

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 015 704**

51 Int. Cl.:

H01M 4/04 (2006.01)
H01M 4/139 (2010.01)
H01M 4/1391 (2010.01)
H01M 4/1393 (2010.01)
H01M 4/1395 (2010.01)
H01M 4/38 (2006.01)
H01M 4/485 (2010.01)
H01M 4/583 (2010.01)
H01M 4/62 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.10.2018 PCT/US2018/058185**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **09.05.2019 WO19089574**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.10.2018 E 18801242 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.01.2025 EP 3704753**

54 Título: **Métodos y aparatos para la fabricación de electrodos de dispositivo de almacenamiento de energía**

30 Prioridad:

02.11.2017 US 201762580920 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.05.2025

73 Titular/es:

TESLA, INC. (100.00%)
1 Tesla Road
Austin, TX 78725, US

72 Inventor/es:

MITCHELL, PORTER

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 3 015 704 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

Métodos y aparatos para la fabricación de electrodos de dispositivo de almacenamiento de energía

5 **Antecedentes****Campo**

10 La presente invención se refiere a un aparato para formar un dispositivo de almacenamiento de energía, y métodos para fabricar electrodos de dispositivo de almacenamiento de energía.

Descripción de la técnica relacionada

15 Para alimentar dispositivos electrónicos pueden utilizarse diversos tipos de dispositivos de almacenamiento de energía, incluyendo, por ejemplo, condensadores, baterías, híbridos condensador-batería y células de combustible. Estos dispositivos de almacenamiento de energía pueden tener un ánodo y un cátodo compuestos por una o más películas de electrodo. Las películas de electrodo pueden comprender un aglutinante polimérico y uno o más componentes activos de electrodo. Un rendimiento eléctrico del dispositivo de almacenamiento de energía puede depender de una o más propiedades del aglutinante y de los componentes activos de electrodo. El rendimiento eléctrico deseado del dispositivo de almacenamiento de energía puede lograrse seleccionando el tipo de aglutinante, componentes activos de electrodo, y/o procesos utilizados para fabricar la película de electrodo.

25 El documento Glebov, E. M. *et al.*, "Coating of Metal Powders with Polymers in Supercritical Carbon Dioxide", Ind. Eng. Chem. Res. 2001, 40, 19, págs. 4058-4068, se refiere al dióxido de carbono supercrítico utilizado como disolvente para producir películas poliméricas sobre placas de sílice fundida y metal (Al, Mg) en polvo. El documento ejemplifica dos polímeros, poli(fluoruro de vinilideno) y poli(4-vinilbifenilo) (PVB). Las partículas de polvo metálico recubiertas de polímeros presentan una mayor resistencia a la disolución en soluciones acuosas básicas y ácidas. Las propiedades protectoras de las películas se cuantificaron basándose en la velocidad de disolución. El grosor medio de las películas de PVB (que contienen anillos aromáticos) se evaluó usando espectroscopia de absorción UV. Se desarrolló una técnica para medir las solubilidades de polímeros poco solubles en dióxido de carbono supercrítico. Se evaluó el efecto de las condiciones de recubrimiento sobre las propiedades protectoras de las películas poliméricas producidas.

35 El documento Wang, J., *et al.*, "Coating carbon nanotubes with polymer in supercritical carbon dioxide", Chem. Com. 2006, págs. 1670-1672, se refiere a un método fácil y eficaz desarrollado para recubrir MWNT con polímero resistente a disolventes en CO₂sc, que permite la deposición selectiva de polímero de injerto fluorado de alto peso molecular poli(metil vinil éter-alt-anhídrido maleico) sobre MWNT en CO₂sc bajo 100-170 bar a 40 °C y forma nanoestructuras cuasi unidimensionales con núcleos conductores y superficies aislantes.

40 El documento US 2009/194747 se refiere a un método para mejorar la estabilidad medioambiental de los materiales de cátodo utilizados en baterías a base de litio. La mayoría de los materiales activos de cátodo utilizados actualmente son muy sensibles a las condiciones ambientales, por ejemplo, lo que provoca la captación de humedad y CO₂, que causan problemas de manipulación del material, especialmente durante la preparación de los electrodos, y a la formación de gases durante los ciclos de carga y descarga. Materiales aglutinantes utilizados para fabricar cátodos, tales como PVDF y PTFE, se mezclan con y/o recubren los materiales de cátodo para mejorar la sensibilidad medioambiental de los materiales de cátodo.

50 Sin embargo, la fabricación de dispositivos de almacenamiento de energía puede suponer costes considerables. En particular, la fabricación de electrodos de acuerdo con la memoria descriptiva puede requerir importantes recursos. Una de las dificultades consiste en eliminar los disolventes y otros aditivos de procesamiento de las películas de electrodo tras su fabricación. En la fabricación de electrodos húmedos, la eliminación del disolvente puede requerir grandes cantidades de energía y tiempo durante los cuales se ocuparán valiosos recursos de fabricación. Las técnicas de fabricación mejoradas también pueden ofrecer electrodos de mejor rendimiento debido a, por ejemplo, proporcionar una distribución más homogénea de los materiales activos y aglutinantes. Las técnicas convencionales de fabricación de electrodos secos evitan algunos de estos problemas, pero a costa de introducir otros problemas que se analizan más en detalle en el presente documento. Por tanto, existe la necesidad de técnicas de fabricación de electrodos mejoradas.

Sumario

60 Algunas realizaciones proporcionan un aparato para formar una mezcla de película de electrodo de dispositivo de almacenamiento de energía de acuerdo con la reivindicación 1. Por tanto, el aparato comprende una primera fuente que contiene una dispersión polimérica que comprende un aglutinante polimérico y un fluido crítico o supercrítico, en donde el aglutinante polimérico es un primer componente de una mezcla de película de electrodo de dispositivo de almacenamiento de energía, una segunda fuente que comprende un segundo componente de la mezcla de película de electrodo de dispositivo de almacenamiento de energía, un mezclador configurado para recibir la dispersión polimérica y el segundo componente, para formar una suspensión espesa que comprenda la dispersión polimérica y

el segundo componente, y un descompresor configurado para recibir y descomprimir la suspensión espesa y para vaporizar el fluido crítico o supercrítico y depositar aglutinante polimérico seco sobre el segundo componente.

5 Otras realizaciones proporcionan un método para formar una mezcla de película de electrodo de dispositivo de almacenamiento de energía de acuerdo con la reivindicación 8, y que por tanto comprende proporcionar una dispersión polimérica que comprenda un aglutinante polimérico disperso en un fluido crítico o supercrítico, en donde el aglutinante polimérico es un primer componente de una mezcla de película de electrodo de dispositivo de almacenamiento de energía, proporcionar un segundo componente de la mezcla de película de electrodo de dispositivo de almacenamiento de energía, formar una suspensión espesa que comprenda la dispersión polimérica y el segundo componente, y
10 descomprimir la suspensión espesa y vaporizar el fluido crítico o supercrítico y depositar aglutinante polimérico seco sobre el segundo componente.

Con el fin de resumir la invención y las ventajas logradas sobre la técnica anterior, en el presente documento se describen determinados objetivos y ventajas. Por supuesto, debe entenderse que no necesariamente todos estos
15 objetivos o ventajas deben lograrse de acuerdo con cualquier realización particular. Por tanto, por ejemplo, los expertos en la materia reconocerán que la invención puede materializarse o llevarse a cabo de manera que pueda conseguirse u optimizarse una ventaja o un grupo de ventajas sin conseguir necesariamente otros objetivos o ventajas.

Se pretende que todas estas realizaciones estén dentro del alcance de la invención divulgada en el presente documento. Estas y otras realizaciones llegarán a ser fácilmente evidentes a esos expertos en la materia a partir de la descripción detallada siguiente que hace referencia a las figuras adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

25 Estas y otras características, aspectos y ventajas de la presente divulgación se describen con referencia a los dibujos de determinadas realizaciones, que pretenden ilustrar determinadas realizaciones.

La figura 1 es un diagrama esquemático de un dispositivo de almacenamiento de energía que comprende una o más películas de electrodo.
30 La figura 2 es un diagrama de flujo de proceso de una realización de un proceso para formar una mezcla de película de electrodo.
La figura 3 es un diagrama esquemático de una realización de un aparato para fabricar una mezcla de película de electrodo.

35 Descripción detallada

Definiciones

Como se utilizan en el presente documento, los términos "batería" y "condensador" deben entenderse en su sentido corriente y habitual para un experto en la materia. Los términos "batería" y "condensador" no son excluyentes entre sí. Un condensador o batería puede referirse a una sola célula electroquímica que puede funcionar sola o como
40 componente de un sistema de múltiples células.

