía eléctrica es eléctricamente no conductor. La propiedad eléctricamente no conductora de la capa de protección de contacto de la celda de almacenamiento de energía eléctrica 214 evita que la capa de protección 214 de contacto de la celda de almacenamiento de energía eléctrica afecte adversamente, por ejemplo, cortocircuitos, los terminales o características conductoras conectadas eléctricamente a las celdas de almacenamiento de energía eléctrica. Ejemplos no limitativos de materiales a partir de los cuales se forma la capa de protección 214 de la celda de almacenamiento de energía eléctrica incluyen materiales elásticos que tienen una dureza de menos de aproximadamente 50 a 100 en una escala Shore y una resistividad eléctrica de más de aproximadamente 10 a aproximadamente 20 ohmios o más. En realizaciones específicas, el material elástico es un caucho de fluoropolímero, caucho de butilo, caucho de polietileno clorosulfonado, caucho de epiclohidrina, caucho de etileno-propileno, caucho de fluoroelastómero, caucho de fluorosilicona, caucho de nitrilo hidrogenado, caucho natural de nitrilo, caucho de perfluoroelastómero, caucho poliacrílico, caucho de policloropreno, caucho de poliuretano, caucho de silicona y caucho de estireno butadieno. En otras realizaciones específicas, el material elástico es una espuma adaptable de bajo módulo, tal como una espuma termoestable de poliuretano de celda cerrada u otro polímero termoestable de celda cerrada.

La capa de protección 214 de contacto de la celda de almacenamiento de energía eléctrica también sirve como una barrera o impedimento para la propagación de la combustión desde un lado de la capa de protección 214 de contacto de la celda de almacenamiento de energía eléctrica a un lado opuesto de la capa de protección 214 de contacto de la celda de almacenamiento de energía eléctrica. La capa de protección 214 de contacto de la celda de almacenamiento de energía eléctrica sirve como barrera o impedimento para la propagación de la combustión al proporcionar un impedimento incombustible o un bloque de incendio para las llamas resultantes de la combustión de gases que emanan de una celda de almacenamiento de energía eléctrica defectuosa dentro del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200. En otras realizaciones, la capa de protección de contacto de la celda de almacenamiento de energía eléctrica 214 proporciona aislamiento térmico entre el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 y la capa de aislamiento eléctrico 212. Dicho aislamiento térmico impide y/o actúa como una barrera para la transferencia de energía térmica desde el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 a la capa de aislamiento eléctrico 212. Impedir la transferencia térmica entre el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 y la capa de aislamiento eléctrico 212 protege las celdas de almacenamiento de energía eléctrica adyacentes (no mostradas) de un módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica adyacente (no mostrado) ubicado sobre el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 que podría ocasionar el fallo de las celdas de almacenamiento de energía eléctrica en el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica adyacente. Por ejemplo, en el raro caso de que una celda de almacenamiento de energía eléctrica del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 falle, la celda de almacenamiento emite gases que, al quemarse, generarán grandes cantidades de energía térmica. Esta energía térmica podría hacer que otras celdas de almacenamiento de energía eléctrica fallen, y potencialmente emita gases combustibles. Si estos gases se encienden, podría producirse una fuga térmica de las celdas de almacenamiento de energía eléctrica. Ejemplos no limitativos de materiales para uso en la capa de protección de contacto de la celda de almacenamiento de energía eléctrica 214 tienen valores de conductividad térmica que son menos de aproximadamente 0,5 BTU/pie<sup>2</sup>/hr/pulgada (124,19 m<sup>-1</sup>kgs<sup>-3</sup>) a temperaturas correspondientes a las temperaturas a las que las celdas de almacenamiento de energía eléctrica emiten gases combustibles y se produce la ignición de esos gases. De acuerdo con algunas realizaciones ilustradas en las figuras 6 y 7, la capa de protección de contacto de la celda de almacenamiento de energía eléctrica 214 tiene un espesor de aproximadamente 0,1 mm a 3,0 mm. En otras realizaciones, la capa de protección 214 de contacto de la celda de almacenamiento de energía eléctrica tiene un espesor de aproximadamente 0,5 mm a 2,0 mm, y en otras realizaciones más, la capa de protección de contacto de la celda de almacenamiento de energía eléctrica 214 tiene un espesor de aproximadamente 0,75 mm a 1,25 mm. La capa de protección de contacto de la celda de almacenamiento de energía eléctrica 214 puede ser más gruesa o más delgada que los rangos no limitativos descritos, dependiendo de, entre otras cosas, la cantidad de inhibición de la migración de la combustión, el aislamiento térmico, la protección del terminal de la celda de almacenamiento de energía eléctrica y/o la absorción de choques deseada.

La capa de aislamiento eléctrico 212 se forma a partir de un material eléctricamente no conductor, cuyos ejemplos no limitativos incluyen materiales que no son combustibles a temperaturas de aproximadamente 130 °C y superiores y exhiben constantes dieléctricas que los hacen aislantes eléctricos. En realizaciones no limitativas, los materiales eléctricamente no conductores de la capa de aislamiento eléctrico 212 evitan que la capa de aislamiento eléctrico 212 afecte adversamente, por ejemplo, cortocircuitos, los terminales o características conductoras conectadas eléctricamente a las celdas de almacenamiento de energía eléctrica. Los materiales eléctricamente no conductores de la capa de aislamiento eléctrico 212 también aíslan eléctricamente los terminales de las celdas de almacenamiento de energía eléctrica y los circuitos eléctricos que forman el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 de la capa de barrera de combustión 216. En otras realizaciones no limitativas, el material eléctricamente no conductor que constituye la capa de aislamiento eléctrico 212 no es combustible o ignífugo, permitiendo así que la capa de aislamiento eléctrico 212 impida o evite la propagación de la combustión desde un lado de la capa de

aislamiento eléctrico 212 a un lado opuesto de la capa de aislamiento eléctrico 212. En otras realizaciones no limitativas, el material eléctricamente no conductor que constituye la capa de aislamiento eléctrico 212 proporciona aislamiento térmico entre la capa de protección de contacto de la celda de almacenamiento de energía eléctrica 214 y la capa de barrera de combustión 216. Dicho aislamiento térmico impide y/o actúa como una barrera para la transferencia de energía térmica desde el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 a través de la capa de protección de contacto de la celda de almacenamiento de energía eléctrica 214 a la capa de aislamiento eléctrico 212. Impedir la transferencia térmica entre el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 y la capa de barrera de combustión 216 ayuda a proteger los módulos de celda de almacenamiento de energía eléctrica adyacentes (no mostrados) de la energía térmica que podría resultar en el fallo de las celdas de almacenamiento de energía eléctrica en los módulos de celdas de almacenamiento de energía eléctrica adyacentes. Por ejemplo, en el caso poco frecuente de que una celda de almacenamiento de energía eléctrica del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 falle y emita gases, que al quemarse generarán cantidades significativas de energía térmica, esta energía térmica podría hacer que otras celdas de almacenamiento de energía eléctrica en módulos de celdas de almacenamiento de energía eléctrica adyacentes fallen, se rompan y se autoenciendan. Ejemplos no limitativos de materiales para uso en la capa de aislamiento eléctrico 212 tienen valores de conductividad térmica que son menos de aproximadamente 3 BTU/pie<sup>2</sup>/h/pulgada (745,14 m<sup>-1</sup>kgs<sup>-3</sup>), menos de aproximadamente 2 BTU/pie<sup>2</sup>/hr/pulgada (496,76 m<sup>-1</sup>kgs<sup>-3</sup>) y menos de aproximadamente 1 BTU/pie<sup>2</sup>/hr/pulgada (248,38 m<sup>-1</sup>kgs<sup>-3</sup>) a temperaturas correspondientes a las celdas de almacenamiento de energía eléctrica que se rompen y emiten gases combustibles que pueden encenderse. En algunas realizaciones, el material eléctricamente no conductor de la capa de aislamiento eléctrico 212 es autoextinguible.

