

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 765**

51 Int. Cl.:

H01M 10/06 (2006.01)

G01N 21/552 (2014.01)

H01M 10/48 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.03.2015 PCT/EP2015/055745**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.10.2015 WO15154961**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.03.2015 E 15711144 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2019 EP 3130029**

54 Título: **Batería con sensor**

30 Prioridad:

08.04.2014 SE 1450436

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

01.04.2020

73 Titular/es:

**INSPLORION SENSOR SYSTEMS AB (100.0%)
Medicinaregatan 8A
413 90 Göteborg, SE**

72 Inventor/es:

**KASEMO, BENGT HERBERT y
LANGHAMMER, CHRISTOPH**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 751 765 T3

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

DESCRIPCIÓN

Batería con sensor

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a una batería que comprende un sensor de carga de batería. Además, se proporciona un sistema y un procedimiento para determinar un estado de carga de una batería.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15 Las baterías utilizadas para proporcionar electricidad presentan una amplia gama de aplicaciones que van desde productos para el consumidor hasta vehículos como los automóviles eléctricos, e incluso hasta el almacenamiento a gran escala de electricidad, por ejemplo, en conexión con la electricidad solar. Con el desarrollo de las fuentes de energía limpia y el uso más limpio de energía, la necesidad y la utilización están constantemente en aumento tanto para las aplicaciones estáticas como para las móviles, y el área de la batería se caracteriza por una investigación y un desarrollo intensos.

20 En términos generales, las baterías se clasifican en dos grupos: recargables y no recargables. Especialmente, aunque no de manera exclusiva, para el tipo de batería anterior, el estado de carga es una propiedad particularmente importante, durante la utilización, el almacenamiento y la carga. Los detalles del proceso de carga de una batería son importantes, ya que pueden afectar la operación de la batería y su vida útil. La necesidad de controlar y conocer el estado de carga de una batería durante la utilización de la batería que, a la vez, determina cuánta potencia restante puede extraerse de la batería, es obviamente muy grande. Los ejemplos son la información acerca de la distancia de manejo restante de los vehículos eléctricos y el tiempo de operación restante de las baterías que proporcionan alimentación de respaldo durante fallas energéticas, por ejemplo, en las unidades de cuidados intensivos.

25 Los autos eléctricos, por ejemplo, están equipados con baterías para un cierto alcance de conducción, cuando las baterías están totalmente cargadas. Durante la conducción, el conductor necesita saber de cuánto es la distancia de conducción restante y si el automóvil podrá llegar al destino final o la próxima estación de carga. Durante la carga de la batería, uno podría querer saber cuándo la batería está suficientemente cargada para una cierta distancia de conducción. El proceso de carga puede ser variado y optimizarse para diferentes fines, como los tiempos de actividad de carga más cortos posibles o, de manera alternativa, una carga más gentil que optimice la vida útil de la batería, por ejemplo.

30 Por los motivos anteriores, es altamente deseable ser capaces de determinar el estado de carga y/o controlar el proceso de carga y/o determinar la calidad de una batería.

35 El estado de carga de una batería se estima comúnmente a partir de variables de medición directa. En las técnicas llamadas fuera de línea, como el conteo de Coulomb, la batería se carga y descarga a una velocidad constante, lo que ofrece una estimación del estado de carga de la batería, pero esta técnica es prolongada, costosa e interrumpe el rendimiento de la batería. Por lo tanto, se hacen esfuerzos por encontrar las llamadas técnicas en línea para medir el estado de carga de una batería. En general, hay varios procedimientos para determinar el estado de carga de una batería, que puede utilizar, por ejemplo, técnicas de medición en base a químicos, la tensión, la corriente o la presión.

40 Los aspectos de seguridad representan otra preocupación al respecto de las baterías. Si la obtención de potencia durante la utilización o la corriente de carga durante la carga son demasiado altos, se podría provocar una temperatura muy alta en una batería, lo que a la vez podría resultar destructivo para la batería o, en otros casos, con ciertos tipos de baterías, podría incluso provocar un incendio o explosión. Esto genera una necesidad de controlar la temperatura de las baterías.

45 El documento de los EE.UU. 2014/0203783 A1 describe un sistema que utiliza sensores ópticos dispuestos dentro o en porciones de un dispositivo de energía electroquímica para medir parámetros operativos, como la tensión mecánica y/o la temperatura durante el ciclo de carga/recarga.

50 El documento de los EE.UU. 2014/0092375 A1 describe un sistema de monitoreo y manejo (MMS) que incluye uno o más cables de fibra óptica dispuestos dentro o en porciones de un dispositivo de almacenamiento de energía. Cada cable de fibra óptica incluye múltiples sensores ópticos. Al menos uno de los sensores ópticos se configura para detectar un parámetro del dispositivo de almacenamiento de energía que es diferente de un parámetro del dispositivo de almacenamiento de energía detectado por al menos otro sensor óptico de múltiples sensores ópticos. El MMS incluye una fuente de luz configurada para proporcionar luz al uno o más cables de fibra óptica y un detector configurado para detectar la luz reflejada por los sensores ópticos. El detector genera una señal eléctrica en base a la luz reflejada. Un procesador se acopla para recibir la señal eléctrica, analizarla y determinar el estado del dispositivo de almacenamiento de energía en base al análisis de la señal eléctrica.

65 El documento JP 2002 350314 muestra un monitor de batería que comprende una placa de detección conectada entre

una fibra óptica para luz incidente y una fibra óptica para la luz que sale. Las películas para la excitación del plasmón de superficie se proporcionan en las superficies opuestas para la placa de detección.

5 El documento de los EE.UU. 2005 117158 muestra un sensor de resonancia de plasmón superficial que comprende un prisma que presenta superficies paralelas, una fuente de luz provista en la superficie de un prisma y medios de detección proporcionados en la misma superficie donde se proporciona la fuente de luz.

10 El documento CN 102 621 078 muestra un procedimiento para detectar el estado de carga de una batería redox de vanadio en base a una espectroscopía de resonancia del plasmón superficial.

15 El documento CN 102 608 041 muestra un procedimiento para detectar el estado de carga de una batería de celda de vanadio en base a una espectroscopía de resonancia del plasmón superficial.

Langhammer y col.; SPIE Newsroom 23 Mat 2012, muestra una plataforma analítica basada en un sensor de resonancia del plasmón superficial localizado (LSPR) que puede utilizarse para estudiar la química de las nanopartículas catalizadoras individuales bajo condiciones industriales.

20 Sin embargo, existe una necesidad de procedimientos más eficientes y confiables para determinar el estado de carga y/o la temperatura y/o el envejecimiento de una batería.

RESUMEN DE LA INVENCION

25 Un objeto de la presente invención es proporcionar una batería con un sensor de carga de batería, que permita determinar el estado de carga de la batería.

30 Según un primer aspecto de la invención, se proporciona una batería. La batería comprende un material de electrodo, un material de electrolito, un sensor de carga de la batería que comprende un elemento de detección plasmónica que presenta un volumen de detección dentro de la batería y que tras ser iluminado con radiación electromagnética exhibe una condición de resonancia del plasmón superficial localizado, lo que depende de un estado de carga de la batería.

35 Al probar una batería con un sensor de carga de la batería, se proporciona una disposición confiable y estable para determinar el estado de carga de la batería. El sensor de carga de la batería además es compacto y presenta un bajo costo y una baja complejidad.

40 La expresión elemento de detección *plasmónica* debe interpretarse como un elemento de detección en el que los plasmones pueden estar excitados. Aquí, los plasmones deben entenderse como una cantidad de oscilaciones de plasma asociada a una oscilación colectiva local de la densidad de carga. Las cargas, por ejemplo, pueden ser proporcionadas por electrones.

45 La expresión *resonancia del plasmón superficial localizado*, LSPR, debe entenderse como un estado excitado de los portadores de carga dentro del elemento de detección plasmónica, los cuales pueden excitarse mediante fotones o, de manera equivalente, por medio del campo electromagnético de luz que incide sobre el elemento de detección plasmónica. La condición de LSPR es una condición de resonancia asociada a la oscilación colectiva de la densidad de carga y a las condiciones de contorno que resultan del tamaño finito del elemento de detección plasmónica. Como resultado, se forma una onda de densidad de carga con una frecuencia/longitud de onda/energía que se establece mediante las propiedades electrónicas del material del elemento de detección plasmónica, su geometría, su tamaño y las propiedades materiales del entorno que rodea al elemento de detección plasmónica. Como un ejemplo, la LSPR ocurre típicamente en la parte visible del espectro de longitud de onda electromagnética, si el elemento de detección plasmónica es una nanopartícula de oro que presenta un diámetro en el intervalo de 50 a 100 nm.