Como se utiliza en el presente documento, la tensión de un dispositivo de almacenamiento de energía es la tensión de funcionamiento de una sola célula de batería o condensador. La tensión puede superar la tensión nominal o ser inferior a la tensión nominal bajo carga, o de acuerdo con las tolerancias de fabricación.

Como se proporciona en el presente documento, una película de electrodo "autoportante" es una película de electrodo que incorpora estructuras de matriz aglutinante suficientes para soportar la película o capa y mantener su forma de modo que la película o capa de electrodo pueda ser independiente. Cuando se incorpora a un dispositivo de almacenamiento de energía, una película de electrodo autoportante o capa activa es aquella que incorpora dichas estructuras de matriz aglutinante. En general, y dependiendo de los métodos empleados, dichas películas o capas activas de electrodo son lo suficientemente resistentes como para emplearse en procesos de fabricación de dispositivos de almacenamiento de energía sin necesidad de elementos de soporte externos, tales como un colector de corriente, bandas de soporte u otras estructuras, aunque pueden emplearse elementos de soporte para facilitar los
50 procesos de fabricación de dispositivos de almacenamiento de energía. Por ejemplo, una película de electrodo "autoportante" puede tener la resistencia suficiente para ser enrollada, manipulada y desenrollada dentro de un proceso de fabricación de electrodos sin otros elementos de soporte. Una película de electrodo seco, tal como una película de electrodo catódico o una película de electrodo anódico, puede ser autoportante.

Como se proporciona en el presente documento, una película de electrodo "sin disolventes" es una película de electrodo que no contiene disolventes de procesamiento, residuos de disolventes de procesamiento o impurezas de disolventes de procesamiento detectables. Los disolventes de procesamiento o disolventes tradicionales incluyen disolventes orgánicos. Una película de electrodo seco, tal como una película de electrodo catódico o una película de electrodo anódico, puede ser sin disolventes.
65

Un electrodo "húmedo" o electrodo de "proceso húmedo" es un electrodo preparado mediante al menos una etapa que implica una suspensión espesa de material(es) activo(s), aglutinante(s) y disolventes de procesamiento, residuos de disolventes de procesamiento y/o impurezas de disolventes de procesamiento. Un electrodo húmedo puede incluir opcionalmente aditivo(s).

5

Descripción

En el presente documento se proporcionan aparatos y procesos para formar una mezcla de película de electrodo de dispositivo de almacenamiento de energía. El aparato o el proceso proporcionan un primer componente de una mezcla de película de electrodo, que puede comprender una dispersión polimérica, comprendiendo la dispersión polimérica un fluido crítico o supercrítico y un polímero. El polímero puede ser adecuado para usar en la unión de un material activo en una película de electrodo. El aparato o proceso proporciona además un segundo componente de la mezcla de película de electrodo, que puede comprender un material activo de electrodo. El aparato o proceso proporciona además un mezclador en comunicación fluida con una primera entrada configurada para recibir la dispersión polimérica, y una segunda entrada configurada para recibir el segundo componente de la mezcla de película de electrodo.

Los aparatos o procesos descritos en el presente documento proporcionan una o más ventajas en comparación con los aparatos o procesos convencionales para formar películas de electrodo húmedo o seco, o las materias primas utilizadas para formar dichas películas. Por ejemplo, uno o más aparatos o procesos descritos en el presente documento pueden facilitar la formación de películas de electrodo más gruesas para proporcionar un mayor rendimiento de densidad de energía del dispositivo, en comparación con las películas de electrodo fabricadas mediante procesos de recubrimiento húmedo. Como otro ejemplo, uno o más aparatos o procesos descritos en el presente documento pueden reducir los costes de fabricación en comparación con otros aparatos o procesos de fabricación de electrodos.

Algunos procesos convencionales de películas de electrodo utilizan materias primas en suspensión espesa en un disolvente de procesamiento, tal como un disolvente orgánico, que posteriormente se aplica a un colector de corriente y se seca para formar una película de electrodo. La velocidad a la que se secan dichas películas de electrodo húmedo puede verse afectada por la cinética de secado de uno o más disolventes orgánicos de la suspensión espesa utilizada en los procesos de recubrimiento húmedo. La velocidad a la que se pueden secar las películas de electrodo también puede verse afectada por el grosor de las películas de electrodo. Por ejemplo, la velocidad a la que se secan las películas de electrodo más gruesas suele disminuirse para reducir o evitar los defectos de secado. La cinética de vaporización de los uno o más disolventes orgánicos puede afectar de este modo a la duración de una etapa de secado utilizada para conseguir el secado deseado de la película de electrodo, y/o a la longitud física del secador utilizado para secar dichas películas de electrodo. La duración del secado y la longitud del secador pueden contribuir al coste de fabricación de dichos electrodos. Mientras que electrodos más gruesos pueden ser deseados para proporcionar una mayor densidad de energía del dispositivo, el coste de fabricación de las películas de electrodo a partir de un determinado grosor puede ser prohibitivo. Por ejemplo, el coste del equipo utilizado para secar las películas de electrodo recubiertas en húmedo puede aumentar más que proporcionalmente, por ejemplo, de forma aproximadamente exponencial, a medida que aumenta la longitud de los hornos de secado. En el presente documento se proporcionan aparatos y métodos para la fabricación de películas de electrodo para dispositivos de almacenamiento de energía sin el uso de equipos de secado o una etapa de secado discreta, y/o sin una etapa de secado de una película de electrodo. En algunas implementaciones, no se utilizan disolventes tradicionales ni de transformación, tales como los disolventes orgánicos, en cualquier fase del proceso de fabricación de películas de electrodo.

Los procesos convencionales de fabricación de películas de electrodo seco utilizan materias primas secas, que reducen o eliminan la necesidad de los secadores requeridos en los procesos de película de electrodo húmedo como los descritos anteriormente. Estos procesos de fabricación de películas de electrodo seco utilizan equipos y procesos de alto cizallamiento, tales como el fresado por chorro, para proporcionar suficiente cizallamiento para reducir de tamaño y/o fibrilizar un material aglutinante. Dichos procesos pueden limitarse a utilizar únicamente un aglutinante fibrilizable, o limitarse incluso más a utilizar únicamente un aglutinante específico, tal como politetrafluoroetileno (PTFE). Por ejemplo, una mezcla que comprende un material aglutinante, tal como PTFE, y otros componentes de película de electrodo, puede ser molida por chorro de tal manera que se puedan proporcionar altas fuerzas de cizallamiento para separar los aglomerados de material aglutinante en partículas finamente divididas y/o fibrilizar el material aglutinante, de tal manera que el material aglutinante pueda recubrir los demás componentes de película de electrodo. El polvo seco procesado resultante puede comprimirse con calor y presión utilizando un laminador para formar una película. El proceso de formación de película puede seleccionarse para proporcionar estructura a la película del electrodo, tal como mediante un aglutinante polimérico que se cohesiona y adhiere a otros componentes de la película. El resultado puede ser, por ejemplo, una matriz fibrilizada a través de la película. El grosor de la película puede depender de la separación entre rodillos del laminador, presión aplicada durante el proceso de compresión, y/o número de veces que se comprime la película. El proceso de fabricación en seco puede dar lugar a una matriz fibrilizada tal que la película de electrodo sea una película de electrodo autoportante.

Sin embargo, procesos de alto cizallamiento tales como los utilizados en la fabricación típica de electrodos secos pueden dañar uno o más componentes de la mezcla de película de electrodo. Este daño puede reducir el rendimiento

de un electrodo que se forma a partir de estos componentes. Por ejemplo, el uso de un proceso de molienda por chorro para ejercer altas fuerzas de cizallamiento para separar los aglomerados de material aglutinante y/o fibrilizar el material aglutinante puede degradar indeseablemente las propiedades superficiales de uno o más otros componentes de la mezcla de película de electrodo. Sin desear quedar limitado a teoría alguna, se cree que las fuerzas aplicadas en el procesamiento por alto cizallamiento pueden alterar la forma del material o materiales activos, y/o pueden dañar la superficie del material activo. Por ejemplo, las partículas de material activo pueden romperse, fusionarse, decaparse o alterarse químicamente durante dicho procesamiento.

Los materiales activos incorporados en electrodos de dispositivos de almacenamiento de energía pueden tener superficies recubiertas y/o tratadas. Por ejemplo, materiales de carbono y, en particular, materiales grafiticos, pueden estar recubiertos de carbono amorfo. Como alternativa o además, los materiales grafiticos pueden tratarse superficialmente para reducir las ineficiencias de primer ciclo durante la formación de la interfase sólido-electrolito, o mejorar la vida del ciclo de la célula. Por ejemplo, una o más propiedades superficiales del carbono en la mezcla de película de electrodo pueden degradarse. Dicha degradación de las propiedades superficiales puede afectar negativamente a una o más propiedades eléctricas del dispositivo de almacenamiento de energía.