El material eléctricamente no conductor puede incluir materiales cerámicos, materiales basados en vermiculita u otros materiales que se sabe que no son conductores de la electricidad o que son malos conductores de la electricidad y un buen aislante térmico. El soporte para los materiales cerámicos puede ser telas impregnadas con cerámica, a base de papel, fibra de vidrio u otros materiales capaces de formar láminas delgadas. Ejemplos no limitativos de materiales no conductores eléctricamente incluyen materiales que comprenden fibras cerámicas, tales como una lámina de fibra compresible hecha de un tejido de sílice y fibras de óxido de calcio unidas con un aglutinante orgánico no combustible. Dichas fibras cerámicas pueden formarse a partir de alúmina, mullita, carburo de silicio, circonia o carbono. En realizaciones específicas, el material eléctricamente no conductor incluye sílice/fibras de sílice, aluminio, Kevlar®, Nomex® y fibras de silicato de calcio-magnesio. Aunque no pretende limitarse a los mismos, algunos materiales no conductores eléctricamente para uso en la capa de aislamiento eléctrico 212 son resistentes al fuego hasta 1260 °C o más. De acuerdo con las realizaciones no limitativas ilustradas en las figuras 6 y 7, la capa de material eléctricamente no conductor que constituye la capa de aislamiento eléctrico 212 tiene un espesor que varía de aproximadamente 0,1 mm a aproximadamente 3 mm. En otras realizaciones, la capa de aislamiento eléctrico 212 tiene un espesor de aproximadamente 0,25 mm a 2,0 mm, y en otras realizaciones, la capa de aislamiento eléctrico 212 tiene un espesor de aproximadamente 0,35 mm a 1,25 mm. La capa de aislamiento eléctrico 212 puede ser más gruesa o más delgada que los rangos no limitativos descritos, dependiendo de, entre otras cosas, la cantidad de aislamiento eléctrico, la inhibición de la migración de la combustión y/o el aislamiento térmico deseado.

La capa de barrera de combustión 216 es un material no combustible, de alta resistencia, cuyos ejemplos no limitativos incluyen materiales que no son combustibles a temperaturas de aproximadamente 130 °C o más y son capaces de soportar los tipos de fuerzas impartidas y las condiciones creadas por los gases que emanan de una celda de almacenamiento de energía eléctrica fallada del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200. El fallo de una celda de almacenamiento de energía eléctrica, por ejemplo, debido a daños estructurales y/o cortocircuitos, puede provocar la ruptura de la celda de almacenamiento de energía eléctrica fallada como resultado de la acumulación de presión dentro de la celda. Al romperse, los gases dentro de la celda de almacenamiento de energía eléctrica pueden escapar a altas velocidades y quemarse. El material no combustible y de alta resistencia de la capa de barrera de combustión 216 se selecciona de materiales que pueden soportar las fuerzas causadas por estos gases que escapan del dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica a altas velocidades y que soportan las altas temperaturas asociadas con la combustión de dichos gases. La capa de barrera de combustión 216 impide e idealmente evita que los gases calientes que emanan de una celda de almacenamiento de energía eléctrica fallada y/o las llamas resultantes de la combustión de tales gases calientes incidan sobre un módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica adyacente por encima del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200. Impedir y/o evitar que los gases y/o las llamas impacten en un módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica adyacente reduce la probabilidad de que las celdas de almacenamiento de energía eléctrica en el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica adyacente falle debido a la exposición a las temperaturas producidas cuando los gases de una celda de almacenamiento de energía eléctrica fallada se quemen. En realizaciones no limitativas, el material no combustible y de alta resistencia de la capa de barrera de combustión 216 actúa como un impedimento o barrera para la propagación de la combustión desde el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 a los módulos de celdas de almacenamiento de energía eléctrica adyacentes. Los ejemplos no limitativos de materiales para uso como capa de barrera de combustión 216 incluyen metales o aleaciones metálicas que pueden soportar temperaturas de aproximadamente 130 °C o más sin fundirse. En otros ejemplos no limitativos, los materiales para usar como capa de barrera de combustión 216 incluyen metales que no se funden a temperaturas de aproximadamente 500 °C o más, 750 °C o más, o incluso más de 1000 °C. En otras realizaciones, los metales que forman la capa de barrera de combustión 216 no se funden después de estar expuestos a temperaturas de más de aproximadamente 1000 °C durante al menos 10 segundos. En otras realizaciones



- más, los materiales para uso como capa de combustión 216 incluyen metales que no se funden después de haber sido expuestos a temperaturas de aproximadamente 1400 °C durante un período de al menos 1 segundo. En realizaciones no limitativas específicas, la capa de barrera de combustión 216 se forma a partir de cobre, una aleación de cobre, níquel o una aleación de níquel. Aunque el cobre, la aleación de cobre, el níquel y la aleación de níquel se han descrito como metales ejemplares a partir de los cuales se puede formar la capa de barrera de combustión 216, la capa de barrera de combustión 216 se puede formar a partir de otros metales o materiales no metálicos capaces de impedir o prevenir que los gases y o las llamas de la combustión de los gases afecten un módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica adyacente.
- Ubicado debajo del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 hay una segunda barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 218. La barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 218 incluye una capa de protección de contacto de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 220, una capa de aislamiento eléctrico 222 y una capa de barrera de combustión 224. La descripción con respecto a la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 210 y su capa de protección de contacto de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 214, la capa de aislamiento eléctrico en 212, y la capa de barrera de combustión 216 se aplican igualmente a la capa de protección de contacto de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 220, la capa de aislamiento eléctrico 222 y la capa de barrera de combustión 224 de la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 218. Esa descripción no se repite por motivos de brevedad. La segunda barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 218 se diferencia en la orientación de su capa de protección de contacto de la celda de almacenamiento de energía eléctrica 220, la capa de aislamiento eléctrico 222 y la capa de barrera de combustión 224. Estas tres capas de la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 218 son una imagen especular de las mismas tres capas de la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 210. En otras palabras, alejarse del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 en la figura 6 coloca la capa de protección de contacto de la celda de almacenamiento de energía eléctrica 220 más cercana al módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200. Situada debajo de la capa de protección de contacto de la celda de almacenamiento de energía eléctrica 220 está la capa de aislamiento eléctrico 222 y debajo de la capa de aislamiento eléctrico 222 está la capa de barrera de combustión 224.
- Aunque no se ilustra en la figura 6, el dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica 120 como se ilustra adicionalmente en la figura 7 incluye al menos un módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica adicional 226 ubicado debajo del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 ilustrado en la figura 6. Tanto el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 como el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 226 incluyen una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 232. En otras realizaciones, el dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica 120 puede incluir más de dos módulos de celdas de almacenamiento de energía eléctrica. Por ejemplo, el dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica 120 puede incluir tres o más módulos de celdas de almacenamiento de energía eléctrica. En la figura 7, el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 226 está intercalado entre la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 228 y la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 230. La barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 228 es idéntica a la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 210 y la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 230 es idéntica a la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 218. Por consiguiente, las descripciones de la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 228 y la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 230 se omiten por motivos de brevedad.
- Con referencia a la figura 7, el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 está separado del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 226 por una distancia D. En realizaciones no limitativas, la distancia D varía de aproximadamente 5 mm a aproximadamente 20 mm, en otras realizaciones no limitativas, la distancia D varía entre aproximadamente 7 mm y aproximadamente 15 mm, y en otras realizaciones más, la distancia D varía entre aproximadamente 8 mm y aproximadamente 11 mm. En la realización ilustrada de las figuras 6 y 7, cuatro espaciadores 234 están posicionados entre el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 y el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 226. Los espaciadores 234 son de forma cilíndrica y cada uno incluye un orificio central. El orificio central de cada espaciador 234 está en comunicación fluida con las aberturas 236 a través de cada una de las capas protectoras de contacto de la celda de almacenamiento de energía eléctrica 214 y 220, las capas de aislamiento eléctrico 212 y 222 y la capa de barrera de combustión 216 y 224. La combinación del orificio central para los espaciadores 234 y las aberturas 236 coloca el interior del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 en comunicación fluida con el interior del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 226. Esta comunicación fluida permite igualar la presión dentro de los módulos de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 y 226.
- En realizaciones específicas de la materia descrita en el presente documento, la superficie interior 205 de la pared lateral del módulo 204 lleva un material ignífugo o resistente al fuego, tal como una pintura intumescente. Alternativamente, dicho material ignífugo o resistente al fuego puede ser transportado por la pared exterior 202 del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 entre la superficie exterior de dicho módulo y la superficie interior de la pared lateral 204 del módulo. La provisión de tal material ignífugo/resistente al fuego impide la migración de las llamas en el exterior de la pared lateral 204 del módulo al interior del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200.