50 Además, debe entenderse que la LSPR se produce cuando la radiación electromagnética interactúa con el elemento de detección plasmónica. Como resultado, se crea un campo electromagnético mejorado en las proximidades del elemento de detección plasmónica. La fuerza de la mejora y la medida espacial del campo mejorado dependen de una serie de parámetros, como el material, el tamaño, la forma y el entorno del elemento de detección plasmónica. El campo eléctrico mejorado es beneficioso, ya que mejora la sensibilidad del elemento de detección plasmónica de modo tal que se proporciona una detección más eficiente del estado de carga de la batería.

55 La expresión *volumen de detección* debe entenderse como un volumen definido por la extensión espacial del campo electromagnético desde la resonancia del plasmón superficial localizado y excitado. Debe entenderse que la radiación electromagnética, que pertenece al volumen de detección proporciona información sobre el estado de carga de la batería. Como la extensión espacial de este campo electromagnético depende tanto de los detalles del elemento de detección plasmónica, como de las propiedades de los materiales que lo rodean y la dirección del campo electromagnético incidente en relación con la geometría del elemento de detección plasmónica, el volumen del volumen de detección depende de todos estos parámetros. A este fin, el campo electromagnético relacionado con la LSPR excitada cae gradualmente, a menudo aproximadamente de manera exponencial, lejos del elemento de detección plasmónica, de modo tal que el volumen de detección típicamente presente una extensión de una escala de

longitud de 10 a 100 nm. Por tanto, los elementos de detección plasmónica proporcionan un volumen de sonda local dentro de la batería.

5 La expresión *estado de carga* debería interpretarse como la capacidad de la batería. El estado de carga, al que también se hace referencia como SOC (del inglés, state of charge) se define como el porcentaje de capacidad total de una batería que está disponible para descargarse más. El estado de carga se utiliza comúnmente para regular la carga y descarga de la batería.

10 En otras palabras, el estado de carga de una batería se refiere a la cantidad de carga que puede extraerse de la batería en términos de una corriente integrada que es la integral de la corriente con el paso del tiempo hasta que no quede carga útil en la batería. Una batería totalmente cargada presenta una capacidad máxima y un estado de carga máximo representados por la integral con el paso del tiempo que puede extraerse de la batería hasta que no quede nada de carga. En el último caso, la batería está totalmente descargada. Un etiquetado conveniente es, por ejemplo, que la batería totalmente cargada presenta un estado de carga de carga total o sustancialmente del 100%. Asimismo, un rotulado conveniente es decir que la batería totalmente descargada presenta un estado de carga de descarga total o sustancialmente del 0% de carga. Cuando la mitad de la cantidad máxima de la carga útil permanece en la batería, su estado de carga es sustancialmente del 50% de carga.

20 El elemento de detección plasmónica puede disponerse a una profundidad predeterminada dentro del material de electrodo y en el que el volumen de detección del elemento de detección plasmónica cubre una porción del material de electrodo.

25 Esto es ventajoso, ya que la disposición proporciona una detección eficiente del estado de carga de la batería. Esto se logra, como cuando la batería está cargada o descargada la composición del material de electrodo cambia, por ejemplo, mediante la inserción o extracción de iones y/o por medio de los procesos de reacción que convierten el material de los electrodos de un estado o composición a otro(a). Dichos cambios en la composición se asocian a cambios en el estado de carga de la batería, y están acompañados por cambios en la constante dieléctrica del material de electrodo que ha cambiado en su composición. Al disponer el elemento de detección plasmónica a una profundidad predeterminada dentro del material de electrodo de modo tal que el volumen de detección se superponga total o
30 parcialmente con el material de electrodo cuya composición ha cambiado, puede determinarse el estado de carga de la batería. En otras palabras, el estado de carga de la batería cambia la composición del material de electrodo, lo que se refiere a un cambio en la constante dieléctrica del material de electrodo. Un cambio en la constante dieléctrica del material de electrodo además cambia la condición de resonancia del plasmón localizado para el elemento de detección plasmónica. Por tanto, el estado de carga de la batería puede determinarse mediante el análisis, por ejemplo, de la
35 posición y/o la amplitud pico espectral del pico de extinción relacionado con la condición de resonancia localizada del plasmón.

40 El elemento de detección plasmónica puede disponerse dentro del material de electrolito y en el que el volumen de detección del elemento de detección plasmónica cubre una porción del material de electrolito.

45 Esto es ventajoso, ya que cuando la batería se carga o descarga, la composición del material de electrolito de la batería cambia, típicamente mediante el incremento o disminución de concentraciones iónicas en el material de electrolito. Los cambios en la composición electrolítica, que están relacionados con los cambios en el estado de carga de la batería, también están acompañados por cambios en la constante dieléctrica del electrolito. Al disponer el elemento de detección plasmónica dentro del material de electrolito de modo tal que el volumen de detección del elemento de detección plasmónica cubra una porción del material de electrolito, el sensor de carga de la batería detectará el electrolito cuya composición ha cambiado, es decir que el cambio en la composición provocará un cambio en la condición de resonancia del plasmón localizado, por ejemplo, la posición de pico espectral o la amplitud del pico de extinción. Al detectar la condición de resonancia del plasmón superficial local o un cambio en esta condición, puede
50 determinarse el estado de carga de la batería.

Cabe señalar que las realizaciones anteriores permiten un análisis separado del estado de carga de la batería mediante la detección en el material de electrolito o en el material de electrodo.

55 El sensor de carga de la batería puede comprender además una capa de separación, la cual se dispone en una superficie externa del elemento de detección plasmónica.

60 La *capa de separación* debería entenderse como una capa que protege el elemento de detección plasmónica del sensor de carga de la batería para que no entre en contacto directo con el material que rodea a dicho elemento. Por lo tanto, la capa de separación puede evitar que el elemento de detección plasmónica reaccione con los materiales en el entorno del sensor de carga de la batería. La capa de separación además puede evitar que el elemento de detección plasmónica reaccione con los materiales líquidos, gases y/o sólidos presentes en la batería o que ingresan a la batería desde las partes que la rodean. Así, el reformado estructural y/u otras reacciones, como la oxidación o la corrosión, del elemento de detección plasmónica pueden mitigarse adicionalmente. Esto es ventajoso, ya que se sabe que los
65 cambios en la forma y/o el tamaño y/o la composición química del elemento de detección plasmónica pueden cambiar la condición del plasmón superficial local del elemento de detección plasmónica.

La disposición según la presente invención puede describirse como una detección *indirecta* que utiliza el elemento de detección plasmónica. En otras palabras, el sensor de carga de la batería es indirecto, ya que el elemento de detección plasmónica se separa del entorno de la batería que lo rodea.

5 Cabe señalar que la capa de separación se hace lo suficientemente fina, de modo tal que el volumen de detección de la LSPR penetre a través de la capa de separación y detecte un volumen fuera de la capa de separación.

10 La capa de separación del sensor de carga de la batería puede disponerse de modo tal que el volumen de detección del elemento de detección plasmónica cubra una porción del material de electrodo y/o el material de electrolito.

Esto es ventajoso, ya que al escoger el material y/o las dimensiones de la capa de separación, es posible calibrar la medida en la que el volumen de detección entra al material de electrodo y/o el material de electrolito.

15 La batería puede comprender además un elemento de detección plasmónica adicional que se dispone dentro de una capa de protección y en la que el volumen de detección del elemento de detección plasmónica adicional está dentro de la capa de protección del elemento de detección plasmónica adicional.

20 El elemento de detección plasmónica adicional se dispone así dentro de un entorno controlado y/o protector.

La *capa protectora* debería, a diferencia de la capa de separación, construirse como una capa suficientemente gruesa y/o que presente propiedades materiales de modo tal que el volumen de detección del elemento de detección plasmónica adicional se encuentre dentro de la capa protectora del elemento de detección plasmónica adicional, es decir que el volumen de detección no se extienda sustancialmente fuera de la capa protectora. Entonces, la condición de resonancia del plasmón localizado solo resulta afectada por los cambios en el elemento de detección plasmónica en sí mismo y/o en la capa de protección, específicamente por su temperatura, pero no por los cambios en el estado de carga de la batería. Esto es ventajoso, ya que es posible medir la temperatura sola de la capa de protección. Por lo tanto, es posible proporcionar la referencia o calibración de, por ejemplo, la temperatura de la batería, de modo tal que se puede proporcionar un sensor de carga de la batería más preciso.

30 El elemento de detección plasmónica pueden tener la forma de un disco, una vara, un cable, una elipse, un polígono, un triángulo, una esfera, un cubo, una estrella, un agujero en una película metálica, una nanoesfera, una partícula cápside, un nanoarroz o un nanoanillo.

