

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 991 017**

51 Int. Cl.:

G01R 31/36 (2010.01)

G01R 31/3842 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.12.2013 PCT/KR2013/011129**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.06.2014 WO14088299**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.12.2013 E 13861312 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2024 EP 2894487**

54 Título: **Aparato y método para estimar un parámetro de una batería secundaria**

30 Prioridad:

03.12.2012 KR 20120139050

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

02.12.2024

73 Titular/es:

**LG ENERGY SOLUTION, LTD. (100.0%)
Tower 1, 108, Yeoui-daero, Yeongdeungpo-gu
Seoul 07335, KR**

72 Inventor/es:

**JOE, WON-TAE y
CHA, SUN-YOUNG**

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 991 017 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

Aparato y método para estimar un parámetro de una batería secundaria

5 **Sector de la técnica**

La presente divulgación se refiere a un aparato y método para estimar un parámetro que indica una propiedad electroquímica de una batería secundaria que cambia con la carga o descarga de la batería secundaria, tal como una tensión de circuito abierto o un estado de carga de la batería secundaria.

10

Estado de la técnica

Una batería es un dispositivo que produce energía eléctrica mediante reacciones electroquímicas de oxidación y reducción, y tiene una amplia gama de aplicaciones diversas. Por ejemplo, la aplicación de una batería se está extendiendo gradualmente a una fuente de alimentación de dispositivos portátiles de mano tales como un teléfono móvil, un ordenador portátil, una cámara digital, una cámara de vídeo y una herramienta eléctrica; diversos tipos de dispositivos que funcionan con electricidad, tales como una bicicleta eléctrica, una motocicleta eléctrica, un vehículo eléctrico, un vehículo híbrido, un barco eléctrico y una aeronave eléctrica; un sistema de almacenamiento de energía utilizado para almacenar la energía producida mediante nuevas energías renovables o el exceso de energía de una central eléctrica; y un proveedor de alimentación ininterrumpida para el suministro estable de alimentación a diversos dispositivos de información y comunicación, incluidos un ordenador servidor y una estación base para comunicación inalámbrica.

15

20

Una batería incluye tres elementos básicos; uno es un ánodo que incluye un material que se oxida mientras emite electrones durante la descarga, otro es un cátodo que incluye un material que se reduce mientras acepta electrones durante la descarga, y el otro es un electrolito que permite que los iones se muevan entre el ánodo y el cátodo.

25

Una batería puede clasificarse en una batería principal, que no puede reutilizarse una vez descargada, y una batería secundaria, que puede cargarse y descargarse repetidamente gracias a reacciones electroquímicas al menos parcialmente reversibles.

30

Como batería secundaria, se conocen una batería de plomo-ácido, una batería de níquel-cadmio, una batería de níquel-zinc, una batería de níquel-hierro, una batería de óxido de plata, una batería de hidruro metálico de níquel, una batería de dióxido de zinc-manganeso, una batería de zinc-bromo, una batería de metal-aire y una batería secundaria de litio. Entre ellas, la batería secundaria de litio tiene una mayor densidad energética, una mayor tensión de batería y una vida útil más larga que las demás baterías secundarias, y por estas razones está atrayendo la mayor atención en aspectos comerciales.

35

Una batería secundaria de litio tiene la característica de que las reacciones de intercalación y desintercalación de iones de litio se producen en un cátodo y un ánodo. Es decir, durante la descarga, los iones de litio desintercalados procedentes de un material anódico incluido en un ánodo se desplazan a un cátodo a través de un electrolito y se intercalan en un material catódico incluido en el cátodo, y viceversa durante la carga.

40

En la batería secundaria de litio, dado que el material utilizado como material catódico afecta significativamente al rendimiento de la batería secundaria, se han realizado diversos intentos para proporcionar un material catódico que tenga una alta capacidad energética mientras se mantiene la estabilidad a alta temperatura, así como que tenga bajos costes de fabricación. Sin embargo, el uso de un solo material catódico tiene una limitación a la hora de satisfacer todas las normas de rendimiento industrial.