Sin desear quedar limitado a teoría alguna, se cree que la composición de la superficie de material activo afecta a los procesos de degradación dentro del dispositivo de almacenamiento de energía, por ejemplo, del electrolito y las impurezas en su interior, y también afecta a la formación de una capa de interfase sólido-electrolito (SEI). Los materiales activos tratados superficialmente pueden presentar un mejor rendimiento en un electrodo de dispositivo de almacenamiento de energía en comparación con material(es) activo(s) que tienen superficies no tratadas. El mejor rendimiento puede deberse a, por ejemplo, formación de fisuras y/o agrietamiento reducidos, separación reducida de material(es) activo(s) de un colector de corriente, descomposición reducida del electrolito, y/o formación de gases reducida. Por tanto, una película de electrodo seco fabricada utilizando material de película de electrodo seco fabricado a partir de uno o más procesos descritos en el presente documento demuestra propiedades eléctricas mejoradas, por ejemplo, debido a la mejora de la integridad de uno o más componentes de la película de electrodo.

En el presente documento se describen materiales y métodos que proporcionan material(es) activo(s) con daños superficiales reducidos durante la fabricación. Determinadas realizaciones de dispositivos de almacenamiento de energía proporcionadas en el presente documento proporcionan materiales grafiticos con daño superficial reducido tras el procesamiento. En particular, se proporcionan películas de electrodos autoportantes que incluyen dicho(s) material(es) activo(s). Los procesos descritos en el presente documento pueden evitar la exposición de componentes de la película de electrodo a fuerzas de cizallamiento elevadas, facilitando la preservación de la integridad de los componentes. En algunas realizaciones, los costes de fabricación pueden reducirse al reducir o eliminar el uso de molinos de chorro u otros aparatos de alto cizallamiento, y el equipo asociado, tales como compresores de aire y/o mezcladores asociados.

Adicionalmente, películas de electrodo fabricadas usando procesos típicos de fabricación de electrodos secos, incluyendo procesos de alto cizallamiento, puede limitarse a aquellos materiales aglutinantes que son fibrilizables usando altas fuerzas de cizallamiento, tales como, por ejemplo, PTFE. Por tanto, los procesos típicos de fabricación de electrodos secos pueden limitar la elección del aglutinante, lo que, a su vez, puede limitar los materiales utilizados en el dispositivo de almacenamiento de energía. Como un ejemplo, el uso de aglutinante PTFE puede conducir a un rendimiento reducido, vida útil de las células reducida, o incluso ser incompatible con los materiales utilizados en determinados tipos de dispositivos de almacenamiento de energía, y puede ser, por ejemplo, incompatible con otro u otros componentes de determinadas películas de electrodo. Por ejemplo, el PTFE puede ser un aglutinante inadecuado para determinadas aplicaciones de película de electrodo debido a su posible reactividad en entornos de baja tensión. Los procesos descritos en el presente documento pueden ser compatibles con materiales aglutinantes distintos de PTFE, facilitando de este modo el uso de materiales aglutinantes más compatibles con el litio para fabricar electrodos para usar en dispositivos de almacenamiento de energía basados en iones de litio. Por tanto, en el presente documento se proporcionan procesos de electrodos secos que son compatibles con los aglutinantes utilizados como alternativa al PTFE o en combinación con éste.

En algunas realizaciones, se proporcionan procesos y aparatos para preparar dichas mezclas de película de electrodo. La mezcla de película de electrodo resultante del aparato o método incluye un primer componente, que puede comprender una dispersión polimérica, y un segundo componente, que puede comprender un material activo de electrodo. En algunas realizaciones, una mezcla de película de electrodo comprende partículas de un componente de película de electrodo recubiertas por un aglutinante polimérico, siendo el componente de película de electrodo un material diferente del polímero. Por ejemplo, el polímero puede ser un aglutinante polimérico, que puede ser un fluoropolímero. En algunas realizaciones, el fluoropolímero comprende, consiste esencialmente o consiste en PTFE. En algunas realizaciones, el segundo componente de película de electrodo comprende grafito. El segundo componente de película de electrodo puede ser un material electroquímicamente activo adecuado para usar como material activo de cátodo de batería. En algunas realizaciones, el segundo componente de película de electrodo comprende un óxido metálico de litio. El segundo componente de película de electrodo puede comprender carbono amorfo. La mezcla de película de electrodo puede comprender una pluralidad de partículas de grafito recubiertas de PTFE. El término "recubierto" puede incluir una película sustancialmente continua del aglutinante polimérico que rodea y cubre cada una de las partículas de componente de película de electrodo (por ejemplo, un material activo tal como grafito), por

ejemplo, mediante interacciones dipolares inducidas y/o fuerzas de dispersión de London que hacen que el aglutinante polimérico se fusione y rodee al segundo componente de película de electrodo.

En algunas realizaciones, un aparato para formar una o más mezclas de película de electrodo descrito en el presente documento comprende un descompresor. En algunas realizaciones, el aparato comprende una primera fuente que aloja una dispersión polimérica que comprende un fluido crítico o supercrítico y un aglutinante polimérico, una segunda fuente que aloja un segundo componente de mezcla de película de electrodo, y un mezclador configurado para recibir desde la primera fuente la dispersión y desde la segunda fuente el segundo componente de mezcla de película de electrodo. El mezclador está configurado para combinar la dispersión y el segundo componentes de mezcla de película de electrodo para proporcionar una suspensión espesa. En algunas realizaciones, el aparato comprende un descompresor configurado para recibir la suspensión espesa, y un recipiente colector configurado para recibir una salida del descompresor. En algunas realizaciones, el descompresor y el recipiente colector pueden ser coextensivos, por ejemplo, el recipiente colector y el descompresor pueden compartir un componente.

En algunas realizaciones, un proceso para preparar una o más mezclas de película de electrodo descrito en el presente documento comprende proporcionar en el mezclador la dispersión polimérica que comprende un aglutinante polimérico y un fluido crítico o supercrítico procedente de la primera fuente, y el segundo componente de mezcla de película de electrodo procedente de la segunda fuente. En el mezclador puede formarse una suspensión espesa que comprenda la dispersión polimérica y el segundo componente de mezcla de película de electrodo. La suspensión espesa se proporciona al descompresor, donde la suspensión espesa se descomprime para vaporizar la porción de fluido crítico o supercrítico de la suspensión espesa, tal como el dióxido de carbono supercrítico. El proceso deposita un aglutinante polimérico seco y un segundo componente de mezcla de película de electrodo. En algunas realizaciones, con el aglutinante polimérico seco se recubre el segundo componente de mezcla de película de electrodo. En algunas realizaciones, el segundo componente de mezcla de película de electrodo recubierto se recibe en el recipiente colector.

Como se proporciona en el presente documento, una "dispersión", y que incluye una "dispersión polimérica" es una composición que incluye un material sólido o semisólido disperso en una fase fluida. El material puede ser un polímero, por ejemplo, un aglutinante polimérico como se proporciona en el presente documento, para formar una "dispersión polimérica". Una dispersión como se proporciona en el presente documento puede ser una solución del material disuelto en el fluido.

En algunas realizaciones, el aglutinante no es PTFE. En realizaciones adicionales, la dispersión polimérica no comprende PTFE.

La película de electrodo formada a partir de una mezcla de película de electrodo proporcionada en el presente documento puede ser adecuada para usar en un ánodo o cátodo de un dispositivo de almacenamiento de energía. Por ejemplo, la película de electrodo puede estar acoplada a un colector de corriente de un ánodo o un cátodo, por ejemplo, usando un proceso de laminación. Las películas de electrodo descritas en el presente documento pueden utilizarse para formar ánodos y/o cátodos de un dispositivo de almacenamiento de energía, por ejemplo, baterías, condensadores, híbridos condensador-batería, células de combustible, combinaciones de los mismos y similares. El dispositivo de almacenamiento de energía puede funcionar con o sin litio. En algunas realizaciones, las películas de electrodo pueden utilizarse para fabricar baterías, tales como baterías de iones de litio u otras baterías de iones metálicos. En algunas realizaciones, las películas de electrodo pueden utilizarse para fabricar ultracondensadores, tales como condensadores eléctricos de doble capa (EDLC). En algunas realizaciones, las películas de electrodo pueden utilizarse para fabricar condensadores de iones de litio. La película de electrodo puede ser una película de electrodo autoportante como se proporciona en el presente documento.