35 El elemento de detección plasmónica puede comprender un semiconductor y/o un metal.

Se entiende que el semiconductor debería comprender una pluralidad de tres portadores de carga libre, es decir, electrones y/o agujeros tales que el elemento de detección plasmónica de semiconductores puede proporcionar una condición de LSPR. Por ejemplo, esto puede lograrse mediante el dopaje del semiconductor.

40 El material semiconductor puede comprender, por ejemplo, silicio, germanio, carbono y/o materiales semiconductores III-V. Estos son todos materiales conocidos en las ciencias de los materiales y la tecnología de los semiconductores, lo que facilita la fabricación del elemento de detección plasmónica, ya que, por ejemplo, es posible utilizar el crecimiento epitaxial estándar y las técnicas de procesamiento.

45 El metal se puede seleccionar de entre un grupo que consiste en Ag, Au, Cu, Al, Mg, Ni, Pd y Pt, o aleaciones que comprenden al menos un metal seleccionado de entre el grupo.

50 Se sabe que estos materiales proporcionan las LSPR en los intervalos de longitud de onda de ultravioleta, visible e infrarrojo cercano (UV-VIS-NIR) del espectro electromagnético. Por tanto, se pueden utilizar las técnicas ópticas estándares para excitar y detectar las LSPR del elemento de detección plasmónica.

55 Las propiedades ópticas del sensor de carga de la batería pueden cambiarse mediante la variación, según los materiales descritos, de las formas y/o las dimensiones del elemento de detección plasmónica antes mencionado. Por tanto, la condición de LSPR puede calibrarse de modo tal que la longitud de onda óptica específica para la cual se produce la LSPR se proporcione en un intervalo de longitud de onda deseado.

60 La capa de separación puede comprender un material seleccionado de entre un grupo de materiales que comprenden un óxido de metal, un carburo de metal, un nitruro de metal; un óxido semiconductor, un nitruro semiconductor o un carburo semiconductor; un aislante y un polímero. Esta es una ventaja, ya que puede proporcionarse una capa de separación que proteja al elemento de detección plasmónica. Por lo tanto, la versatilidad del sensor de carga de la batería aumenta.

65 El sensor de carga de la batería puede comprender además una pluralidad de elementos de detección plasmónica, lo que puede aumentar la confiabilidad y la precisión del sensor de carga de la batería. La pluralidad de elementos de detección plasmónica puede implementarse como muchos elementos de detección plasmónica similares ubicados en

diferentes lugares en una batería a fin de proporcionar información sobre el estado de carga y la temperatura en estas ubicaciones y así dar una imagen más completa del estado de carga o la temperatura de la batería. La pluralidad de elementos de detección plasmónica también puede implementarse como muchos elementos de detección plasmónica diferentes con distintas propiedades de detección, lo que brinda ventajas con respecto a una información más detallada y oportunidades mejoradas de compensar o eliminar las señales desestabilizantes.

La capa de separación puede presentar un grosor en el intervalo de 0,5 a 150 nm. Esto es ventajoso, ya que una capa de separación se proporciona de ese modo, la cual protege el elemento de detección plasmónica mientras permite que el volumen de detección del elemento de detección plasmónica cubra un volumen fuera de la capa de separación. El elemento de detección plasmónica puede así detectar un estado de carga de la batería en una ubicación fuera de la capa de separación.

Según un segundo aspecto de la invención, se proporciona un sistema para determinar un estado de carga de una batería. El sistema comprende una batería según cualquiera de las realizaciones anteriores; una fuente de radiación electromagnética dispuesta para iluminar el elemento de detección plasmónica del sensor de carga de la batería, de modo tal que el elemento de detección plasmónica exhiba una condición de resonancia del plasmón superficial localizado; un detector dispuesto para detectar la radiación electromagnética perteneciente a la condición de resonancia del plasmón superficial localizado del elemento de detección plasmónica; y una unidad de procesamiento dispuesta para analizar la radiación electromagnética detectada para determinar el estado de carga de la batería.

El sistema para determinar el estado de carga de una batería de este modo puede sacar provecho de la confiabilidad y la robustez del sensor de carga de la batería al detectar el estado de carga de la batería. Un sistema eficiente para monitorear la LSPR y los cambios a la LSPR se proporciona además mediante la detección de la radiación electromagnética perteneciente a la condición de resonancia del plasmón superficial localizado del elemento de detección plasmónica. El sensor de carga de la batería puede ofrecer, además, una detección de batería a tiempo real que detecta el estado de carga de la batería, utilizando, por ejemplo, técnicas de caracterización óptica convencional como las medidas de transmisión y/o reflejo.

Según un tercer aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento para determinar un estado de carga de una batería. El procedimiento comprende proporcionar una batería según cualquiera de las realizaciones anteriores, iluminar por medio de una fuente de radiación electromagnética el elemento de detección plasmónica del sensor de carga de la batería, de modo tal que el elemento de detección plasmónica exhiba una condición de resonancia del plasmón superficial localizado, detectar por medio de un detector la radiación electromagnética perteneciente a la condición de resonancia del plasmón superficial localizado del elemento de detección plasmónica y analizar por medio de una unidad de procesamiento la radiación electromagnética detectada para determinar el estado de carga de la batería.

En general, las características del segundo y el tercer aspecto de la invención proporcionan ventajas similares, como se analizó anteriormente en relación con el primer aspecto de la invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS:

Ahora se describirán con más detalles este y otros aspectos de la presente invención, en referencia a los dibujos adjuntos que muestran las realizaciones de la invención. Las figuras no deben considerarse como limitantes de la invención o específicas para la misma; sino que se utilizan para explicar y entender la invención.

La FIG. 1 es una vista superior esquemática de una batería según una realización de la presente invención.

La FIG. 2 es una vista superior esquemática de una batería según otra realización de la presente invención.

La FIG. 3 es una vista esquemática de un sistema para determinar un estado de carga de una batería según una realización de la invención.

La FIG. 4 es un diagrama de flujo esquemático, que muestra un procedimiento para determinar un estado de carga de una batería según una realización de la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Ahora se describirá la presente invención de manera más completa en lo sucesivo, en referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran las realizaciones actualmente preferidas de la invención. Sin embargo, esta invención puede realizarse de muchas maneras diferentes y no debería interpretarse como limitada a las realizaciones establecidas en esta solicitud, estas realizaciones se proporcionan para fines de exhaustividad y completud, y expresan plenamente el alcance de la invención a la persona experta.

La idea básica de esta invención es proporcionar una batería con un sensor de carga de batería, de modo tal que pueda determinarse el estado de carga de la batería. Al proporcionar una batería con un sensor de carga de la batería, se proporciona una disposición confiable y estable para determinar el estado de carga de la batería. El sensor de carga de la batería además es compacto y presenta un bajo costo y una baja complejidad.

A continuación, se describirá una batería 100 según una realización de la presente invención en referencia a la Figura 1. La Figura 1 muestra una vista superior de la batería 100. La batería 100 comprende dos electrodos con los materiales de electrodo 102a y 102b, un material de electrolito 104 y un sensor de carga de la batería 106. El sensor de carga de la batería 106 comprende un elemento de detección plasmónica 108 que presenta un volumen de detección 110 dentro de la batería 100 y que tras ser iluminado con radiación electromagnética exhibe una condición de resonancia del plasmón superficial localizado, lo que depende de un estado de carga de la batería 100.

Como ejemplo, la batería puede ser una batería de plomo (ácido-plomo). Para dicha batería, cuando está menos cargada o completamente descargada, los materiales de electrodo 102a y 102b comprenden una porción más grande de sulfato de plomo, $PbSO_4$ que cuando la batería está más cargada o totalmente cargada. Por otro lado, para una batería más cargada o totalmente cargada, el material de electrodo ánodo 102a comprende óxido de plomo, PbO_2 , y el material de electrodo cátodo 102b comprende plomo, Pb en una mayor medida que para una batería menos cargada o totalmente descargada.

Para una batería menos cargada o totalmente descargada, el material de electrolito 104 se transforma esencialmente en agua mientras que, para la batería más cargada o totalmente cargada, el material de electrolito se vuelve esencialmente ácido sulfúrico, H_2SO_4 . Como tanto los materiales de electrodo 102a y 102b como el material de electrolito 104 cambian en su composición y sus constantes dieléctricas respectivas, dependiendo del estado de carga, la presente invención permite determinar el estado de carga de la batería sondeando el electrodo y los materiales de electrodo mediante el elemento de detección plasmónica.

Cabe señalar que resulta ventajoso sondear el material de electrodo y el material de electrolito, ya que los diferentes materiales pueden transportar información local, que puede ser complementaria, sobre el estado de carga de la batería.