45

Últimamente, con la creciente preocupación por el agotamiento de los combustibles fósiles y la contaminación atmosférica, ha aumentado drásticamente la demanda de energía ecológica. En este contexto, los países desarrollados están acelerando la comercialización de un vehículo de propulsión eléctrica, tal como un vehículo eléctrico o un vehículo híbrido propulsado y que funciona con energía eléctrica suministrada por una batería secundaria.

50

Cuando un vehículo de propulsión eléctrica está en marcha, el estado de carga (SOC) de una batería secundaria es un parámetro necesario para estimar una distancia de conducción residual del vehículo eléctrico y para controlar el inicio y el final de la carga o descarga de la batería secundaria.

60

Un SOC de una batería secundaria puede estimarse correctamente midiendo una tensión de circuito abierto de la batería secundaria. Esto se debe a que el SOC de una batería secundaria tiene una relación de uno a uno con la tensión de circuito abierto de la batería secundaria. Sin embargo, es imposible medir la tensión de circuito abierto de una batería secundaria durante la carga o descarga de la batería secundaria.

65

Por consiguiente, para estimar una tensión de circuito abierto de una batería secundaria se utilizaban convencionalmente modelos matemáticos complejos o una tabla de consulta elaborada experimentalmente capaz de

relacionar una tensión de circuito abierto con la temperatura y la tensión de la batería secundaria.

Sin embargo, el primer método tiene una desventaja de requerir un cálculo complicado, y el segundo método tiene un inconveniente de que la precisión se reduce cuando se aplica durante la carga o descarga de una batería secundaria en condiciones dinámicas. En particular, en el caso de un vehículo eléctrico o un vehículo híbrido, cuando un conductor acciona el pedal del acelerador, la batería secundaria se descarga a velocidades de descarga que cambian rápidamente (Crate), y cuando el conductor acciona el pedal del freno, la batería secundaria realiza una carga de regeneración, y este proceso se repite. Por lo tanto, existe la necesidad de un nuevo enfoque para estimar un SOC de una batería secundaria de forma conveniente y correcta en un entorno de uso dinámico de la batería secundaria.

Se describen antecedentes de la técnica adicionales en los documentos US 2007/090805 A1, US 2006/232277 A1, EP 2952919 A1 y US 2010/090651 A1.

En cuanto al documento US 2006/232277 A1, este documento divulga un aparato que puede estimar la cantidad de electricidad de carga/descarga sin verse afectado por el error de medición de corriente. Si se cumplen condiciones de selección específicas, una parte de cálculo de la tensión sin carga toma una pluralidad de pares de datos consistentes en datos de corriente $I(n)$ y datos de tensión $V(n)$ correspondientes a los datos de corriente y calcula una tensión sin carga V_{sep} como la intercepción de tensión a una corriente de cero en una aproximación rectilínea obtenida mediante un procesamiento estadístico tal como un análisis de regresión utilizando un método de mínimos cuadrados con respecto a la pluralidad de pares de datos.

Objeto de la invención

Problema técnico

La presente divulgación está diseñada para resolver el problema de la técnica relacionada, y por lo tanto, la presente divulgación se refiere a proporcionar un aparato y método para estimar una tensión de circuito abierto y/o un estado de carga (SOC) de una batería secundaria conveniente y correctamente durante el uso dinámico de la batería secundaria.

También, la presente divulgación se refiere a proporcionar un aparato y método que estima conveniente y correctamente una tensión de circuito abierto y/o un SOC de una batería secundaria que presenta un comportamiento electroquímico único debido a un material catódico mezclado de al menos dos materiales catódicos incluidos en el mismo en consideración de un rendimiento mejorado requerido para baterías secundarias en el mercado.