La figura 1 muestra una vista en corte transversal lateral esquemática de un dispositivo de almacenamiento de energía 100. El dispositivo de almacenamiento de energía 100 puede ser cualquier número de dispositivos de almacenamiento de energía, tales como un condensador de iones de litio, batería de iones de litio o un condensador eléctrico de doble capa. El dispositivo 100 puede ser otros tipos de condensadores, baterías, híbridos condensador-batería o células de combustible. El dispositivo de almacenamiento de energía 100 puede tener un primer electrodo 102, un segundo electrodo 104 y un separador 106 situado entre el primer electrodo 102 y el segundo electrodo 104. Por ejemplo, el primer electrodo 102 y el segundo electrodo 104 pueden colocarse adyacentes a superficies opuestas respectivas del separador 106. El primer electrodo 102 puede comprender un cátodo y el segundo electrodo 104 puede comprender un ánodo, o viceversa. El dispositivo de almacenamiento de energía 100 puede incluir un electrolito para facilitar la comunicación iónica entre los electrodos 102, 104 del dispositivo de almacenamiento de energía 100. Por ejemplo, el electrolito puede estar en contacto con el primer electrodo 102, el segundo electrodo 104 y el separador 106. El electrolito, el primer electrodo 102, el segundo electrodo 104 y el separador 106 pueden recibirse dentro de una carcasa 120 del dispositivo de almacenamiento de energía. Por ejemplo, la carcasa 120 del dispositivo de almacenamiento de energía puede sellarse tras la inserción del primer electrodo 102, el segundo electrodo 104 y el separador 106, y la impregnación del dispositivo de almacenamiento de energía 100 con el electrolito, de modo que el primer electrodo 102, el segundo electrodo 104, el separador 106 y el electrolito puedan estar físicamente sellados de un entorno externo a la carcasa.

El separador 106 puede configurarse para aislar eléctricamente dos electrodos adyacentes a lados opuestos del

separador 106, tales como el primer electrodo 102 y el segundo electrodo 104, permitiendo al mismo tiempo la comunicación iónica entre los dos electrodos adyacentes. El separador 106 puede comprender una diversidad de materiales porosos o no tejidos eléctricamente aislantes. En algunas realizaciones, el separador 106 puede comprender un material polimérico. El separador 106 puede comprender un compuesto de materiales poliméricos. El separador 106 puede comprender un compuesto de uno o más materiales poliméricos con un óxido cerámico y/o metálico. El óxido cerámico o metálico puede ser un polvo. Por ejemplo, el separador 106 puede comprender un material celulósico, tal como papel. El separador 106 puede comprender un material poroso o no tejido de polietileno (PE). El separador 106 puede comprender material de politetrafluoroetileno, tal como un material poroso de politetrafluoroetileno. El separador 106 puede comprender un material de polipropileno (PP), tal como un material poroso o no tejido de polipropileno (PP). El separador 106 puede comprender un recubrimiento de polietileno, por ejemplo, sobre un material poroso o no tejido de polipropileno o un compuesto de materiales poliméricos.

La figura 1 describe un primer electrodo 102 y el segundo electrodo 104 puede incluir un primer colector de corriente 108 y un segundo colector de corriente 110, respectivamente. El primer colector de corriente 108 y el segundo colector de corriente 110 pueden facilitar el acoplamiento eléctrico entre el electrodo correspondiente y un circuito externo (no mostrado). El primer colector de corriente 108 y el segundo colector de corriente 110 pueden comprender uno o más materiales eléctricamente conductores. El primer colector de corriente 108 y el segundo colector de corriente 110 pueden tener diversas formas y/o tamaños. El primer colector de corriente 108 y el segundo colector de corriente 110 pueden configurarse para facilitar la transferencia de cargas eléctricas entre el electrodo correspondiente y un circuito externo. Por ejemplo, el primer colector de corriente 108 puede acoplarse eléctricamente a un primer terminal 122 del dispositivo de almacenamiento de energía, tal como un terminal eléctricamente positivo, a través de una primera conexión 126. El segundo colector de corriente 110 puede acoplarse eléctricamente a un segundo terminal 124 del dispositivo de almacenamiento de energía, tal como un terminal eléctricamente negativo, a través de una segunda conexión 128. Los primer y segundo terminales del dispositivo de almacenamiento de energía, 122, 124, pueden acoplarse eléctricamente a los terminales respectivos de un circuito externo para acoplar el dispositivo de almacenamiento de energía 100 al circuito externo.

Un colector de corriente puede incluir un material metálico, tal como un material que comprende aluminio, níquel, cobre, plata, aleaciones de los mismos y/u otros materiales metálicos, o no metálicos, tales como el grafito, que permanecen inertes a los potenciales de electrodo del dispositivo. El primer colector de corriente 108 y/o el segundo colector de corriente 110 pueden comprender una lámina. El primer colector de corriente 108 y el segundo colector de corriente 110 pueden tener una forma rectangular o sustancialmente rectangular y pueden dimensionarse para proporcionar la transferencia deseada de cargas eléctricas entre el electrodo correspondiente y un circuito eléctrico externo. El dispositivo de almacenamiento de energía 100 puede comprender cualquiera de una serie de configuraciones diferentes para proporcionar dicha comunicación eléctrica entre los electrodos 102, 104 y el circuito eléctrico externo a través de los colectores de corriente 108, 110, respectivamente. Por ejemplo, dicha transferencia puede proporcionarse a través de una placa colectora de corriente y/u otro componente del dispositivo de almacenamiento de energía.

El primer electrodo 102 puede tener una primera película de electrodo 112 (por ejemplo, una película de electrodo superior) en una primera superficie del primer colector de corriente 108 (por ejemplo, en una superficie superior del primer colector de corriente 108). El primer electrodo 102 puede tener una segunda película de electrodo 114 (por ejemplo, una película de electrodo inferior) en una segunda superficie opuesta del primer colector de corriente 108 (por ejemplo, en una superficie inferior del primer colector de corriente 108). De manera similar, el segundo electrodo 104 puede tener una primera película de electrodo 116 (por ejemplo, una película de electrodo superior) en una primera superficie del segundo colector de corriente 110 (por ejemplo, en una superficie superior del segundo colector de corriente 110). El segundo electrodo 104 puede tener una segunda película de electrodo 118 en una segunda superficie opuesta del segundo colector de corriente 110 (por ejemplo, en una superficie inferior del segundo colector de corriente 110). Por ejemplo, la primera superficie del segundo colector de corriente 110 puede estar orientada hacia la segunda superficie del primer colector de corriente 108, de modo que el separador 106 sea adyacente a la segunda película de electrodo 114 del primer electrodo 102 y a la primera película de electrodo 116 del segundo electrodo 104.

Las películas de electrodo 112, 114, 116 y/o 118 pueden tener una diversidad de formas, tamaños y/o grosores adecuados. Por ejemplo, las películas de electrodo pueden tener un grosor de aproximadamente 30 micrones (μm) a aproximadamente 2000 micrones, incluyendo de aproximadamente 100 micrones a aproximadamente 250 micras, e incluyendo además de aproximadamente 30 micrones a aproximadamente 250 micrones. Las películas de electrodo de 112, 114, 116 y/o 118 pueden tener los mismos o diferentes grosores, composiciones y densidades una respecto a otras. Por ejemplo, las películas de electrodo de 112 y 114 pueden tener un diferente grosor, composición o densidad en comparación con las películas de electrodo 116 y 118. Una o más de las películas de electrodo 112, 114, 116 y/o 118 pueden fabricarse utilizando un aparato o método como se proporciona en el presente documento.

En algunas realizaciones, una película de electrodo de un ánodo y/o un cátodo de un dispositivo de almacenamiento de energía comprende una mezcla de película de electrodo que comprende un polímero, tal como un material aglutinante polimérico y uno o más otros componentes. Polímero es un término general y puede incluir homopolímeros, copolímeros y mezclas de polímeros como se proporciona en el presente documento. En algunas realizaciones, la película de electrodo de un ánodo y/o un cátodo puede incluir uno o más componentes activos de electrodo. En algunas

realizaciones, los uno o más componentes activos de electrodo comprenden carbono configurado para intercalar reversiblemente iones de litio, tal como grafito. En algunas realizaciones, el componente activo de electrodo comprende un óxido metálico de litio. En algunas realizaciones, la película de electrodo de un ánodo y/o un cátodo puede incluir uno o más aditivos, incluyendo aditivos promotores de la conductividad eléctrica o iónica. En algunas realizaciones, el aditivo promotor de la conductividad eléctrica puede ser negro de carbón. En algunas realizaciones, la mezcla de película de electrodo comprende el material aglutinante, uno o más componentes activos de electrodo, y/o uno o más aditivos promotores de la conductividad eléctrica. En algunas realizaciones, un material aglutinante puede incluir uno o más de una diversidad de materiales poliméricos adecuados, tales como politetrafluoroetileno (PTFE), polietileno de peso molecular ultra alto (UHMWPE), un aglutinante proporcionado en el presente documento, y/u otros materiales adecuados y opcionalmente fibrilizables, utilizados solos o en combinación. En algunas realizaciones, los componentes activos de electrodo incorporan una fuente rica en iones de litio con el fin de prelitir el ánodo, reduciendo o eliminando ventajosamente la ineficiencia del primer ciclo.