La presente invención no se limita al tipo de batería descrito anteriormente y la batería puede ser, por ejemplo, una batería de ion de litio o una batería híbrida de metal. Para la batería de ion de litio, la carga y la descarga están representadas por la inserción o la extracción de iones de litio en o a/fuera del material de electrodo ánodo y material de electrodo cátodo, con los cambios complementarios del material de electrolito.

En el ejemplo dado anteriormente, el elemento de detección plasmónica es un disco de oro. El disco puede presentar un diámetro de disco en el intervalo de 5 a 500 nm. La altura del elemento de detección plasmónica también puede variar en el intervalo de 5 a 100 nm.

Según otras realizaciones, el elemento de detección plasmónica 108 puede presentar distintos tamaños y formas.

Además, se proporciona adicionalmente una capa de separación 112 hecha de dióxido de silicio compacto SiO_2 , véase la Figura 1. Estos materiales dados anteriormente se escogen a fin de proporcionar un sensor de carga de batería 106 eficiente que comprende un elemento de detección plasmónica 108 que presenta una condición de LSPR de modo tal que sus resonancias se producen en las regiones visibles o casi visibles del espectro electromagnético. Otras realizaciones de la presente invención se ejemplificarán en lo sucesivo,

El elemento de detección plasmónica puede fabricarse mediante muchos procedimientos diferentes establecidos en la nanotecnología. Los ejemplos de los procedimientos de fabricación de los elementos de detección plasmónica son la litografía de haz de electrones, el estampado, la impresión, la litografía coloidal y una versión especial llamada litografía de máscara de agujero. La elección del procedimiento depende, por ejemplo, del tamaño, la forma o el material del elemento de detección plasmónica y este último, por ejemplo, se deposita en un sustrato. La elección del procedimiento también depende de los aspectos de costo.

Cabe señalar que el volumen de detección 110 es un volumen definido por la extensión espacial del campo electromagnético desde la resonancia del plasmón superficial localizado y excitado, LSPR. Debe entenderse que la radiación electromagnética, que pertenece al volumen de detección 110 proporciona información sobre el estado de carga de la batería 100. Como la extensión espacial de este campo electromagnético depende tanto de los detalles del elemento de detección plasmónica 106, como de las propiedades de los materiales que lo rodean y la dirección del campo electromagnético incidente en relación con la geometría del elemento de detección plasmónica 106, el volumen del volumen de detección 110 depende de todos estos parámetros. A este fin, el campo electromagnético relacionado con la LSPR excitada cae gradualmente, a menudo aproximadamente de manera exponencial, lejos del elemento de detección plasmónica 106, de modo tal que el volumen de detección típicamente presente una extensión de una escala de longitud de 10 a 100 nm. Por tanto, el elemento de detección plasmónica 106 proporciona un volumen de sonda local dentro de la batería 100.

La capa de separación 112 es una capa que separa simultáneamente los elementos sensores de los químicos o materiales externos y evita que los elementos de detección plasmónica reaccionen o resulten modificados por dichos materiales y gases. La capa de separación es suficientemente fina como para que el campo electromagnético de la excitación de LSPR se extienda fuera de la capa de separación y experimente cambios dieléctricos fuera de dicha capa 112. En otras palabras, el volumen de detección 110 se extiende fuera de la capa de separación 112.

La capa de separación 112 puede ser cualquier material dieléctrico que cumpla con los requerimientos antes descritos, por ejemplo, óxido de metal, nitruro o carburo de metal, un polímero u otro material. La capa de separación 112 puede depositarse mediante varios procedimientos de deposición de películas, como los procedimientos de deposición física de vapor, PVD, la deposición química de vapor, CVD, los procedimientos, los procedimientos electroquímicos, por ejemplo, la electrodeposición y los procedimientos de oxidación anódica o los procedimientos de centrifugado. Existe una serie de otros procedimientos especializados para la deposición de películas o capas que también pueden utilizarse, como la deposición de capas atómicas (ALD) y la epitaxia de capas atómicas (ALE).

Según otras realizaciones, los elementos de detección plasmónica pueden disponerse en diferentes ubicaciones con respecto a los electrodos y el electrolito, a fin de obtener información complementaria sobre el estado de carga de la batería. Por ejemplo, el elemento de detección plasmónica puede ubicarse sobre la superficie del material de electrodo y estar provisto de una primera capa de separación que separa el elemento de detección plasmónica del material de electrodo. Además, una segunda capa de separación, que es más gruesa que la primera capa de separación, puede disponerse sobre una superficie del elemento de detección plasmónica que se dispone de manera opuesta a la superficie del material de electrodo. Mediante esta disposición, el volumen de detección del elemento de detección plasmónica puede disponerse de modo tal que se superponga con el material de electrodo, pero no con el material de electrolito. Esto resulta en que el elemento de detección plasmónica puede percibir y detectar la composición del material o los cambios en la composición material, por ejemplo, de la constante dieléctrica, del material de electrodo, pero no la composición o los cambios en la composición del material de electrolito.

Según otra realización, el elemento de detección plasmónica puede disponerse de modo tal que la segunda capa de separación más gruesa se disponga entre el elemento sensor y el material de electrodo y la capa de separación más fina entre el elemento de detección plasmónica y el material de electrolito. Esta disposición permite percibir la composición material y/o los cambios en la composición material del material de electrolito.

Según incluso otra realización, se proporciona una pluralidad de elementos de detección plasmónica que se dispone de modo tal que se percibe la composición material y/o los cambios en la composición material del material de electrolito y el material de electrodo. Por tanto, la información acerca del estado de carga de la batería puede proporcionarse en diferentes ubicaciones en la batería.

De nuevo, en referencia a la Figura 1, la batería 100 comprende además un elemento de detección plasmónica adicional 114 dispuesto dentro de una capa de protección 116. La capa de protección 116 se dispone de modo tal que el volumen de detección 118 del elemento de detección plasmónica adicional 114 está dentro de la capa de protección 116 del elemento de detección plasmónica adicional 114.

El rol de la capa protectora es limitar el volumen de detección para que se sitúe dentro de un volumen dentro de la capa protectora. Por tanto, el campo electromagnético de la LSPR no llega hasta afuera de la capa de protección y, por lo tanto, la composición del material, o los cambios en la composición material de los materiales dieléctricos fuera de la capa de protección no se perciben. Esto permite, por ejemplo, que la temperatura sola pueda medirse sin la interferencia de otros cambios, ya que la condición de LSPR del elemento de detección plasmónica puede cambiarse mediante un cambio en la temperatura. La capa de protección puede ser de cualquier material que cumpla la misma función que la capa de separación en cuanto a que evita cualquier interacción o reacción entre los alrededores y el elemento de detección plasmónica adicional, pero además es suficientemente grueso como para que los cambios fuera de la capa de protección no sean detectados. Por tanto, los cambios en relación con la temperatura de la capa de detección en sí misma y la temperatura de la capa de protección entonces son detectadas mediante la influencia de la temperatura en la condición de LSPR. La sensibilidad de la temperatura puede mejorarse si la constante dieléctrica de la capa de protección se escoge de modo tal que su constante dieléctrica sea altamente dependiente de la temperatura.

Así, el sensor de carga de la batería puede sacar provecho de la confiabilidad y la robustez del sensor de la batería cuando detecta que el estado de carga de la batería cambia, mediante cambios en el material de electrodo y/o por medio de cambios en electrolíticos y, además, también cuando detecta la temperatura de la batería. Un sistema eficiente para monitorear la LSPR y los cambios a la LSPR se proporciona además mediante la detección de la radiación electromagnética que está siendo dispersada y/o reflejada por, y/o transmitida a través de, el sensor de carga de la batería. El sensor de carga de la batería puede ofrecer, además, una detección de batería a tiempo real, utilizando, por ejemplo, técnicas de caracterización óptica convencional como las medidas de transmisión y/o reflejo. Así, el sensor de carga de la batería puede sacar provecho de la confiabilidad y la robustez de los elementos de detección plasmónica cuando el estado de carga de la batería cambia, mediante cambios en el material de electrodo y/o por medio de cambios en electrolíticos, además de la detección de la temperatura de la batería.

Según otra realización, el sensor de carga de la batería puede comprender además una pluralidad de elementos de detección plasmónica, lo que puede aumentar la confiabilidad y la precisión del sensor de carga de la batería. A un sensor de carga de la batería que comprende una pluralidad de elementos de detección plasmónica se puede hacer referencia como un sensor de carga de batería multiplexado.