Como se describió anteriormente con referencia a la figura 6, los módulos individuales de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 100 u 108 en la figura 5 pueden incluir paredes laterales 204 que incluyen respiraderos 206 que pasan a través de las paredes laterales 204. En dichas realizaciones, los gases y la energía térmica que emanan de una celda de almacenamiento de energía eléctrica (no mostrada) que conforman una porción del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 100 en la figura 5 pueden escapar del módulo 100 a través de los respiraderos 206 en las paredes laterales 204.

Los presentes inventores han observado que, en ciertas realizaciones, el material absorbente de energía térmica dentro del dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica impide el flujo, dentro del dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica, de gases generados cuando falla una celda de almacenamiento de energía eléctrica. Sin pretender estar limitado por ninguna teoría particular, se cree que este impedimento surge como resultado de que al menos una parte del material absorbente de energía térmica está en estado sólido dentro de un recipiente sellado cuando los gases son producidos por una celda de almacenamiento de energía eléctrica defectuosa. En ciertas realizaciones descritas en el presente documento, se proporcionan elementos de sacrificio en el material absorbente de energía térmica, después de lo cual permanece la descomposición térmica de los elementos de sacrificio y los canales en el material absorbente de energía térmica. Estos canales proporcionan trayectorias para que fluyan los fluidos, como los gases generados cuando falla una celda de almacenamiento de energía eléctrica.

Con referencia a las figuras 5 y 7, un elemento de sacrificio 302 está situado debajo del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 100. Otro elemento de sacrificio 304 está situado entre el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 100 y el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 108. En las figuras 5 y 7, un elemento de sacrificio no se ilustra sobre el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 108; sin embargo, se podría proporcionar un elemento de sacrificio por encima del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 108. Se proporcionan elementos de sacrificio adicionales 306 y 310 entre las paredes laterales 308 del armazón 110 y ambos módulos de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 100 y 108. Como se describe a continuación con más detalle, estos elementos de sacrificio se forman a partir de un material que se descompone térmicamente. Tras la descomposición térmica de los elementos de sacrificio, se forma un vacío o canal en el material absorbente de energía térmica en el espacio ocupado por el elemento de sacrificio antes de la descomposición. Los fluidos, por ejemplo, los gases resultantes del fallo de una celda de almacenamiento de energía eléctrica, pueden fluir dentro de estos canales sin ser bloqueados por los materiales que absorben energía térmica.

Con referencia a la figura 6, se ilustran realizaciones ejemplares de los elementos de sacrificio 302 y 304 en la figura 5. Como se muestra en la figura 6, los elementos de sacrificio 302 y 304 tienen forma rectangular, similar a la forma y tamaño de la capa de protección de contacto de la celda de almacenamiento de energía eléctrica 214, la capa de aislamiento eléctrico 212 y la capa de barrera de combustión 216. Debe entenderse que la forma y el tamaño particulares de los elementos de sacrificio 302 y 304 no se limitan a los ilustrados en la figura 6 y que los elementos de sacrificio 302 y 304 pueden adoptar diferentes formas y ser de diferentes tamaños. La forma y los tamaños de los elementos de sacrificio 302 y 304 pueden ser dictados por la forma del armazón 110 y/o los módulos 100 y 108. La figura 6 también ilustra realizaciones ejemplares de elementos de sacrificio adicionales 306 y 310 en la figura 5. Como se muestra en la figura 6, los elementos de sacrificio 306 y 310 tienen forma rectangular, extendiéndose desde la parte inferior del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 100 hasta aproximadamente la parte superior del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 108. Debe entenderse que una forma y tamaño particulares de los elementos de sacrificio adicionales 306 y 310 no se limitan a los ilustrados en la figura 6 y que los elementos de sacrificio 306 y 310 pueden tomar diferentes formas y ser de diferentes tamaños, de nuevo ambos pueden ser dictados por la forma del armazón 110 y/o los módulos 100 y 108. Además, los elementos de sacrificio 306 y 310 pueden ubicarse en lados adyacentes adicionales o diferentes de los módulos de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 100 y 108 o menos lados de los módulos de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 100 y 108.

Los elementos de sacrificio se forman a partir de un material que no se descompone térmicamente cuando se expone a un entorno por debajo de una primera temperatura y se descompone térmicamente cuando se expone a un entorno a una segunda temperatura que es mayor que la primera temperatura. Además, el material del que se forman los elementos de sacrificio preferiblemente no reduce significativamente la capacidad de absorción térmica del material absorbente térmico. El material a partir del cual se forman los elementos de sacrificio debería ser capaz de mantener sustancialmente su forma después de entrar en contacto con el material absorbente de energía térmica cuando el material absorbente de energía térmica está en un estado fluido o en un estado sólido.

El material del que se forman los elementos de sacrificio no se descompone térmicamente cuando se expone a entornos a temperaturas experimentadas dentro del dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica en condiciones normales de operación; sin embargo, el material se descompondrá térmicamente cuando se exponga a un entorno experimentado dentro del dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica cuando una o más celdas de almacenamiento de energía eléctrica falla. La descomposición térmica se refiere a una reducción en el volumen del material, a partir del cual se forma el elemento de sacrificio, que ocurre cuando la temperatura del entorno que contiene el material aumenta por encima de la temperatura de descomposición del material. La descomposición térmica puede ser el resultado de la contracción, la combustión, la fusión, la vaporización, la congelación, la

condensación, la sublimación o cualquier otro fenómeno que resulte en una reducción en el volumen del material debido a la temperatura del entorno que contiene el material y aumenta por encima de la temperatura de descomposición del material.

- 5 Los materiales ejemplares para uso como elementos de sacrificio incluyen materiales que se descomponen térmicamente cuando se exponen a un entorno a temperaturas superiores o iguales a aproximadamente 50 °C, pero no se descomponen térmicamente cuando se exponen a un entorno a temperaturas inferiores a aproximadamente 50 °C, materiales que térmicamente se descomponen cuando se exponen a un entorno a temperaturas superiores o iguales a unos 60 °C, pero no se descomponen térmicamente cuando se exponen a un entorno a temperaturas inferiores a aproximadamente 60 °C y los materiales que se descomponen térmicamente cuando se exponen a un entorno a temperaturas superiores a o igual a aproximadamente 70 °C, pero no se descomponen térmicamente cuando se exponen a un entorno a temperaturas inferiores a aproximadamente 70 °C. Los materiales ejemplares para uso como elementos de sacrificio pueden incluir materiales que cuando se descomponen térmicamente tienen un volumen que es al menos un 25 % menor que el volumen del material antes de la descomposición térmica, al menos un 50 % menos que el volumen del material antes de la descomposición térmica, a al menos aproximadamente un 100 % menos que el volumen del material antes de la descomposición térmica o al menos aproximadamente un 200 % menos que el volumen del material antes de la descomposición térmica. Los materiales ejemplares para uso en la formación de elementos de sacrificio también incluyen materiales que cuando se descomponen térmicamente tienen un volumen que es más de aproximadamente un 200 % menos que el volumen del material antes de la descomposición térmica.
- 10 Los materiales que después de la descomposición térmica tienen un volumen que no es al menos un 25 % menor que el material antes de la descomposición térmica también se pueden usar para formar elementos de sacrificio; sin embargo, tras la descomposición térmica, tales materiales darán como resultado vacíos más pequeños dentro del material de absorción térmica a través de los cuales pueden fluir los fluidos.
- 15 Los materiales ejemplares a partir de los cuales se pueden formar elementos de sacrificio de acuerdo con las realizaciones descritas en el presente documento incluyen materiales poliméricos. Ejemplos no limitativos de materiales poliméricos para uso en la formación de elementos sacrificiales incluyen poliestireno, copolímeros de estireno, copolímeros de polipropileno y propileno y mezclas de estos materiales poliméricos con otros materiales poliméricos y/o no polímeros. Los materiales poliméricos pueden ser en forma sólida o en forma espumada. Las formas sólidas se pueden producir utilizando técnicas de moldeo por inyección, conformado al vacío o extrusiones. Las formas espumadas incluyen espumas de celdas cerradas expandidas y espumas de celdas cerradas extrudidas.
- 20
- 25
- 30