En algunas realizaciones, un proceso para recubrir con un polímero uno o más componentes de una mezcla de película de electrodo comprende un proceso de despresurización. Por ejemplo, puede recubrirse con PTFE uno o más componentes de la mezcla de película de electrodo usando un proceso de despresurización.

La figura 2 es un diagrama de flujo de proceso de una realización de un proceso 200 para formar una mezcla de película de electrodo. El proceso 200 proporciona un método de despresurización para recubrir con un polímero, tal como un aglutinante polimérico, uno o más otros componentes de una mezcla de película de electrodo. En el bloque 202, se proporciona una dispersión polimérica. La dispersión polimérica comprende, consiste esencialmente o consiste en un fluido y un polímero sólido o semisólido disperso dentro del fluido. En algunas realizaciones, el fluido puede comprender, consistir esencialmente o consistir en un fluido crítico o supercrítico. En algunas realizaciones, el fluido puede comprender, consistir esencialmente o consistir en dióxido de carbono supercrítico. En algunas realizaciones, el fluido no comprende un disolvente de procesamiento, tal como un disolvente orgánico. En algunas realizaciones, el polímero comprende, consiste esencialmente o consiste en un aglutinante polimérico adecuado para usar como material aglutinante de película de electrodo. El aglutinante polimérico puede comprender un material que permanezca electroquímicamente inerte durante el funcionamiento del dispositivo de almacenamiento de energía. El aglutinante polimérico puede estar disperso como partículas finas dentro de un fluido portador, o puede estar disuelto en el fluido, o una combinación de disperso y disuelto. El aglutinante polimérico puede formar mecánicamente una película cuando se mezcla con materiales activos de almacenamiento de energía. Otros tipos de polímeros que pueden utilizarse son, pero sin limitación, termoplásticos, termoestables o elastómeros. El polímero puede ser una mezcla de dos o más polímeros y/o un copolímero. El copolímero puede ser un copolímero de injerto, en bloques o aleatorio, o una combinación de los mismos.

El aglutinante polimérico puede incluir politetrafluoroetileno (PTFE), un fluoropolímero, una poliolefina, polialquilenos, poliéteres, estireno-butadieno, copolímeros de polisiloxanos y polisiloxano, poliéteres ramificados, poliviniléteres, copolímeros de los mismos, y/o mezclas de los mismos. El aglutinante polimérico puede incluir una celulosa, por ejemplo, carboximetilcelulosa (CMC). En algunas realizaciones, la poliolefina puede incluir polietileno (PE), polipropileno (PP), fluoruro de polivinilideno (PVDF), copolímeros de los mismos, y/o mezclas de los mismos. Por ejemplo, el aglutinante polimérico puede incluir cloruro de polivinileno, poli(óxido de fenileno) (PPO), polietileno-bloque-poli(etilenglicol), poli(óxido de etileno) (PEO), poli(óxido de fenileno) (PPO), polietileno-bloque-poli(etilenglicol), polidimetilsiloxano (PDMS), polidimetilsiloxano-coalquilmetilsiloxano, copolímeros de los mismos, y/o mezclas de los mismos. En algunas realizaciones, el aglutinante polimérico comprende un polímero fibrilizable.

En algunas realizaciones, el aglutinante polimérico puede comprender PTFE y, opcionalmente, uno o más componentes poliméricos adicionales. En algunas realizaciones, el aglutinante polimérico puede comprender una o más poliolefinas y/o copolímeros de las mismas, y PTFE. En algunas realizaciones, el aglutinante polimérico puede comprender un PTFE y uno o más de un fluoropolímero, una celulosa, una poliolefina, un poliéter, un precursor de poliéter, un polisiloxano, copolímeros de los mismos, y/o mezclas de los mismos. Una mezcla de polímeros puede comprender redes interpenetrantes de los polímeros o copolímeros mencionados anteriormente. En algunas realizaciones, el polímero comprende, consiste esencialmente o consiste en PTFE.

Por ejemplo, la dispersión polimérica puede ser una dispersión basada en dióxido de carbono supercrítico de un aglutinante polimérico que comprende, que consiste esencialmente en o que consiste en PTFE. En algunas realizaciones, la dispersión polimérica es una solución de PTFE en dióxido de carbono supercrítico. En algunas realizaciones, la dispersión polimérica puede ser una suspensión. En realizaciones adicionales, la dispersión polimérica puede ser una solución. En más realizaciones adicionales, el polímero puede no estar disuelto en el fluido.

En el bloque 204, se proporciona un segundo componente de una mezcla de película de electrodo. En el bloque 204, puede proporcionarse por separado un segundo componente de mezcla de película de electrodo de la mezcla de película de electrodo, en relación con el primer componente de mezcla de película de electrodo. El bloque 204 puede comprender proporcionar el segundo componente a una segunda entrada de un mezclador, y opcionalmente a través de la segunda entrada al mezclador. Por tanto, los primer y segundo componentes de mezcla de película de electrodo pueden permanecer separados entre sí hasta que estén dentro del mezclador. En general, la primera entrada y la segunda entrada son componentes situados aguas abajo de la primera fuente y la segunda fuente, respectivamente,

y proporcionan una conexión fluida con el mezclador. El bloque 204 puede incluir proporcionar el segundo componente en un momento diferente (por ejemplo, antes de), o simultáneamente con, la etapa de proporcionar la dispersión polimérica como en el bloque 202. En general, la temperatura y la presión de la dispersión polimérica deben controlarse para mantener el fluido en un estado fluido adecuado para dispersar el polímero. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el fluido debe tener la temperatura y/o la presión controladas para impedir un cambio de fase. En determinadas realizaciones, el fluido debe tener la temperatura y la presión controladas para impedir que el fluido forme un gas o un sólido. En algunas realizaciones, proporcionar el segundo componente comprende suministrar el segundo componente a través de un alimentador de tornillo, neumáticamente, manualmente, o a través de otro aparato configurado para suministrar material particulado a través de la segunda entrada.

En general, el segundo componente es un material diferente del aglutinante polimérico del bloque 202. En algunas realizaciones, el segundo componente comprende partículas. En algunas realizaciones, las partículas pueden ser partículas secas sin disolventes. El segundo componente comprende, consiste esencialmente en, o consiste en un material activo de electrodo. Por ejemplo, el segundo componente puede comprender, consistir esencialmente en o consistir en partículas secas de un material activo de electrodo. En algunas realizaciones, el segundo componente comprende, consiste esencialmente en o consiste en un material activo de electrodo de un cátodo o un ánodo de un condensador eléctrico de doble capa. En algunas realizaciones, el segundo componente comprende, consiste esencialmente en o consiste en un material activo de electrodo de un cátodo o un ánodo de un condensador de iones de litio.

En algunas realizaciones, el segundo componente comprende, consiste esencialmente en o consiste en un material activo de electrodo de un cátodo o un ánodo de una batería, por ejemplo, una batería de iones de litio. En algunas realizaciones, el segundo componente comprende, consiste esencialmente en o consiste en grafito. En algunas realizaciones, el segundo componente comprende, consiste esencialmente en o consiste en un óxido metálico de litio. Por ejemplo, el segundo componente puede comprender un material activo de ánodo o cátodo de batería.

Los materiales activos de ánodo pueden comprender, por ejemplo, un material de inserción (tal como carbono, grafito y/o grafeno), un material de aleación/desaleación (tal como silicio, óxido de silicio, estaño y/u óxido de estaño), una aleación o compuesto metálico (tal como Si-Al y/o Si-Sn) y/o un material de conversión (tal como óxido de manganeso, óxido de molibdeno, óxido de níquel y/u óxido de cobre). Los materiales activos de ánodo pueden utilizarse solos o mezclados entre sí para formar materiales multifásicos (tales como Si-C, Sn-C, SiOx-C, SnOx-C, Si-Sn, Si-SiOx, Sn-SnOx, Si-SiOx-C, Sn-SnOx-C, Si-Sn-C, SiOx-SnOx-C, Si-SiOx-Sn o Sn-SiOx-SnOx).