Solución técnica

Un aparato para estimar un parámetro de una batería secundaria de acuerdo con un aspecto de la presente divulgación incluye un medio sensor para medir una pluralidad de datos de corriente-tensión mientras que una corriente de carga disminuye cuando una batería secundaria se carga en un patrón tal que la corriente de carga aumenta hasta un valor de pico y a continuación disminuye, y un medio de control para recibir una entrada de la pluralidad de datos de corriente-tensión procedente del medio sensor, para calcular una ecuación de aproximación lineal que representa una correlación entre una corriente y una tensión a partir de la pluralidad de datos de corriente-tensión, y para estimar una ordenada en el origen de la ecuación de aproximación lineal como una tensión de circuito abierto de la batería secundaria.

Preferentemente, el medio de control puede estimar además un estado de carga (SOC) de la batería secundaria a partir de la tensión de circuito abierto estimada.

De acuerdo con un aspecto, el medio sensor puede medir la pluralidad de datos de corriente-tensión mientras una corriente de carga disminuye desde un valor de pico hasta cero cuando la batería secundaria se carga mediante un perfil de corriente de carga en el que la corriente de carga aumenta desde cero hasta el valor de pico y a continuación disminuye hasta cero.

De acuerdo con otro aspecto, el medio sensor puede medir la pluralidad de datos de corriente-tensión cuando la batería secundaria se carga mediante el perfil de corriente de carga después de que una corriente de descarga de la batería secundaria disminuya gradualmente hasta cero.

De acuerdo con aún otro aspecto, el medio sensor puede medir la pluralidad de datos de corriente-tensión después de que la corriente de carga disminuye hasta $1/3$ o menos basándose en el valor de pico.

De acuerdo con otro aspecto más, el medio sensor puede medir la pluralidad de datos de corriente-tensión después de que la corriente de carga disminuye hasta $1/6$ o menos basándose en el valor de pico.

Preferentemente, el medio sensor puede medir al menos dos datos de corriente-tensión.

De acuerdo con un aspecto, el medio de control puede estimar un SOC correspondiente a la tensión de circuito abierto estimada utilizando una tabla de consulta o una función de consulta que defina una correlación entre una tensión de circuito abierto y un SOC.

5 De acuerdo con otro aspecto, el medio sensor puede medir una temperatura de la batería secundaria y proporcionar la temperatura medida al medio de control, y el medio de control puede estimar un SOC correspondiente a la temperatura de la batería secundaria y la tensión de circuito abierto estimada utilizando una tabla de consulta o una función de consulta que define una correlación entre una tensión de circuito abierto y una temperatura y un SOC.

10 Para alcanzar el objetivo mencionado anteriormente, un aparato para estimar un parámetro de una batería secundaria de acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación incluye un medio sensor para medir datos de corriente-tensión repetidamente en un intervalo de tiempo mientras que una batería secundaria se carga en un patrón tal que la corriente de carga aumenta hasta un valor de pico y a continuación disminuye, y un medio de control para recibir una entrada de los datos de corriente-tensión procedente del medio sensor, para identificar una pluralidad de datos de corriente-tensión medidos mientras la corriente de carga disminuye desde el valor de pico, para calcular una ecuación de aproximación lineal que represente una correlación entre una corriente y una tensión a partir de la pluralidad de datos de corriente-tensión, y para estimar una ordenada en el origen de la ecuación de aproximación lineal como una tensión de circuito abierto de la batería secundaria.

20 Preferentemente, el medio de control puede estimar además un SOC de la batería secundaria a partir de la tensión de circuito abierto estimada.

De acuerdo con un aspecto, el medio de control puede identificar la pluralidad de datos de corriente-tensión entre datos de corriente-tensión medidos después de que una magnitud de la corriente de carga disminuya hasta 1/3 o menos basándose en el valor de pico.

De acuerdo con otro aspecto, el medio de control puede identificar la pluralidad de datos de corriente-tensión entre datos de corriente-tensión medidos después de que una magnitud de la corriente de carga disminuya hasta 1/6 o menos basándose en el valor de pico.