Con referencia a la figura 6, la capa de aislamiento eléctrico 212 incluye una pluralidad de respiraderos orientados 238. La capa de barrera de combustión 216 incluye una pluralidad de respiraderos orientados 240. La capa de aislamiento eléctrico 222 incluye una pluralidad de respiraderos orientados 242 y la capa de barrera de combustión 224 incluye una pluralidad de respiraderos orientados 244. Los respiraderos orientados 238, 240, 242 y 244 son esencialmente idénticos. En realizaciones descritas con referencia a la figura 6, los respiraderos orientados 238 y 240 se abren en una dirección hacia arriba, mientras que los respiraderos orientados 242 y 244 se abren en una dirección hacia abajo. Los respiraderos orientados 238, 240, 242 y 244 están esencialmente alineados con las celdas individuales de almacenamiento de energía eléctrica 232 que forman el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200.

35

40

La siguiente descripción de respiraderos orientados 240 se aplica igualmente a las respiraderos orientados 238. Con referencia adicional a las figuras 8 y 9, los respiraderos orientados 240 incluyen al menos una solapa 248 formada en la capa de barrera de combustión 216. En la realización ejemplar de las figuras 8 y 9, la solapa 248 tiene una forma cuadrada. La solapa 248 se define por una pluralidad de porciones marcadas 250, 252 y 254 que pasan a través de la capa de barrera de combustión 216. Las porciones marcadas 250, 252 y 254 pueden formarse usando dispositivos de corte adecuados para cortar metal, tales como cuchillas, sellos, láseres y similares. Las porciones marcadas 250, 252 y 254 definieron tres lados de la solapa cuadrada 248. El lado restante está definido por una porción de bisagra 256. La porción de bisagra 256 no pasa completamente a través de la capa de barrera de combustión 216 y sirve como una estructura a modo de bisagra a lo largo de la cual la solapa 248 se dobla para que la solapa 248 pueda moverse desde una posición cerrada que se muestra en la figura 8 a una posición abierta como se ilustra en la figura 9. La porción de bisagra 256 se puede formar usando dispositivos capaces de comprimir la capa de barrera de combustión 216 en la ubicación de la porción de bisagra 256. Mientras que la porción de bisagra 256 se ilustra y describe como una estructura rizada, las realizaciones descritas en este documento no se limitan a una porción de bisagra 256 que está rizada e incluyen otras estructuras que pueden funcionar como una bisagra para la solapa 248. Por ejemplo, la porción de bisagra 256 se puede proporcionar mediante perforaciones u otra estructura que facilita el plegado o la flexión de la capa de barrera de combustión 216 a lo largo de la porción de bisagra 256. La porción de bisagra 256 de la solapa 248 puede diseñarse de manera que cuando se ejerza una presión de umbral predeterminada en la solapa 248, el respiradero orientado 238 se doble a lo largo de su porción de bisagra y se abra de la manera ilustrada en la figura 9.

45

50

55

60

Además de los respiraderos orientados 240 proporcionados en la capa de barrera de combustión 216, respiraderos orientados 238 similares se proporcionan en la capa de aislamiento eléctrico 212. En las realizaciones ejemplares ilustradas en las figuras 6, 8 y 9, los respiraderos orientados 240 y los respiraderos orientados 238 son sustancialmente idénticos; sin embargo, las realizaciones descritas en el presente documento no se limitan a dispositivos portátiles de

65

almacenamiento de energía eléctrica que incluyen respiraderos orientados 240 y respiraderos orientados 238 que son sustancialmente idénticos. Con referencia a la figura 9, los respiraderos orientados 238 proporcionados en la capa de aislamiento eléctrico 212 están formados por tres porciones marcadas y una porción de bisagra. En las realizaciones ilustradas, las tres porciones marcadas de los respiraderos orientados 238 subyacen a las porciones marcadas 250, 252 y 254 de los respiraderos orientados 240, la porción articulada de los respiraderos orientados 238 subyacen a la porción de bisagra 256 de los respiraderos orientados 240 y la solapa 239 del respiradero orientado 238 subyacente a la solapa 248. En otras realizaciones, una porción marcada de los respiraderos orientados 238 subyace a la porción de bisagra 256 de los respiraderos orientados 240. En ciertas realizaciones, las dimensiones periféricas de la solapa 239 pueden ser ligeramente menores que las dimensiones periféricas de la solapa 248. Esta diferencia en las dimensiones periféricas entre la solapa 239 y la solapa 248 permite que la solapa 239 pase a través de la abertura en la capa de la barrera de combustión 216 cuando la solapa 248 está abierta. A la inversa, las dimensiones periféricas más pequeñas de la solapa 239 en comparación con la solapa 248 impiden el paso de la solapa 248 a través de la abertura del respiradero orientado 238. Además, la porción de bisagra de los respiraderos orientados 238 puede desplazarse lateralmente ligeramente con respecto a las porciones de bisagra 256 de los respiraderos orientados 240 para promover una apertura más libre del respiradero orientado 238 a través de la abertura en la capa de barrera de combustión 216.

El lado inferior 258 de la solapa de los respiraderos orientados 238 hace contacto con la superficie superior de la capa de protección de contacto de la celda de almacenamiento de energía eléctrica 214. Este contacto impide el movimiento de la solapa en una dirección hacia abajo en las figuras 8 y 9, que a su vez impide el movimiento de la solapa 248 en una dirección hacia abajo. En contraste, las solapas 239 y las solapas 248 pueden moverse en una dirección hacia arriba como se ilustra en la figura 9. De este modo, los respiraderos orientados 238 y los respiraderos orientados 240 son respiraderos "de una vía" capaces de abrirse en una dirección alejada del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200, pero no en una dirección hacia el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200. Los respiraderos orientados 238 y 240 están orientados en una posición cerrada ilustrada en la figura 8, sin embargo, una acumulación de presión dentro del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200, o la fuerza de los gases emitidos por una celda de almacenamiento de energía eléctrica fallada, puede proporcionar una fuerza impulsora que hace que las solapas 239 y 248 se doblen a lo largo de sus respectivas porciones de bisagra y se abran en una dirección hacia arriba. Además de permitir que el gas dentro del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 se escape, la característica unidireccional de los respiraderos orientados también impide o evita que los gases que pueden afectar a los respiraderos orientados entren en contacto directo con una celda de almacenamiento de energía eléctrica que forma un módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que se encuentra en un lado de los respiraderos orientados opuesto al lado en el que los gases chocan. Debido a que las respiraderos orientados se abren hacia fuera, y no hacia dentro, desde un módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica, los respiraderos orientados permiten que los gases de escape y la energía térmica que emana de una celda de almacenamiento de energía eléctrica fallada en el módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica eviten que los gases y la energía térmica que inciden en los respiraderos orientados de un módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica adyacente entren en contacto directo con las celdas de almacenamiento de energía eléctrica del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica adyacente.