El material activo de cátodo comprende, sulfuro metálico o un óxido metálico de litio. El óxido metálico de litio puede ser, por ejemplo, un óxido de litio, níquel, manganeso y cobalto (NMC), un óxido de litio y manganeso (OVM), un fosfato de litio y hierro (LFP), un óxido de litio y cobalto (LCO), un titanato de litio y/o un óxido de litio, níquel, cobalto y aluminio (NCA). En algunas realizaciones, los materiales activos de cátodo pueden estar compuestos por, por ejemplo, un óxido de metal de transición estratificado (tal como LiCoO_2 (LCO), $\text{Li}(\text{NiMnCo})\text{O}_2$ (NMC) y/o $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ (NCA)), un óxido de manganeso en espinela (tal como LiMn_2O_4 (LMO) y/o $\text{LiMn}_{1.5}\text{Ni}_{0.5}\text{O}_4$ (LMNO)) o una olivina (tal como LiFePO_4). El material activo de cátodo puede comprender azufre o un material que incluya azufre, tal como sulfuro de litio (Li_2S) u otros materiales a base de azufre, o una mezcla de los mismos. En algunas realizaciones, la película de cátodo comprende un azufre o un material que incluye material activo de azufre a una concentración de al menos el 50 % en peso. En algunas realizaciones, la película de cátodo que comprende un azufre o un material que incluye material activo de azufre tiene una capacidad areal de al menos 10 mAh/cm². En algunas realizaciones, la película de cátodo que comprende un azufre o un material que incluye material activo de azufre tiene una densidad de película de electrodo de 1 g/cm³. En algunas realizaciones, la película de cátodo que comprende un azufre o un material que incluye material activo de azufre comprende además un aglutinante. En algunas realizaciones, el aglutinante de la película de cátodo que comprende un azufre o un material que incluye material activo de azufre se selecciona entre politetrafluoroetileno (PTFE), fluoruro de polivinilideno (PVDF), poli(óxido de etileno) (PEO), polietileno (PE), ácido poliacrílico (PAA), gelatina, otros termoplásticos o cualquier combinación de los mismos.

En el bloque 206, la dispersión polimérica se combina con el segundo componente para formar una suspensión espesa. Se forma una suspensión espesa que comprende la dispersión polimérica y el segundo componente de la mezcla de película de electrodo. La suspensión espesa puede formarse usando cualquier método adecuado para formar una composición en la que el polímero y el segundo componente de electrodo estén en contacto íntimo. La combinación puede realizarse en un mezclador. En general, la combinación debe ser suficiente para proporcionar un contacto íntimo entre el segundo componente y el polímero. En determinadas realizaciones, la suspensión espesa puede comprender partículas del segundo componente dispersas en el fluido. Por ejemplo, la suspensión espesa puede comprender el segundo componente de electrodo como coloide portado por el fluido crítico o supercrítico, y el polímero como solución dentro del fluido crítico o supercrítico. La dispersión polimérica se suministra al mezclador de modo que la dispersión polimérica pueda distribuirse dentro del mezclador para lograr un contacto íntimo. En general, el fluido crítico o supercrítico conserva su fase en la etapa del bloque 206. En algunas realizaciones, la suspensión espesa no comprende un disolvente de procesamiento, tal como un disolvente orgánico.

En el bloque 208, la porción de fluido de la dispersión polimérica se vaporiza. Por ejemplo, la porción de fluido de la dispersión polimérica se vaporiza aumentando el volumen y/o disminuyendo la presión de la suspensión espesa lo

suficiente para proporcionar dicha vaporización. La porción de fluido de la dispersión polimérica se vaporiza procesando la suspensión espesa de cualquier manera suficiente para proporcionar dicha vaporización, es decir, dentro de un descompresor adecuadamente configurado. Por tanto, la suspensión espesa se descomprime para vaporizar el fluido crítico o supercrítico. Por ejemplo, la porción de fluido de la dispersión puede vaporizarse, dando como resultado un polímero seco. En algunas realizaciones, la suspensión espesa puede ser procesada por uno o más componentes configurados para aumentar el área superficial y/o el volumen de la suspensión espesa, y facilitar la vaporización de la porción de fluido de la dispersión polimérica, por tanto, en un aspecto, la suspensión espesa se hace fluir a través de un orificio o abertura para aumentar el área superficial y/o el volumen de la dispersión polimérica y distribuirla, para facilitar la vaporización de la porción de fluido de la dispersión polimérica. El orificio o abertura está configurado para hacer fluir la suspensión espesa al interior del descompresor. Por tanto, el orificio puede estar configurado para aumentar el área superficial y expandir la porción de fluido de la dispersión polimérica en el volumen interior del descompresor. La descompresión de la suspensión espesa puede realizarse de modo que el fluido de la suspensión espesa sufra una descompresión rápida. En algunas realizaciones, uno o más componentes del descompresor pueden calentarse directa o indirectamente con aire de fluidización calentado para controlar la temperatura a la que se exponen las gotitas para lograr la vaporización deseada de la porción de fluido de la dispersión polimérica. La presión del descompresor puede ser inferior a la del mezclador. La presión y/o temperatura(s) de uno o más componentes del descompresor pueden controlarse para controlar la expansión del fluido en el descompresor. En algunas realizaciones, una o más paredes laterales del descompresor pueden calentarse. En algunas realizaciones, el orificio puede calentarse. La dispersión polimérica se despresuriza de tal manera que la porción de fluido de la dispersión polimérica se vaporiza para proporcionar un polímero seco. Por tanto, la etapa de vaporización 208 puede incluir calentar la dispersión polimérica antes, durante y/o después de que la dispersión polimérica se introduce (por ejemplo, se pulveriza) en la cámara de recubrimiento. Otras formas de vaporizar la dispersión polimérica incluyen, por ejemplo, calentar las paredes de un descompresor, ya sea directa o indirectamente.

Como resultado de la etapa de vaporización 208, el polímero se deposita sobre el segundo componente de mezcla de electrodo, y se forma una mezcla de película de electrodo seco. En algunas realizaciones, el segundo componente de mezcla de película de electrodo se recubre con el polímero. Por ejemplo, vaporizar la porción de fluido de la dispersión polimérica y depositar el polímero sobre el segundo componente pueden realizarse coextensivamente dentro del descompresor, de modo que el segundo componente pueda ser recubierto por el polímero seco. En algunas realizaciones, el segundo componente de mezcla de película de electrodo seco recubierto con el polímero seco se recoge en un recipiente colector, tal como un recipiente de contención con filtro.

Como se describe en el presente documento, en algunas realizaciones, la dispersión polimérica es una dispersión que comprende un aglutinante polimérico proporcionado en el presente documento. Como se describe en el presente documento, en algunas realizaciones, el segundo componente comprende grafito. En algunas realizaciones, un polvo seco que comprende partículas secas de grafito puede suministrarse a una segunda entrada, y el grafito puede combinarse con la dispersión polimérica.

En algunas realizaciones, las partículas del segundo componente son mayores que un tamaño mínimo. En algunas realizaciones, las partículas pueden tener una dimensión, tal como un diámetro, una longitud o una dimensión más larga, mayor que aproximadamente 3 micrones (μm). En algunas realizaciones, el tamaño de partícula aproximado del segundo componente puede ser de aproximadamente 3 micrones, aproximadamente 4 micrones, aproximadamente 5 micrones, aproximadamente 6 micrones, aproximadamente 7 micrones, aproximadamente 8 micrones, aproximadamente 9 micrones, aproximadamente 10 micrones, o cualquier intervalo de valores intermedios. En algunas realizaciones, el polímero puede formar partículas tras la vaporización del fluido en la dispersión polimérica. En realizaciones adicionales, las gotitas no pueden ser mayores que un tamaño máximo. En algunas realizaciones, las partículas de polímero son partículas atomizadas. En diversas realizaciones, los tamaños de las partículas de polímero pueden ser, por ejemplo, de 0,01 a 0,1 micrones. En algunas realizaciones, el tamaño de partícula aproximado del polímero puede ser de aproximadamente 0,01 micrones, aproximadamente 0,03 micrones, aproximadamente 0,05 micrones, aproximadamente 0,1 micrones, aproximadamente 0,2 micrones, aproximadamente 0,3 micrones, aproximadamente 0,5 micrones, aproximadamente 0,7 micrones, aproximadamente 1 micrón, o cualquier intervalo de valores intermedios. Cuando el polímero es PTFE, los tamaños de partícula pueden ser normalmente de 0,1 a 0,2 micrones. El orificio puede estar configurado para controlar en parte el tamaño de partícula. Otros factores que pueden afectar al tamaño de partícula del polímero son la concentración del polímero en la solución o dispersión y, en el caso de las dispersiones no en solución, por un tamaño de partícula de polímero en ellas.