A este fin, la multiplexación aquí debe entenderse como una multiplicidad de elementos de detección plasmónica, donde cada elemento de detección plasmónica puede ser diferente, de algún modo, en su respuesta al estado de carga que se pretende medir. La multiplexación puede, por ejemplo, implementarse mediante la colocación de muchos elementos de detección plasmónica diferentes en un sensor de carga de batería, donde cada elemento de detección plasmónica presenta una respuesta diferente a cambios en el estado de carga de la batería, por medio, por ejemplo, de cambios en la composición material de los materiales dentro de la batería, tales como el material de electrodo y el de electrolito.

Según otra realización, el sensor de carga de la batería puede comprender un elemento de detección adicional que presenta una capa de protección y un elemento de detección plasmónica que presenta una capa separada entre un material de electrodo y los elementos de detección respectivos. En una disposición como esa, el elemento de detección plasmónica adicional puede medir solo la temperatura, mientras que el elemento de detección plasmónica puede medir el efecto combinado de la temperatura y el estado de carga de la batería. Mediante la utilización de la información desde el elemento de detección adicional, solo midiendo la temperatura, podría ser posible compensar la señal del elemento de detección plasmónica por los efectos de la temperatura, de modo tal que podría obtenerse el estado de carga de la batería con una mejor precisión. El principio puede extenderse además para comprender una pluralidad de los diferentes elementos de detección, cada uno de los cuales mide una o varias propiedades y donde la información combinada de al menos una porción de una pluralidad de elementos de detección se puede utilizar para extraer una información específica y deseada acerca del estado de carga de la batería por medio de este enfoque multiplexado.

Una razón para la multiplexación es medir muchas cantidades diferentes que juntas dan información más precisa sobre el estado de carga de la batería. Por ejemplo, si el sensor de carga de la batería presenta muchos elementos de detección plasmónica diferentes, cuyos volúmenes de detección se extienden a diferentes partes de la batería, por ejemplo, un elemento de detección plasmónica detecta solo el material de electrolito, otro solo el material de electrodo y uno adicional no detecta ninguno de estos materiales, pero detecta exclusivamente la temperatura por la utilización de una capa de protección, esto es un ejemplo de triplexación.

La Figura 2 ilustra una batería 200 según otra realización de la presente invención. La batería 200 comprende dos materiales de electrodo 102a y 102b, un material de electrolito 104 y dos sensores de carga de la batería 206 y 306. El sensor de carga de la batería 206 comprende un elemento de detección plasmónica 208 que se dispone a una profundidad predeterminada dentro del material de electrodo 102a y en el que el volumen de detección 210 del elemento de detección plasmónica 208 cubre una porción del material de electrodo 102a. El sensor de carga de la batería 206 comprende además una capa de separación 112.

La persona experta en la materia debería darse cuenta de que el material de electrodo 102a y 102b puede ser el mismo material o no, dependiendo del tipo de batería.

El electrodo de la batería es una piedra de construcción fundamental de una batería. Cuando el estado de carga de una batería cambia, también lo hace la constante dieléctrica del electrodo de la batería. Por lo tanto, las mediciones de LSPR que miden exclusivamente los cambios de los electrodos de la batería son valioso y, en muchas situaciones, son suficientes para obtener la información deseada al respecto del estado de carga.

Cuando una batería no está totalmente cargada ni totalmente descargada, un electrodo de la batería no es homogéneo en su composición. Por lo tanto, puede resultar ventajoso y proporciona información más precisa sobre el estado de carga de la batería, si la composición local de un electrodo de batería se mide en muchas ubicaciones diferentes, por ejemplo, a diferentes profundidades predeterminadas en el electrodo de la batería. Esto puede implementarse de muchas maneras diferentes. Una manera es insertar elementos de detección plasmónica en varias profundidades predeterminadas en el electrodo de la batería. Otra manera es recubrir los elementos de detección plasmónica con un recubrimiento con forma de cuña de un material de electrodo, de modo tal que cada ubicación de los elementos sensores presente un grosor de electrodo diferente respecto del material del electrodo entre el elemento de detección plasmónica y el material de electrolito. La iluminación óptica y el sistema de detección entonces se disponen de modo tal que la información local/espacial se obtiene para diferentes grosores de cuña.

La batería 200 además comprende un elemento de detección plasmónica (308) se dispone dentro del material de electrolito 104 y en la que el volumen de detección 310 del elemento de detección plasmónica 308 cubre una porción del material de electrolito 104. Esto es ventajoso, ya que el estado de carga de la batería depende de la composición de electrolito. Por ejemplo, en una batería de ácido-plomo, la composición cambia desde esencialmente ácido sulfúrico a esencialmente agua, a medida que la batería pasa de carga total a descarga total. Este cambio en la composición del electrolito está acompañado por cambios dieléctricos que pueden medirse mediante la LSPR, si el elemento de detección plasmónica se ubica de modo tal que su volumen de detección se superpone con el electrolito. Las mediciones en el electrolito solo pueden, por lo tanto, proporcionar información suficiente sobre el estado de carga de la batería.

Cabe señalar que, según otras realizaciones, el sensor de carga de la batería puede no comprender una capa de separación. Esto simplifica la fabricación del sensor de carga de la batería.

Según otra realización, el sensor de carga de la batería comprende una disposición de elementos de detección plasmónica de modo tal que miden el estado de carga en muchas ubicaciones diferentes en uno o varios electrodos. Esto representa una ventaja, ya que el estado de carga puede variar en diferentes ubicaciones en un electrodo de la batería y entre electrodos diferentes.

5 Según otras realizaciones, los elementos de detección plasmónica pueden tener la forma de una vara, un cable, una elipse, un polígono, un triángulo, una esfera, un cubo, una estrella, un agujero en una película metálica, una nanoesfera, una partícula cápside, un nanoarroz o un nanoanillo.

10 Cabe señalar que el elemento de detección plasmónica adicional puede comprender el mismo material y presentar las mismas formas que se describieron anteriormente en relación con el elemento de detección plasmónica.

15 El elemento de detección plasmónica puede comprender un semiconductor y/o un metal. Se entiende que el semiconductor comprende una pluralidad de tres portadores de carga libre, es decir, electrones y/o agujeros tales que los elementos de detección plasmónica basados en semiconductores pueden proporcionar una condición de LSPR. Por ejemplo, esto puede lograrse mediante el dopaje del semiconductor. El material semiconductor puede comprender, por ejemplo, silicio, carbono y/o materiales semiconductores III-V. Estos son todos materiales conocidos en las ciencias de los materiales y la tecnología de los semiconductores, lo que facilita la fabricación del sensor de carga de la batería, ya que, por ejemplo, es posible utilizar el crecimiento epitaxial estándar y las técnicas de procesamiento.

20 El metal también se puede seleccionar de entre un grupo que consiste en Ag, Cu, Al, Mg, Ni, Pd y Pt, o aleaciones que comprenden al menos un metal seleccionado de entre el grupo. Se sabe que estos materiales proporcionan las LSPR en los intervalos de longitud de onda de ultravioleta, visible e infrarrojo cercano (UV-VIS-NIR) del espectro electromagnético. Por tanto, pueden usarse técnicas ópticas estándares para excitar y detectar las LSPR de los elementos de detección plasmónica, lo que simplifica la detección de cambios en la condición de LSPR.

25 La persona experta en la materia debería entender que también es posible utilizar otros metales que proporcionen las LSPR.

30 La persona experta en la materia además se dará cuenta de que las propiedades electromagnéticas del sensor de carga de la batería pueden cambiarse mediante la variación, según los materiales descritos, de las formas y/o las dimensiones de los elementos de detección plasmónica antes mencionados. Por tanto, la condición de LSPR puede calibrarse de modo tal que la longitud de onda óptica específica para la cual se produce la LSPR se proporcione en un intervalo de longitud de onda adecuado.

35 A este fin, el sensor de carga de la batería puede comprender una pluralidad de elementos de detección plasmónica de diferentes materiales que presentan diferentes formas y/o dimensiones. En consecuencia, la LSPR de los diferentes elementos de detección plasmónica puede ser diferente, lo que simplifica la identificación y el análisis de los diferentes elementos de detección plasmónica.

40 La Figura 3 ilustra un sistema 400 para determinar un estado de carga de una batería 100 según una realización de la invención. El sistema comprende una batería 100, una fuente de radiación electromagnética 402 dispuesta para iluminar el elemento de detección plasmónica 108 del sensor de carga de la batería 106 de modo tal que el elemento de detección plasmónica 108 exhiba una condición de resonancia del plasmón superficial localizado. El sistema 400 además comprende un detector 404 dispuesto para detectar la radiación electromagnética perteneciente a la condición de resonancia del plasmón superficial localizado del elemento de detección plasmónica 108 y una unidad de procesamiento 406 dispuesta para analizar la radiación electromagnética detectada, a fin de determinar el estado de carga de la batería 100.