La capa de aislamiento eléctrico 222 incluye una pluralidad de respiraderos orientados 242 y la capa de barrera de combustión 224 incluye una pluralidad de respiraderos orientados 244. La descripción anterior de los respiraderos orientados 238 y los respiraderos orientados 240 y las características que forman los respiraderos orientados 238 y 240 se aplican igualmente a los respiraderos orientados 242 y a los respiraderos orientados 244, respectivamente, con la excepción de que los respiraderos orientados 242 y 244 se abren en una dirección hacia abajo con referencia a la realización no limitativa ilustrada en la figura 6.

Con referencia a la figura 7, cuando la presión dentro del segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 226 supera la presión a la que los respiraderos orientados 238 y 240 (en la figura 6) se abren, los respiraderos orientados 238 y 240 se abren, permitiendo que el gas se escape a través de los respiraderos orientados. Permitir que el gas se escape del segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 226 reduce el riesgo de que el módulo 226 explote. El gas que se escapa puede seguir una trayectoria similar a la línea de puntos 106 en la figura 6. El gas y la energía térmica que se escapan del segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 226 inciden con la parte inferior del primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200, donde se disipa a lo largo del lado inferior del primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200, encontrando su trayectoria hacia la periferia del primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 y el espacio entre el primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 y el armazón 282. A medida que el gas y la energía térmica pasan a través del espacio entre el primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 y el armazón 282, se disipa la energía térmica del gas o del gas de combustión. En la figura 7, el segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 226 está separado del primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 una distancia D. La separación del segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 226 del primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 la distancia D promueve la disipación de los gases y la energía térmica que emana del segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 226 al permitir que el gas y la energía térmica se dispersen lateralmente a través de un área de superficie más grande. Promover la disipación de la energía térmica de los gases que emanan del segundo módulo de almacenamiento de energía eléctrica en un área de superficie más grande reduce la magnitud de

la energía térmica enfocada en un área pequeña del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200, lo que reduce la probabilidad de que dicha energía térmica enfocada la energía causará el fallo o explosión de una celda de almacenamiento de energía eléctrica 232 en el primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200. La apertura de los respiraderos orientados 238 y 240 reduce la probabilidad de que los gases y la energía térmica que emanan de una celda de almacenamiento de energía eléctrica fallada 232 en el segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 226 se dirijan internamente dentro del segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 226, por ejemplo, a lo largo de la línea de puntos 102 en la figura 5.

A medida que el gas y la energía térmica fluyen entre el primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 y el almacén 282, el primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 está al menos total o parcialmente separado de los gases y la energía térmica por las paredes laterales 204 del módulo. Los diferenciales de presión en las paredes laterales 204 del módulo están mitigados por los respiraderos 206 en las paredes laterales 204 del módulo. Los respiraderos 206 también facilitan la igualación de la presión dentro del dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica 120 al permitir que la presión en un lado de las paredes laterales 204 del módulo se equilibre con la presión en el otro lado de las paredes laterales 204 del módulo. El igualado de la presión dentro del dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica 120 también se promueve mediante las aberturas 236 en la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 210 y la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 218. Las aberturas 236 permiten que los gases dentro del primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 pasen a través de la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 210 o la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 218 al interior del dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica 120 o al módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica adyacente 226. El paso del gas a través de la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 210 y la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 218 sirve para igualar la presión dentro del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 y la presión fuera del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 dentro del almacén 282 o la presión dentro del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 226. En ciertas realizaciones, los tubos o tuberías pueden extenderse entre las aberturas 236 ubicadas por encima de un módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y las aberturas 236 ubicadas debajo del módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica.

Si bien la operación y las ventajas de los respiraderos orientados de acuerdo con las realizaciones no limitativas descritas en este documento se han descrito con referencia a los respiraderos orientados en la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 210, la misma operación y ventajas son proporcionadas por los respiraderos orientados 242 y 244 y la barrera de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 218. Aunque solo dos módulos de celdas de almacenamiento de energía eléctrica 200 y 226 se ilustran en las realizaciones no limitativas de las figuras 5 y 7, los dispositivos portátiles de almacenamiento de energía eléctrica de acuerdo con las realizaciones descritas en el presente documento incluyen aquellos que contienen más de dos módulos de celdas de almacenamiento de energía eléctrica del tipo descrito en el presente documento.

La descripción detallada anterior ha expuesto varias realizaciones de los dispositivos mediante el uso de ilustraciones esquemáticas y ejemplos. En la medida en que dichos esquemas y ejemplos contengan una o más funciones y/u operaciones, los expertos en la materia entenderán que cada función y/u operación dentro de dichas estructuras y ejemplos puede implementarse, individual y/o colectivamente, por un amplia gama de hardware y combinaciones de los mismos. Las diversas realizaciones descritas anteriormente se pueden combinar para proporcionar realizaciones adicionales. Aspectos de las realizaciones pueden modificarse, si es necesario para emplear conceptos de las diversas patentes, solicitudes y publicaciones para proporcionar otras realizaciones adicionales.

Aunque generalmente se discuten en el entorno y el contexto de los sistemas de energía para uso con vehículos de transporte personal como scooters y/o motos totalmente eléctricos, las enseñanzas de este documento pueden aplicarse en una amplia variedad de otros entornos, incluidos otros vehículos, así como entornos no vehiculares. Además, aunque se ilustran con referencia a formas y orientaciones específicas, las ilustraciones y descripciones no pretenden ser exhaustivas o limitar las realizaciones a las formas precisas ilustradas. Por ejemplo, las celdas de almacenamiento de energía eléctrica no necesitan ser cilindros redondos, sino que podrían tomar diferentes formas, tal como cilindros cuadrados, cajas cuadradas o cajas rectangulares. De manera similar, las realizaciones que utilizan múltiples módulos de celdas de almacenamiento de energía eléctrica se han ilustrado y descrito con referencia a los módulos que se apilan uno encima del otro; sin embargo, tales descripciones no pretenden ser exhaustivas o limitar las realizaciones descritas en este documento a configuraciones tan precisas. Por ejemplo, los módulos de celdas de almacenamiento de energía eléctrica pueden colocarse lado a lado y separados por las barreras de las celdas de almacenamiento de energía eléctrica, incluidas las capas de material de aislamiento térmico y las capas de material elástico. Además, las barreras de las celdas de almacenamiento de energía eléctrica se han ilustrado y descrito con referencia a una combinación de una capa de material elástico y una capa de material de aislamiento térmico, así como una capa de material de aislamiento térmico intercalado entre dos capas de material elástico. Sin embargo, estas ilustraciones y descripciones no están concebidas para ser exhaustivas o para limitar las realizaciones a las formas precisas reveladas. Por ejemplo, las barreras de celdas de almacenamiento de energía eléctrica pueden incluir más que el número ilustrado y específicamente descrito de capas de material de aislamiento térmico y capas de material elástico.

La descripción anterior de las realizaciones ilustradas, incluido lo que se describe en el resumen, no pretende ser exhaustiva o limitar las realizaciones a las formas precisas descritas. Sin embargo, realizaciones y ejemplos específicos se describen en el presente documento con fines ilustrativos.