La figura 3 es un diagrama esquemático de otro ejemplo de un aparato 300 para fabricar una mezcla de película de electrodo en el que se usa un proceso de descompresión rápida. El proceso 200 descrito con referencia a la figura 2 puede realizarse usando el aparato 300 de la figura 3. El aparato 300 puede incluir una fuente 302 de dispersión polimérica, que comprende un polímero disperso en un fluido crítico o supercrítico. El aparato 300 puede incluir un fuente 304 de segundo componente de mezcla de película de electrodo, un mezclador 306, un descompresor 308 y un recipiente colector 310. Como se muestra en la figura 3, la fuente 302 de dispersión polimérica y la fuente 304 de segundo componente de mezcla de película de electrodo pueden estar en comunicación fluida con el mezclador 306. Por ejemplo, una dispersión polimérica procedente de la fuente 302 y un segundo componente de mezcla de película de electrodo procedente de la fuente 304 pueden ser recibidos por el mezclador 306 de modo que se forme una suspensión espesa. El segundo componente de mezcla de película de electrodo puede cargarse por lotes en el

mezclador 306, o alimentarse de forma sustancialmente continua a través de una abertura, tal como una segunda entrada de la segunda fuente 304, usando un método de suministro en polvo. El método de suministro de polvo puede ser, por ejemplo, un alimentador de tornillo. La dispersión polimérica 302 puede incluir opcionalmente un componente de mezcla adicional. El componente de mezcla adicional puede ser, por ejemplo, un tercer componente de mezcla de película de electrodo, como se proporciona en el presente documento.

La suspensión espesa pueden sufrir una expansión de volumen en el descompresor 308. La vaporización de la porción de fluido crítico o supercrítico de la suspensión espesa puede producirse como resultado de la expansión de volumen. Por ejemplo, el fluido crítico o supercrítico es vaporizado por el descompresor 308 para proporcionar un polímero seco y un segundo componente de mezcla de película de electrodo seco. En algunas realizaciones, la suspensión espesa puede distribuirse en forma de gotitas dentro del descompresor 308 de modo que la porción de fluido de la dispersión polimérica pueda vaporizarse para proporcionar un polímero seco, o partículas del mismo. Tras la vaporización del fluido crítico o supercrítico, el polímero seco recubre el segundo componente de mezcla de película de electrodo seco. En algunas realizaciones, el segundo componente de mezcla de película de electrodo recubierto por el polímero seco se recoge en el recipiente colector 310.

En algunas realizaciones, el descompresor 308 y el recipiente colector 310 pueden ser coextensivos. Por ejemplo, el descompresor 308 y el recipiente colector 310 pueden ser un único componente o volumen. En algunas realizaciones, el descompresor 308 y el mezclador 306 pueden ser coextensivos. Por ejemplo, el descompresor 308 y el mezclador 306 pueden ser un único componente o volumen, en el que la dispersión polimérica y el segundo componente de mezcla de película de electrodo se mezclan y descomprimen dentro de un volumen común.

En algunas realizaciones, la suspensión espesa puede descomprimirse en el descompresor 308 haciendo pasar la suspensión espesa desde un primer volumen a través de un orificio a un segundo volumen significativamente mayor que el primer volumen, de modo que el fluido crítico o supercrítico pueda expandirse. En algunas realizaciones, el primer volumen puede comprender un conducto, por ejemplo, como un tubo. En algunas realizaciones, el segundo volumen puede comprender un recipiente colector 310, que puede ser, por ejemplo, un recipiente de contención con filtro. Por ejemplo, la suspensión espesa puede pasar a través del conducto desde un primer extremo del conducto hasta un segundo extremo del conducto, en donde el segundo extremo está acoplado a un orificio. El polímero seco puede recubrir el segundo componente de la mezcla de película de electrodo dentro del recipiente de contención con filtro.

Adicionalmente, en el presente documento se contemplan realizaciones alternativas al proceso de la figura 2 y al aparato de la figura 3. Por ejemplo, el segundo componente de película de electrodo y la dispersión polimérica pueden introducirse por separado (simultánea o secuencialmente) en una cámara de descompresión.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para formar una mezcla de película de electrodo de dispositivo de almacenamiento de energía, que comprende:

una primera fuente que comprende una dispersión polimérica, en donde la dispersión polimérica comprende un aglutinante polimérico y un fluido crítico o supercrítico, y en donde el aglutinante polimérico es un primer componente de una mezcla de película de electrodo de dispositivo de almacenamiento de energía;
una segunda fuente que comprende un segundo componente de la mezcla de película de electrodo de dispositivo de almacenamiento de energía, en donde el segundo componente comprende un material activo de electrodo;
un mezclador configurado para recibir la dispersión polimérica y el segundo componente, y para formar una suspensión espesa que comprenda la dispersión polimérica y el segundo componente; y
un descompresor configurado para recibir y descomprimir la suspensión espesa, y configurado además para vaporizar el fluido crítico o supercrítico y depositar aglutinante polimérico seco sobre el segundo componente.

2. El aparato de la reivindicación 1, en donde el material activo de electrodo es grafito o un material activo de cátodo, preferentemente en donde el material activo de cátodo se selecciona entre un óxido metálico de litio o al menos uno de azufre y un material que incluye azufre.

3. El aparato de una cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en donde el fluido crítico o supercrítico comprende dióxido de carbono supercrítico.

4. El aparato de una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde la dispersión polimérica comprende una solución del aglutinante polimérico en el fluido crítico o supercrítico.

5. El aparato de una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde el aglutinante polimérico comprende politetrafluoroetileno (PTFE).

6. El aparato de una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, que comprende además un recipiente colector configurado para recibir el aglutinante polimérico seco, preferentemente en donde el recipiente colector comprende un recipiente de contención con filtro.

7. El aparato de una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde el descompresor comprende un orificio, y en donde el descompresor está configurado para hacer pasar la suspensión espesa a través del orificio para descomprimir la suspensión espesa y vaporizar el fluido crítico o supercrítico.

8. Un método para formar una mezcla de película de electrodo de dispositivo de almacenamiento de energía, que comprende:

proporcionar una dispersión polimérica que comprenda un aglutinante polimérico disperso en un fluido crítico o supercrítico, en donde el aglutinante polimérico es un primer componente de una mezcla de película de electrodo de dispositivo de almacenamiento de energía;
proporcionar un segundo componente de la mezcla de película de electrodo de dispositivo de almacenamiento de energía, en donde el segundo componente comprende un material activo de electrodo;
formar una suspensión espesa que comprenda la dispersión polimérica y el segundo componente; y
descomprimir la suspensión espesa para vaporizar el fluido crítico o supercrítico y depositar aglutinante polimérico seco sobre el segundo componente.

9. El método de la reivindicación 8, que comprende además recubrir el segundo componente con el aglutinante polimérico seco.

10. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 8-9, en donde el material activo de electrodo comprende grafito, un óxido metálico de litio o al menos uno de azufre y un material que incluye azufre.

11. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 8-10, en donde el aglutinante polimérico comprende politetrafluoroetileno (PTFE).

12. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 8-11, en donde el fluido crítico o supercrítico es dióxido de carbono supercrítico.

13. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 8-12, en donde la descompresión de la suspensión espesa comprende hacer pasar la suspensión espesa a través de un orificio.

14. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 8-13, en donde depositar el aglutinante polimérico comprende recubrir el segundo componente con aglutinante polimérico seco, comprendiendo preferentemente además recibir un segundo componente recubierto en un recipiente colector, más preferentemente en donde el recipiente colector

comprende un recipiente de contención con filtro.