50 La unidad de procesamiento 406 puede utilizarse, en consecuencia, para determinar la luz dispersada y/o reflejada y/o transmitida perteneciente a la condición de LSPR del elemento de detección plasmónica. El sistema 400 para determinar el estado de carga de una batería de este modo puede sacar provecho de la confiabilidad y la robustez del sensor de carga de la batería, al determinar el estado de carga de una batería 100. Un sistema eficiente para monitorear la LSPR y/o los cambios a la LSPR se proporciona además mediante la detección de la radiación electromagnética que está siendo dispersada y/o reflejada por, y/o transmitida a través de, el sensor de carga de la batería.

60 Cabe señalar que el sistema para determinar un estado de carga de una batería puede disponerse para monitorear al menos la LSPR de un elemento de detección plasmónica y/o una pluralidad de elementos de detección plasmónica mediante la utilización de técnicas de imagenología y/o espectroscopía resueltas espectral y/o espacialmente.

65 La fuente de radiación electromagnética 402 para iluminar el sensor de carga de la batería 106 puede ser una fuente de iluminación de banda ancha, como la luz blanca que comprende la radiación electromagnética en el intervalo de longitud de onda ultravioleta a infrarrojo. Dicha fuente de iluminación proporciona una excitación eficiente y el análisis espectroscópico de las LSPR del elemento de detección plasmónica del sensor de carga de la batería 106. La fuente 402 de la radiación electromagnética además hace posible utilizar componentes ópticos convencionales como lentes

y espejos, y permite una instrumentación simple y menos costosa. Como un ejemplo, se pueden utilizar los detectores de silicio estándares en la detección de las LSPR y los cambios a las LSPR.

5 Utilizando el sistema 400 para determinar un estado de carga de una batería 100, la luz reflejada por, y/o transmitida a través de, el sensor de carga de la batería 106 es adquirida por el detector 404. Un espectro de extinción (no se muestra) perteneciente a la excitación de las LSPR del elemento de detección plasmónica 108 se obtiene mediante el uso de la unidad de procesamiento 406 y procedimientos convencionales para, por ejemplo, normalizar la luz desde la fuente de radiación electromagnética 402.

10 El espectro de extinción presenta funciones características que resultan de la elección del elemento de detección plasmónica 108, los materiales utilizados en la batería 401 y el estado de carga de la batería 401. El espectro de extinción puede describirse mediante parámetros tales como la longitud de onda central y la intensidad pico, y el ancho total a mitad del máximo del espectro. El ancho total a mitad del máximo se refiere, por ejemplo, a la amortiguación de la LSPR del elemento de detección plasmónica 108. Los parámetros pueden determinarse a través de la unidad de procesamiento 406, por medio del análisis del espectro de extinción y, a partir de esto, puede determinarse el estado de carga de la batería. Según una realización, el sistema puede calibrarse utilizando al menos un estado de carga conocido de la batería.

20 Una persona experta en la materia se dará cuenta de que otro tipo de proceso óptico, como la dispersión y la absorción pueden monitorearse, en lugar de eso, para detectar la condición de LSPR, de modo tal que pueda determinarse el estado de carga de la batería.

25 Cabe señalar que, en otras realizaciones, el estado de carga puede determinarse a partir de al menos una posición espectral de una frecuencia de resonancia, una amplitud de la sección transversal óptica, y una amortiguación de la condición de LSPR, o un cambio a cualquiera de las anteriores. La fuente 402 de la radiación electromagnética también puede proporcionar luz monocromática, la cual se puede obtener mediante la utilización de una fuente de banda ancha y filtros ópticos o monocromadores, o un diodo emisor de luz de banda estrecha o un láser.

30 La fuente 402 de la radiación electromagnética además puede disponerse para iluminar un elemento de detección plasmónica adicional del sensor de carga de la batería, de modo tal que el elemento de detección plasmónica exhiba una condición de resonancia del plasmón superficial localizado.

35 La Figura 4 es un diagrama de flujo esquemático, que muestra un procedimiento 500 para determinar un estado de carga de una batería según una realización de la invención. El procedimiento comprende proporcionar 502 una batería según cualquiera de las realizaciones anteriores, iluminar 504 por medio de una fuente de radiación electromagnética el elemento de detección plasmónica del sensor de carga de la batería, de modo tal que el elemento de detección plasmónica exhiba una condición de resonancia del plasmón superficial localizado, detectar 506 por medio de un detector la radiación electromagnética perteneciente a la condición de resonancia del plasmón superficial localizado del elemento de detección plasmónica y analizar 508 por medio de una unidad de procesamiento la radiación electromagnética detectada para determinar el estado de carga de la batería.

45 El procedimiento además comprende la etapa de iluminar, por medio de una fuente de radiación electromagnética, un elemento de detección plasmónica adicional del sensor de carga de la batería, de modo tal que el elemento de detección plasmónica adicional exhiba una condición de resonancia del plasmón superficial localizado y la etapa de detectar, por medio de un detector, la radiación electromagnética perteneciente a la condición de resonancia del plasmón superficial localizado del elemento de detección plasmónica adicional.

50 En general, las características del procedimiento según la presente invención proporcionan ventajas similares, como se analizó antes, en relación con la batería que comprende un sensor de carga de la batería y el sistema para determinar el estado de carga de una batería descrita anteriormente.

55 La persona experta en la materia se dará cuenta de que la presente invención no se limitará, bajo ninguna circunstancia, a las realizaciones preferidas antes descritas. Por el contrario, muchas modificaciones y variaciones son posibles dentro del alcance de las reivindicaciones solicitadas.

60 Adicionalmente, las personas expertas pueden entender y realizar variaciones de las realizaciones descritas al poner en práctica la invención reivindicada, a partir del estudio de los dibujos, la descripción y las reivindicaciones adjuntas. Además, en los dibujos y las memorias descriptivas, se han descrito ejemplos y realizaciones preferidas de la invención y, si bien, se emplean términos específicos, se los utiliza en un sentido genérico y exclusivamente descriptivo, y no con el objetivo de limitar el alcance de la invención que se establece en las reivindicaciones a continuación. En las reivindicaciones, la palabra "que comprende" no excluye otros elementos o etapas, y el artículo indefinido "un" o "una" no excluyen una pluralidad.

REIVINDICACIONES

1. Una batería (100, 200, 401) que comprende:
 un material de electrodo (102a),
 un material de electrolito (104),
 un sensor de carga de la batería (106, 206, 306) que comprende un elemento de detección plasmónica (108, 208, 308) que presenta un volumen de detección (110, 210, 310) dentro de la batería (100, 200, 401) y que tras la iluminación con radiación electromagnética exhibe una condición de resonancia del plasmón superficial localizado, lo que depende de un estado de carga de la batería (100, 200, 401).
2. La batería según la reivindicación 1, en la que el elemento de detección plasmónica (208) se dispone a una profundidad predeterminada dentro del material de electrodo (102a) y en el que el volumen de detección (210) del elemento de detección plasmónica (208) cubre una porción del material de electrodo (102a).
3. La batería según la reivindicación 1, en la que el elemento de detección plasmónica (308) se dispone dentro del material de electrolito (104) y en la que el volumen de detección (310) del elemento de detección plasmónica (308) cubre una porción del material de electrolito (104).
4. La batería según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que el sensor de carga de la batería (106, 206, 306) comprende además una capa de separación (112) que se dispone en una superficie externa del elemento de detección plasmónica (108, 208, 308).
5. La batería según la reivindicación 4, en la que la capa de separación (112) del sensor de carga de la batería (106, 206, 306) se dispone de modo tal que el volumen de detección (110, 210, 310) del elemento de detección plasmónica (108, 208, 308) cubre una porción del material de electrodo (102a) y/o el material de electrolito (104).
6. La batería según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que además comprende un elemento de detección plasmónica adicional (114) que se dispone dentro de una capa de protección (116) y en la que el volumen de detección (118) del elemento de detección plasmónica adicional (114) está dentro de la capa de protección (116) del elemento de detección plasmónica adicional (114).
7. La batería según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que el elemento de detección plasmónica (108, 208, 308) es un disco, una vara, un cable, una elipse, un polígono, un triángulo, una esfera, un cubo, una estrella, un agujero en una película de metal fina, una nanoesfera, una partícula cápside, un nanoarroz o un nanoanillo.
8. La batería según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que el elemento de detección plasmónica (108, 208, 308) comprende un semiconductor y/o un metal.
9. La batería según la reivindicación 8, en la que el metal se selecciona de entre un grupo que consiste en Ag, Au, Cu, Al, Mg, Ni, Pd y Pt, o aleaciones que comprenden al menos un metal seleccionado de entre el grupo.
10. La batería según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 9, en la que la capa de separación (112) comprende un material seleccionado de entre un grupo de materiales que comprenden un óxido de metal, un carburo de metal, un nitruro de metal; un óxido semiconductor, un nitruro semiconductor o un carburo semiconductor; un aislante y un polímero.
11. La batería según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en la que la capa de separación (112) presenta un grosor en el intervalo de 0,5 a 150 nm.
12. Un sistema (401) para determinar un estado de carga de una batería que comprende:
 una batería (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11;
 una fuente de radiación electromagnética (402) dispuesta para iluminar el elemento de detección plasmónica (108) del sensor de carga de la batería (106) de modo tal que el elemento de detección plasmónica (108) exhiba una condición de resonancia del plasmón superficial localizado; y
 un detector (404) dispuesto para detectar la radiación electromagnética perteneciente a la condición de resonancia del plasmón superficial localizado del elemento de detección plasmónica (108),
 una unidad de procesamiento (406) dispuesto para analizar dicha radiación electromagnética detectada, a fin de determinar el estado de carga de la batería (401).
13. Un procedimiento para determinar un estado de carga de una batería, siendo que el procedimiento (500) comprende;
 proporcionar (502) una batería como se indica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11,
 iluminar (504) por medio de una fuente de radiación electromagnética el elemento de detección plasmónica del sensor de carga de la batería, de modo tal que el elemento de detección plasmónica exhiba una condición de resonancia del plasmón superficial localizado;