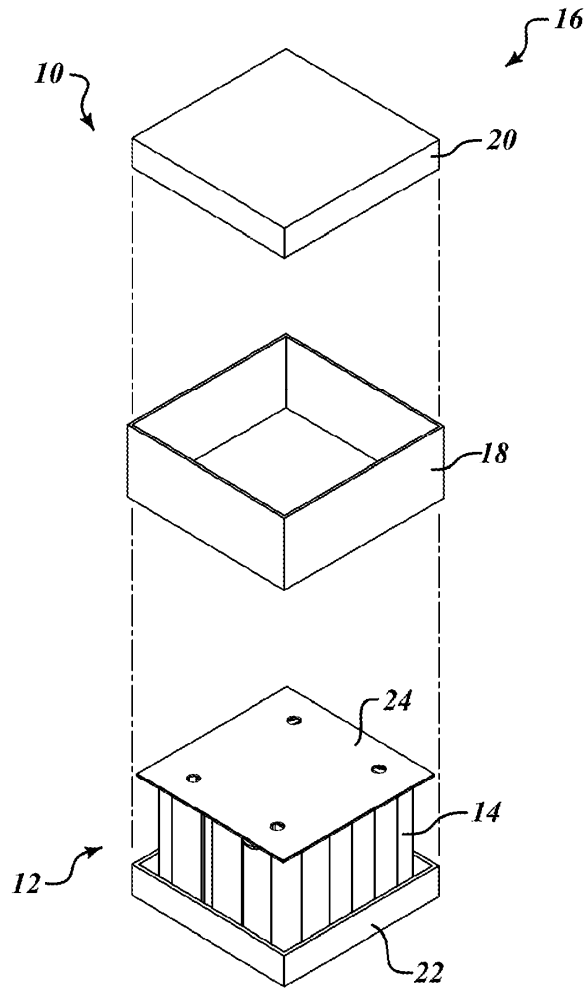
**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para fabricar un dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica, que comprende:
  - 5 proporcionar, dentro de una carcasa de dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica portátil, un primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que incluye una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica;
  - 10 proporcionar dentro de la carcasa del dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica portátil y junto al primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica, un segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que incluye una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica;
  - 15 proporcionar un material de absorción de energía térmica en la carcasa; y
  - 20 proporcionar un elemento de sacrificio dentro de la carcasa y dentro del material absorbente de energía térmica, estando el elemento de sacrificio formado por un material que no se descompone térmicamente cuando se expone a un entorno por debajo de una primera temperatura y se descompone térmicamente cuando se expone a un entorno a una segunda temperatura mayor que la primera temperatura.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además ubicar el elemento de sacrificio entre el primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y el segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica.
- 25 3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la segunda temperatura es mayor o igual a aproximadamente 50 °C.
4. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la segunda temperatura es mayor o igual a aproximadamente 60 °C.
- 30 5. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el material descompuesto tiene un volumen que es al menos un 100 % menor que el volumen del material antes de la descomposición.
- 35 6. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el material absorbente de energía térmica es un material de cambio de fase.
7. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además:
  - 40 proporcionar otro elemento de sacrificio formado por un material que no se descompone térmicamente cuando se expone a un entorno por debajo de una primera temperatura y se descompone térmicamente cuando se expone a un entorno a una segunda temperatura mayor que la primera temperatura, estando el otro elemento de sacrificio ubicado entre la carcasa del dispositivo de almacenamiento energía eléctrica portátil y el primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y el segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica.
- 45 8. Un dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica, que comprende:
  - 50 un primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que incluye una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica;
  - 55 un segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica que incluye una pluralidad de celdas de almacenamiento de energía eléctrica, estando el segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica colocado adyacente al primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica;
  - un material de absorción de energía térmica; y
  - un elemento de sacrificio formado por un material que no se descompone térmicamente cuando se expone a un entorno por debajo de una primera temperatura y se descompone térmicamente cuando se expone a un entorno a una segunda temperatura mayor que la primera temperatura, estando el elemento de sacrificio ubicado dentro del material de absorción de energía térmica.
- 60 9. El dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica de la reivindicación 8, en el que el elemento de sacrificio está situado entre el primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y el segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica.

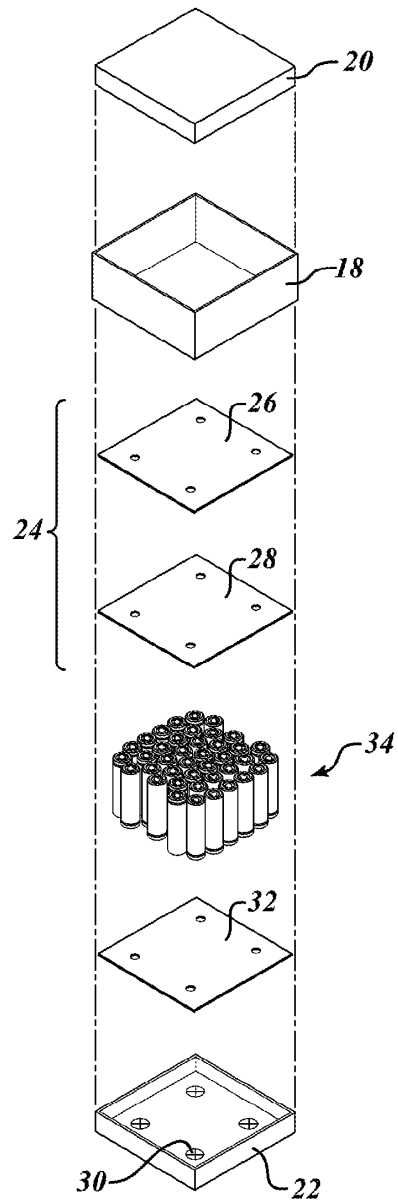
65

10. El dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica de la reivindicación 8, en el que la segunda temperatura es mayor o igual a aproximadamente 50 °C.
- 5 11. El dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica de la reivindicación 8, en el que la segunda temperatura es mayor o igual a aproximadamente 60 °C.
- 10 12. El dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica de la reivindicación 8, en el que el material descompuesto tiene un volumen que es al menos un 100 % menor que el volumen del material antes de la descomposición.
13. El dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica de la reivindicación 8, en el que el material absorbente de energía térmica es un material de cambio de fase.
- 15 14. El dispositivo portátil de almacenamiento de energía eléctrica de la reivindicación 8, que comprende además:  
una carcasa del dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica portátil, el primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y el segundo módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica situado dentro de la carcasa; y  
20 otro elemento de sacrificio formado por un material que no se descompone térmicamente cuando se expone a un entorno por debajo de una primera temperatura y se descompone térmicamente cuando se expone a un entorno a una segunda temperatura mayor que la primera temperatura, estando el otro elemento de sacrificio ubicado entre la carcasa del dispositivo de almacenamiento energía eléctrica portátil y el primer módulo de celdas de almacenamiento de energía eléctrica y el segundo módulo de celdas de almacenamiento de  
25 energía eléctrica.