30 Preferentemente, el medio de control puede identificar al menos dos datos de corriente-tensión.

De acuerdo con un aspecto, el medio sensor puede medir datos de corriente-tensión repetidamente en un intervalo de tiempo mientras se carga la batería secundaria en un patrón tal que la corriente de carga aumenta desde cero hasta el valor de pico y a continuación disminuye hasta cero.

De acuerdo con otro aspecto, el medio sensor puede medir datos de corriente-tensión repetidamente en un intervalo de tiempo cuando la batería secundaria está cargada después de que una corriente de descarga de la batería secundaria disminuya gradualmente hasta cero.

40 Los aparatos anteriores para estimar el parámetro de la batería secundaria pueden incluir además un medio de visualización combinado con el medio de control, y el medio de control puede producir la tensión de circuito abierto estimado y/o el SOC estimado de la batería secundaria como una interfaz gráfica (un carácter, un número, un gráfico y similares) a través del medio de visualización.

45 También, los aparatos anteriores para estimar el parámetro de la batería secundaria pueden transmitir la tensión de circuito abierto estimada y/o el SOC estimado de la batería secundaria a un dispositivo de control externo.

50 También, los aparatos anteriores para estimar el parámetro de la batería secundaria pueden tener además un medio de almacenamiento combinado con el medio de control, y el medio de control puede registrar y/o borrar y/o actualizar y/o transmitir la pluralidad de datos de corriente-tensión y/o una pendiente y una ordenada en el origen de la ecuación de aproximación lineal y/o la tabla de consulta o la función de consulta y/o la tensión de circuito abierto estimada y/o el SOC estimado al medio de almacenamiento.

55 También, los aparatos anteriores para estimar el parámetro de la batería secundaria pueden incluirse en diversos dispositivos que funcionan con electricidad, alimentados con energía procedente de la batería secundaria.

Para lograr el objetivo anterior, la presente invención proporciona un método para estimar un parámetro de una batería secundaria de acuerdo con la reivindicación 1.

60 Preferentemente, el método para estimar el parámetro de la batería secundaria puede incluir además estimar un SOC de la batería secundaria a partir de la tensión de circuito abierto estimada.

65 También, el método para estimar el parámetro de la batería secundaria puede incluir además almacenar y/o transmitir y/o visualizar la tensión de circuito abierto estimada y/o el SOC estimado.

La batería secundaria puede incluir además un electrolito que incluya iones de trabajo, y un separador para separar eléctricamente un cátodo de un ánodo y permitir el movimiento de los iones de trabajo. El electrolito no está limitado a un tipo específico si incluye iones de trabajo y puede provocar una reacción electroquímica de oxidación o reducción en un cátodo y un ánodo utilizando los iones de trabajo.

5 La batería secundaria puede incluir además una carcasa para sellar el cátodo, el ánodo y el separador. La carcasa no tiene limitación especial en su material si este tiene seguridad química.

10 El aspecto exterior de la batería secundaria se determina mediante una estructura de la carcasa. La estructura de la carcasa puede ser una de las diversas estructuras conocidas en la técnica, y normalmente, puede tener una forma cilíndrica, una forma prismática, una forma de bolsa, una forma de moneda, y similares.

Efectos ventajosos

15 De acuerdo con la presente divulgación, una tensión de circuito abierto y/o un estado de carga (SOC) de una batería secundaria pueden estimarse de forma fiable durante la carga dinámica de la batería secundaria. Particularmente, para una batería secundaria que incluye un material catódico mezclado que muestre un patrón de cambio de tensión único, también se puede lograr una estimación fiable de una tensión de circuito abierto y/o un SOC. También, la fiabilidad de un parámetro de una batería secundaria puede mejorarse estimando el parámetro de la batería secundaria
20 utilizando datos de corriente-tensión de la batería secundaria en un estado tal que se reduzca la acumulación de polarización en un cátodo y/o un ánodo.