detectar (506), por medio de un detector, la radiación electromagnética perteneciente a la condición de resonancia del plasmón superficial localizado del elemento de detección plasmónica,
analizar (508), por medio de una unidad de procesamiento, la radiación electromagnética detectada para determinar el estado de carga de la batería.

5

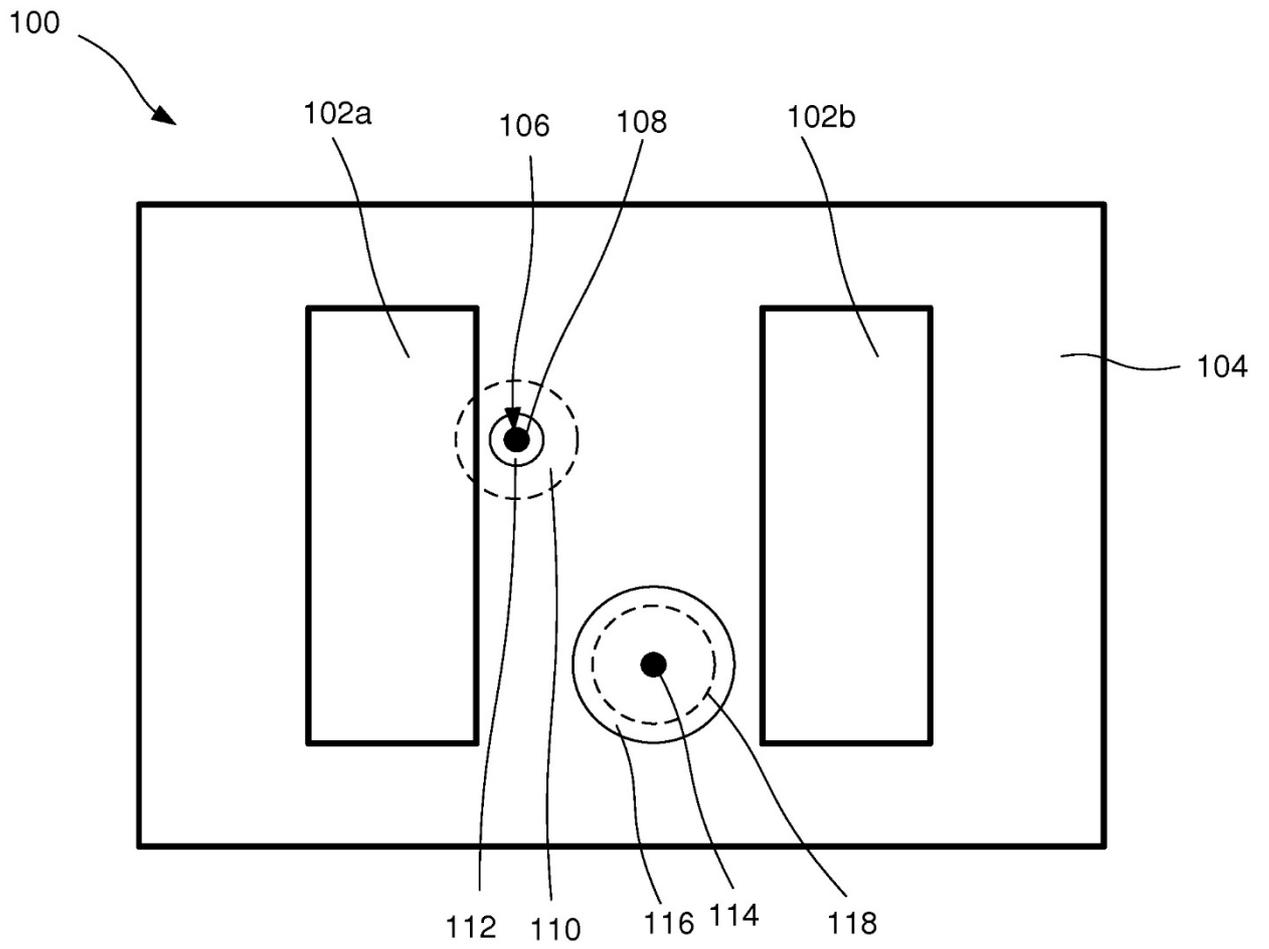


FIG. 1

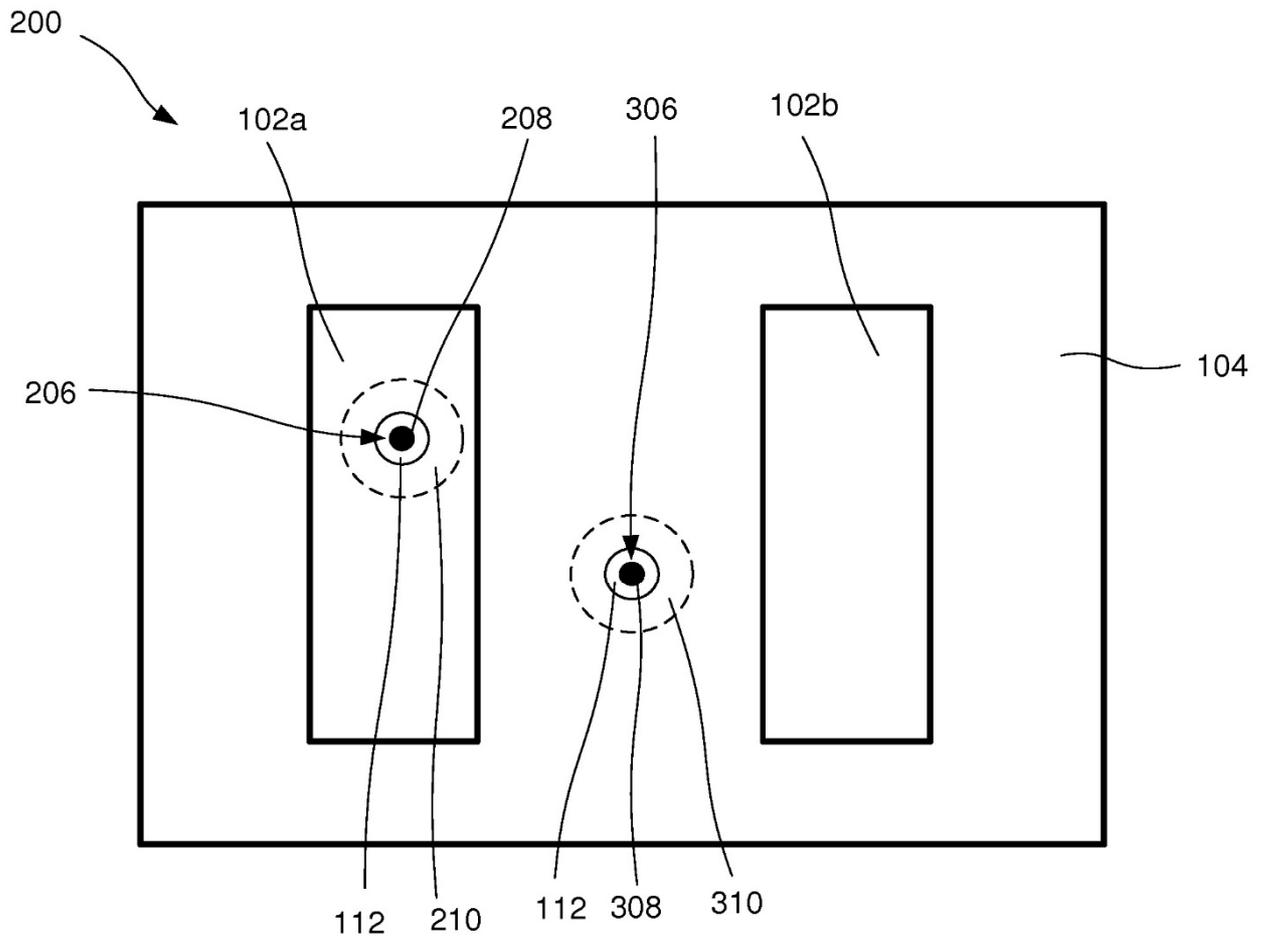


FIG. 2

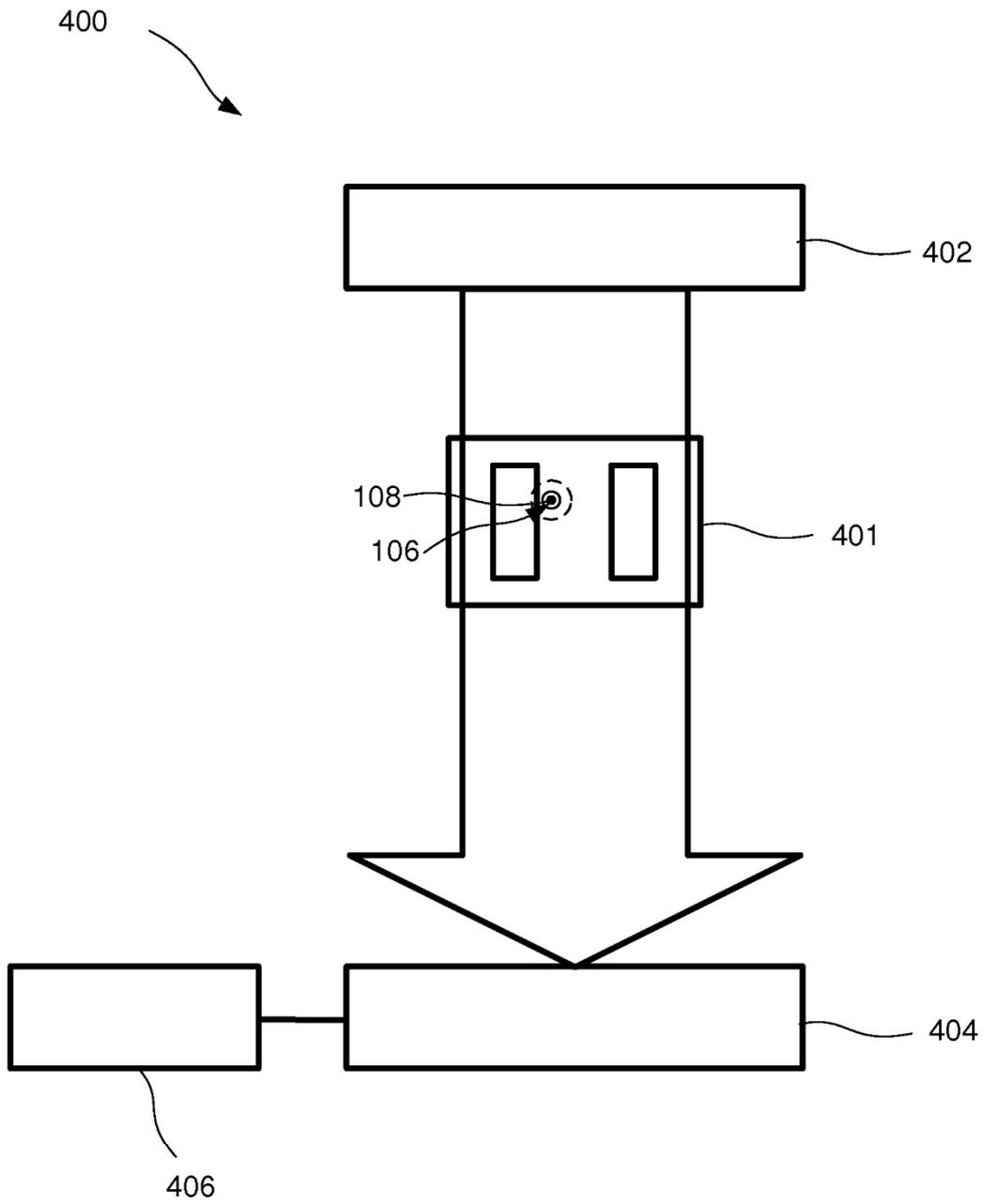


FIG. 3

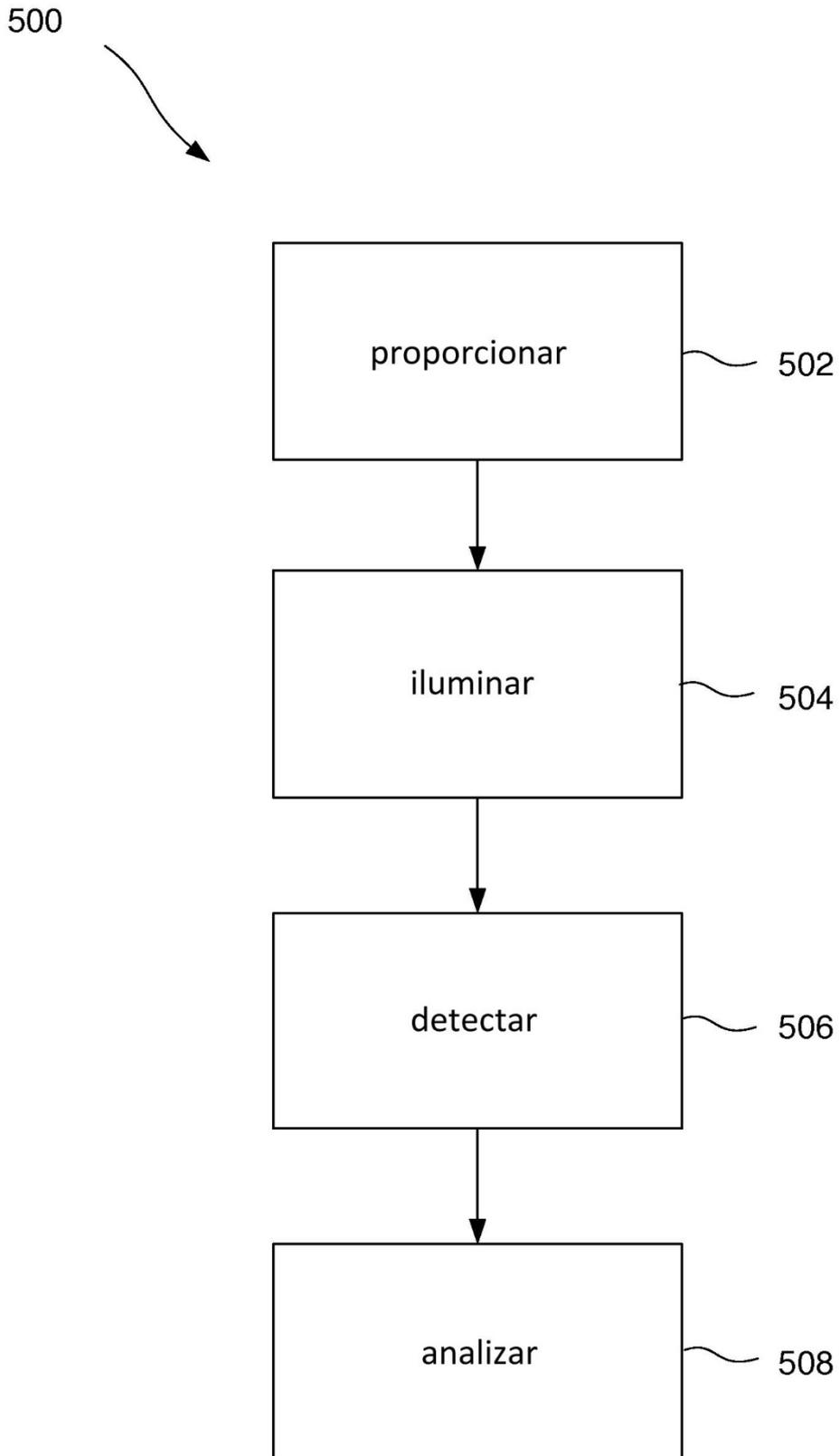


FIG. 4