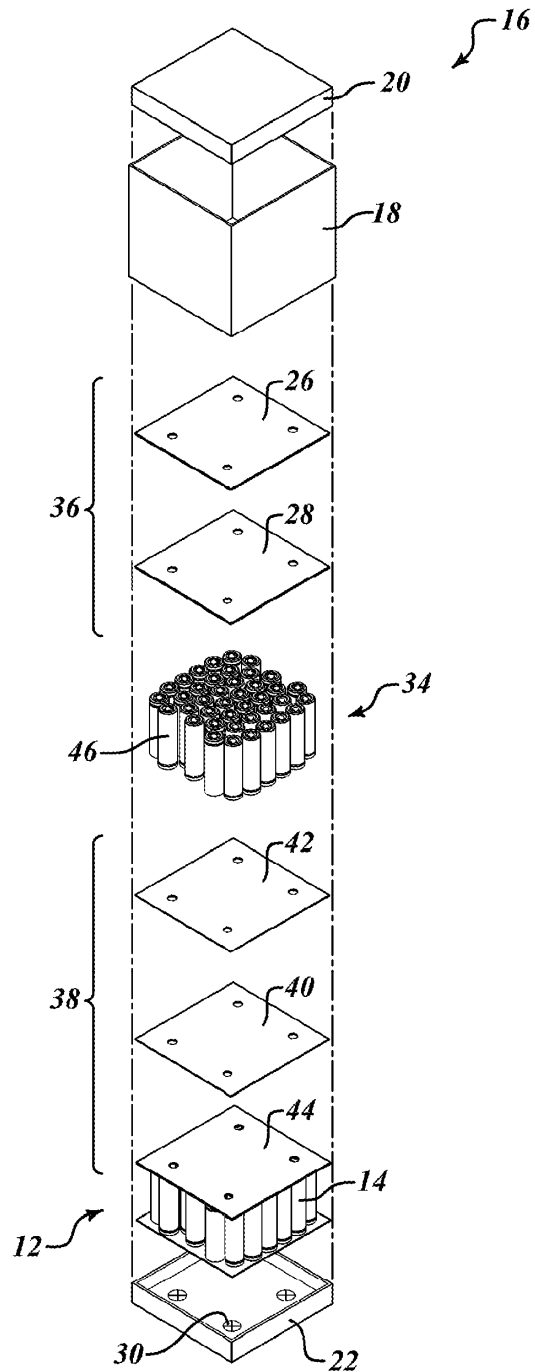




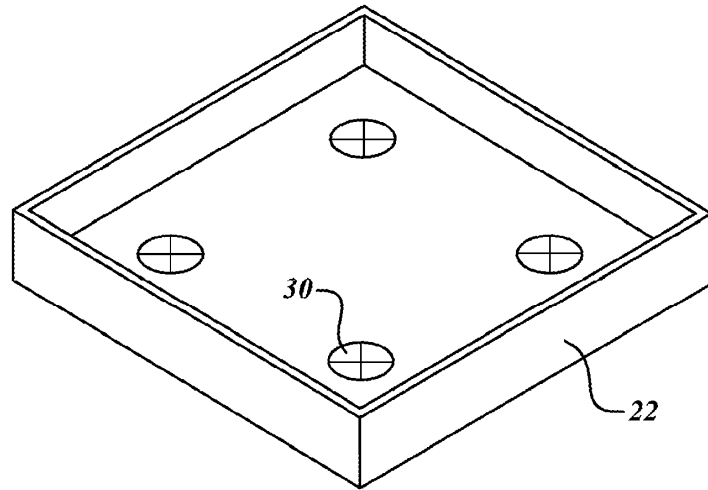
**FIG.1**



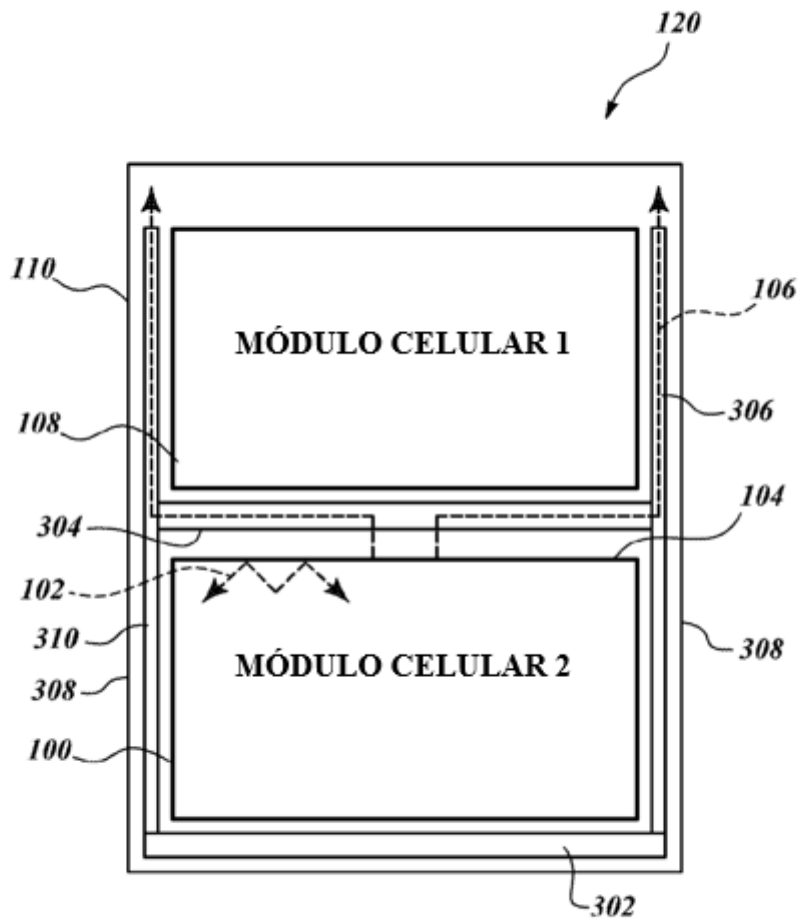
**FIG. 2**



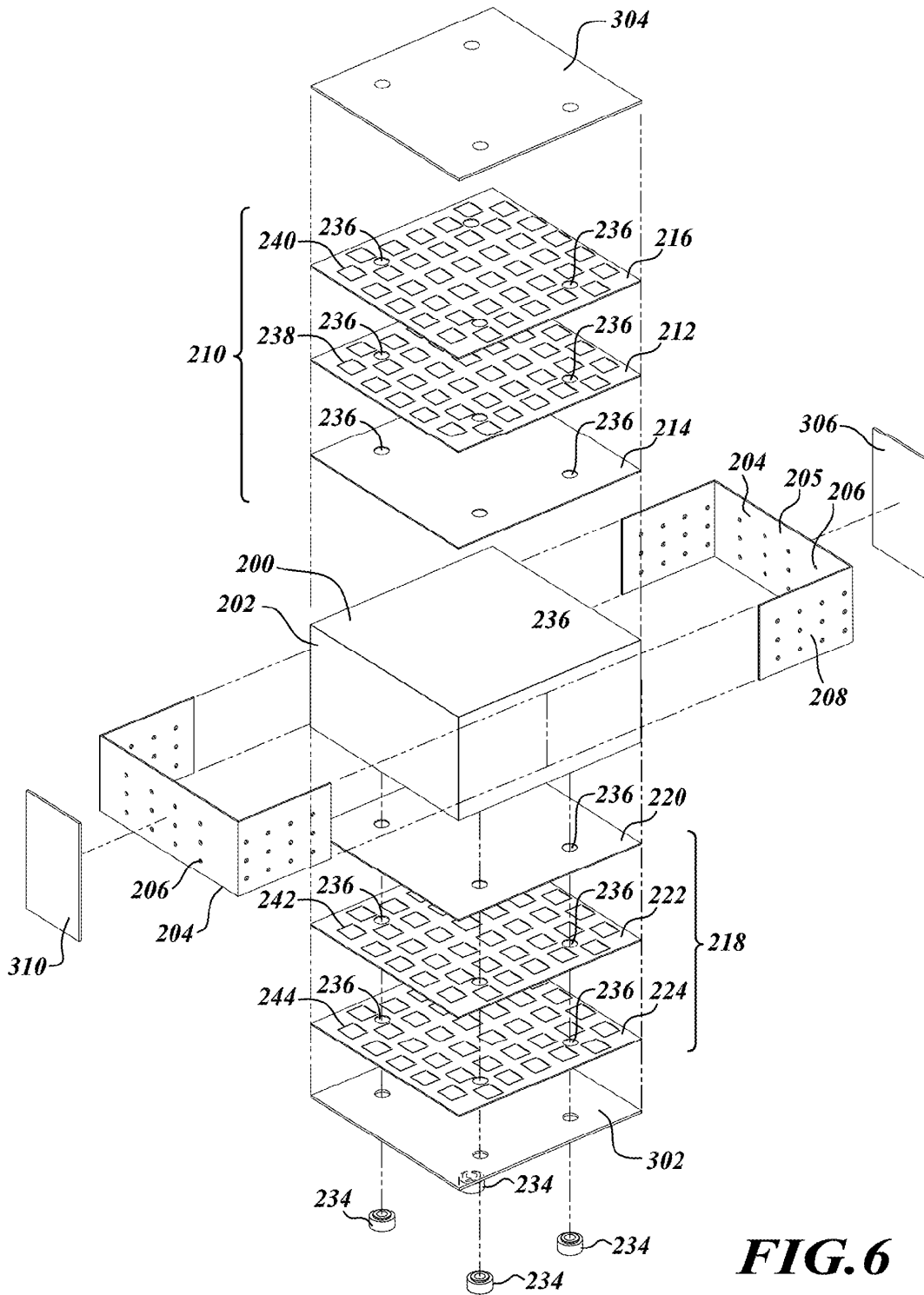