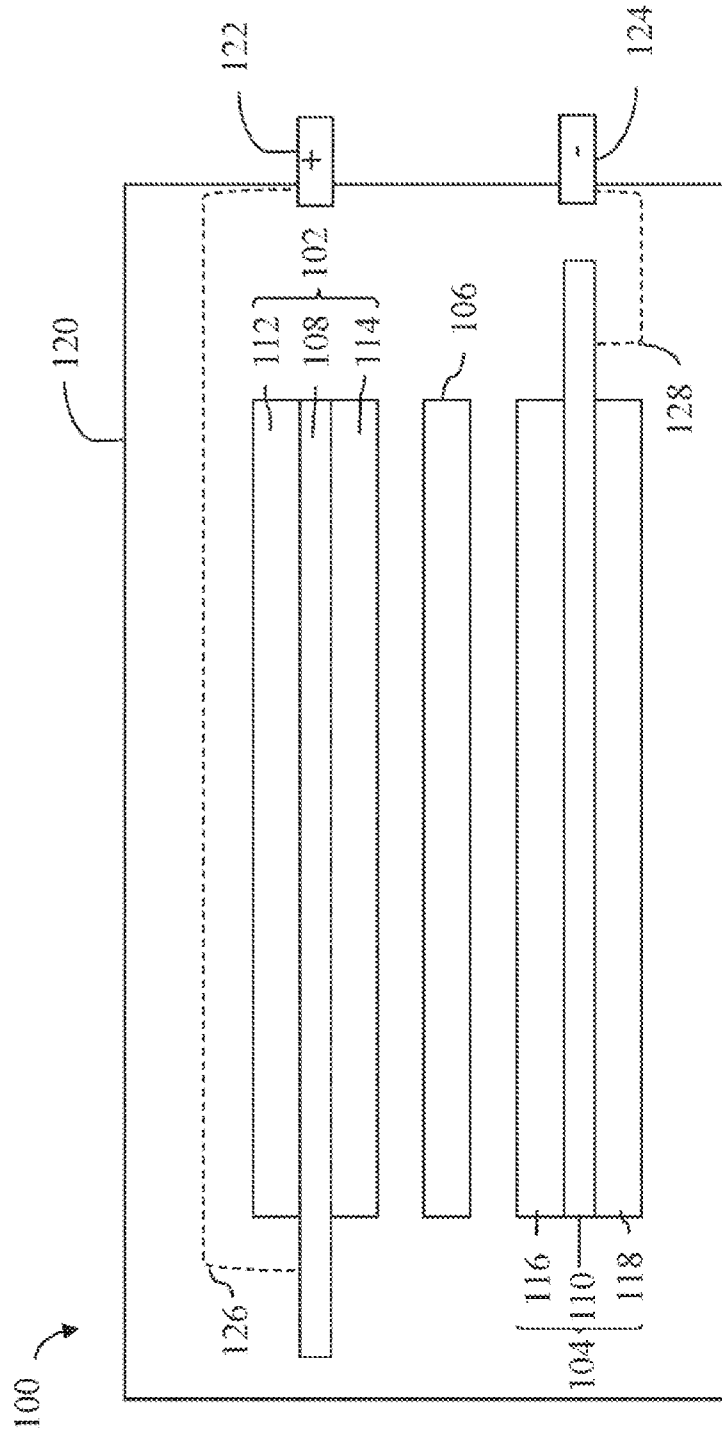


FIG. 1

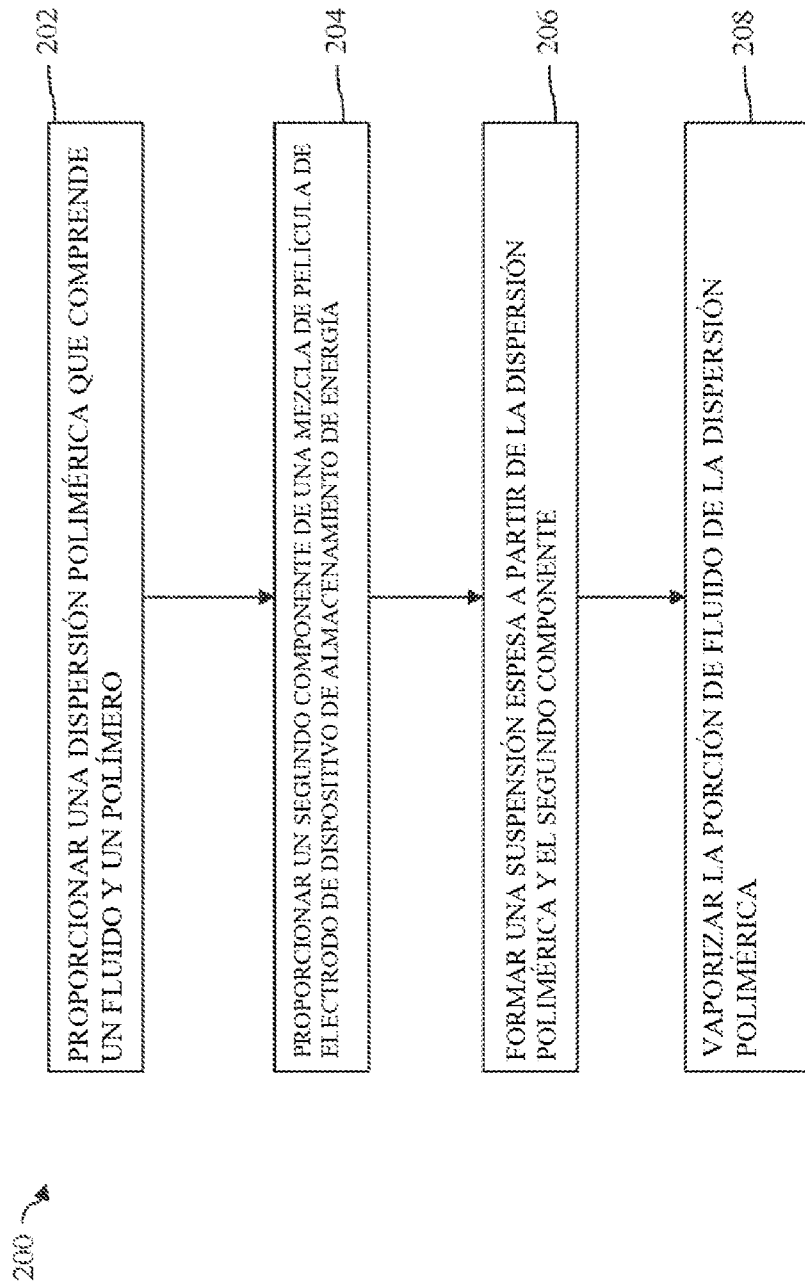


FIG. 2

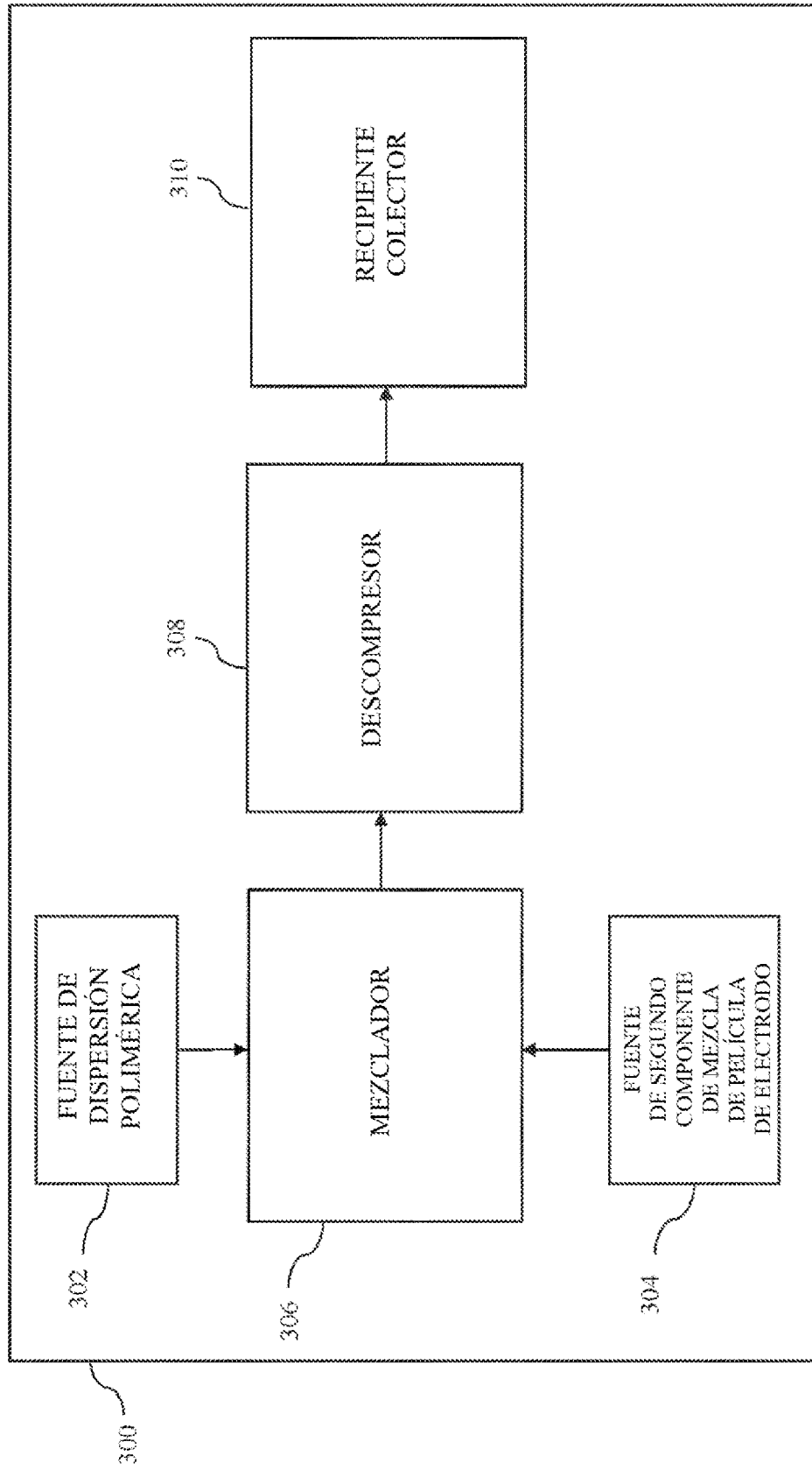


FIG. 3