**FIG.3**



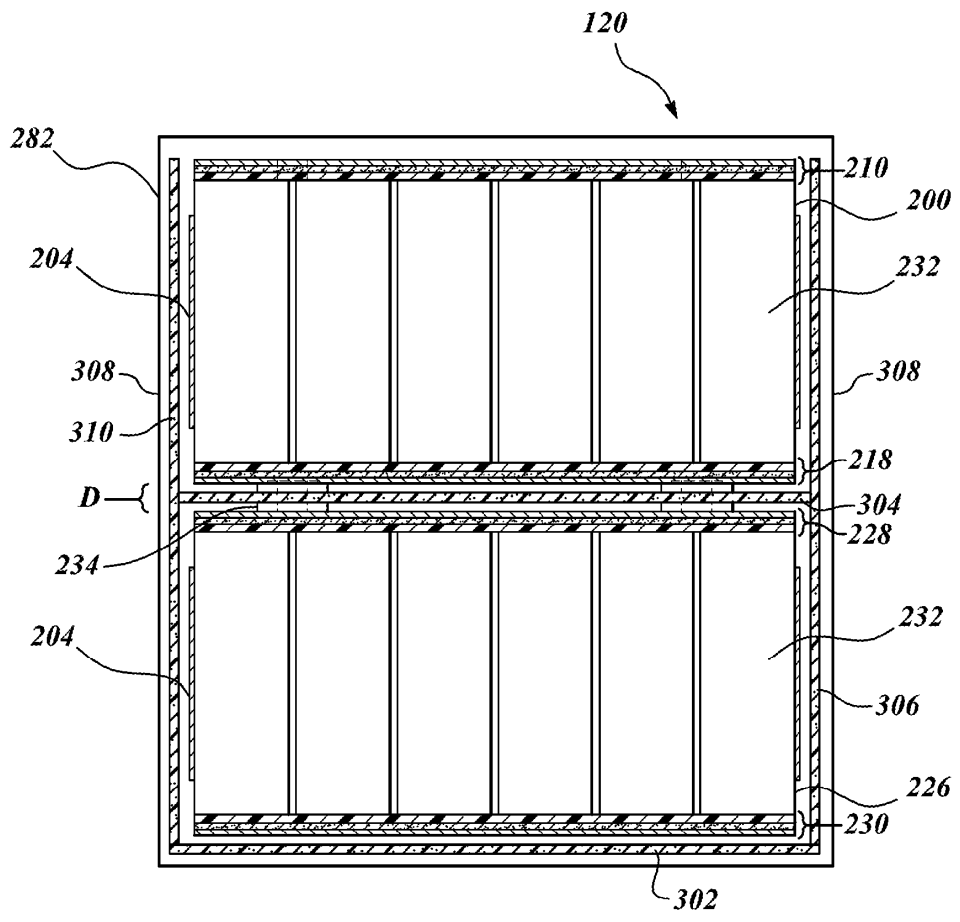
**FIG.4**



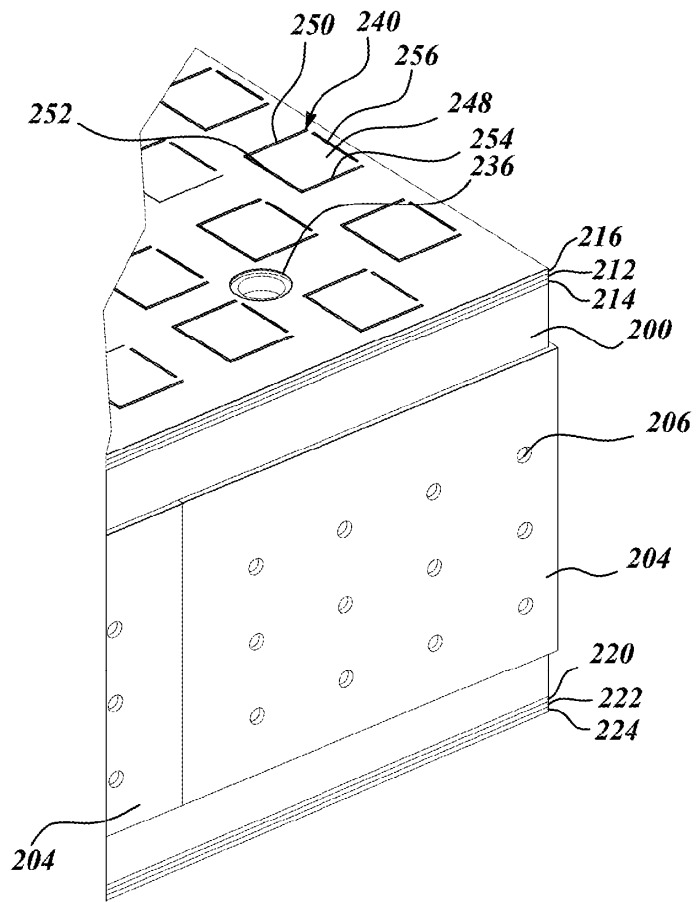
**FIG.5**



**FIG. 6**

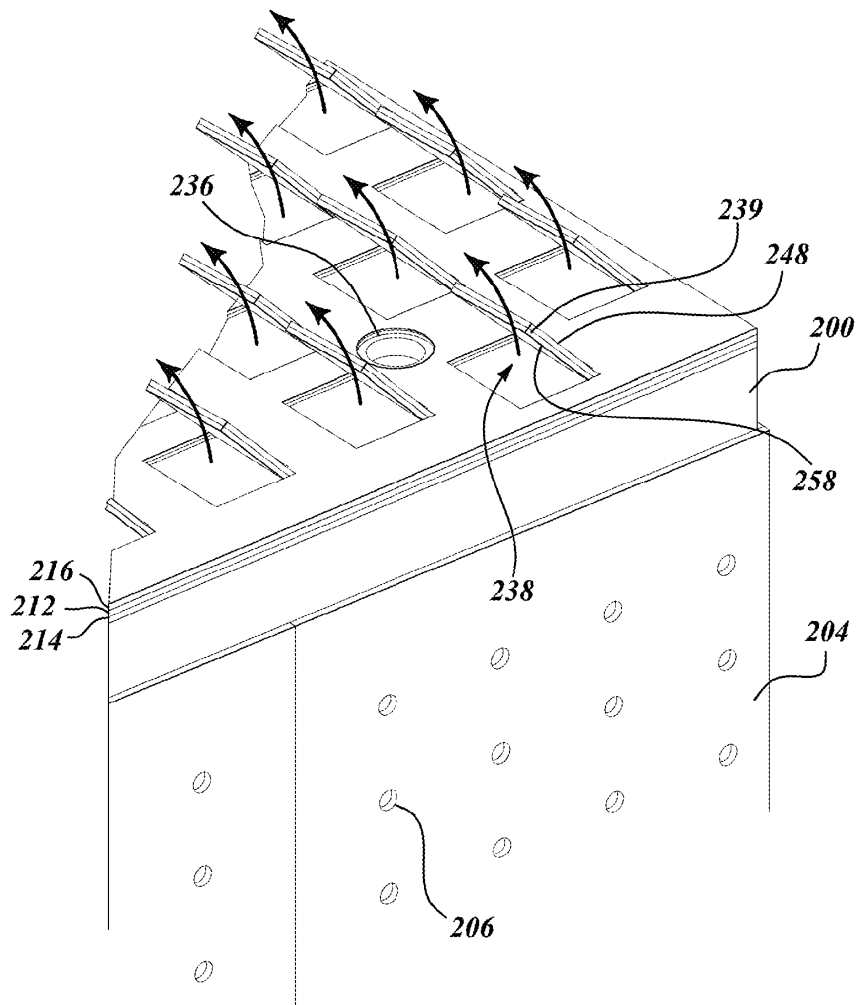


**FIG. 7**



**FIG. 8**





**FIG. 9**