Descripción de las figuras

25 Los dibujos adjuntos ilustran una realización preferida de la presente divulgación y, junto con la divulgación anterior, sirven para proporcionar una mayor comprensión de la enseñanza técnica de la presente divulgación y, por tanto, la presente divulgación no se interpreta como limitada a los dibujos.

30 La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra esquemáticamente la construcción de un aparato para estimar un parámetro de una batería secundaria de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente divulgación.

La figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra cronológicamente un método para estimar un parámetro de una batería secundaria de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente divulgación.

La figura 3 es un gráfico que ilustra la medición de un perfil de corriente de carga/descarga y un cambio de tensión de una batería secundaria (ejemplo de experimento 1).

35 La figura 4 es un gráfico que representa datos de corriente-tensión de una batería secundaria medidos durante la carga de la batería secundaria (ejemplo de experimento 1).

La figura 5 es un gráfico que ilustra la medición de un perfil de corriente de carga/descarga y un perfil de cambio de tensión de una batería secundaria (ejemplo de experimento 2).

40 Las figuras 6 y 7 son gráficos que ilustran un perfil de resistencia de descarga de una batería secundaria medido para cada estado de carga (SOC) de la batería secundaria y un perfil de tensión de circuito abierto medido para cada profundidad de descarga (DOD) de la batería secundaria (ejemplo de experimento 2).

La figura 8 es un gráfico que ilustra la medición de un perfil de corriente de carga/descarga de una secundaria que incluye un material catódico mezclado y un cambio de tensión de la batería secundaria (ejemplo de experimento 2).

45 La figura 9 es un gráfico que representa datos de corriente-tensión de una batería secundaria que incluye un material catódico mezclado, medidos durante la carga de la batería secundaria para un intervalo B (ejemplo de experimento 2).

La figura 10 es un gráfico que ilustra dos datos de corriente-tensión (datos de interpolación) utilizados cuando se calcula una ecuación de aproximación lineal, indicados en un perfil de corriente-tensión.

50 La figura 11 es un gráfico que ilustra un concepto de estimación de una ordenada en el origen como una tensión de circuito abierto de una batería secundaria cuando se calcula una ecuación de aproximación lineal utilizando dos datos de corriente-tensión.

La figura 12 es un gráfico que ilustra un resultado de evaluar una precisión en la estimación de un SOC utilizando la presente divulgación durante la carga de regeneración de una batería secundaria cuando la batería secundaria se descarga (viajando) y se carga por regeneración (frenando para detenerse) en un patrón de conducción que simula la conducción en Los Ángeles.

Descripción de los números de referencia

110:	Batería secundaria	120:	Medio sensor
130:	Medio de control	150:	Medio de visualización
160:	Medio de almacenamiento	210:	Carga
220:	Unidad de carga	230:	Unidad de control

Descripción detallada de la invención

5 A continuación en el presente documento, las realizaciones preferidas de la presente divulgación se describirán en detalle con referencia a los dibujos adjuntos.

10 Las realizaciones descritas a continuación dictan un caso en el que los aspectos técnicos de la presente divulgación se aplican a una batería secundaria de litio. En el presente documento, una batería secundaria de litio es una batería secundaria en la que la acción de los iones de litio como iones de trabajo provoca una reacción electroquímica en un cátodo y un ánodo durante la carga y la descarga. Los iones de trabajo representan iones que participan en las reacciones electroquímicas de oxidación y reducción durante la carga y descarga de la batería secundaria, y por ejemplo, el litio puede funcionar así. Por consiguiente, cualquier batería secundaria que utilice iones de litio como iones de trabajo debe interpretarse como incluida en el alcance de la batería secundaria de litio aunque el nombre de la batería secundaria cambie basándose en el tipo de electrolito o separador utilizado en la batería secundaria de litio, el tipo de carcasa utilizada para envasar la batería secundaria, la estructura interna o externa de la batería secundaria de litio, y similares.

20 También, la presente divulgación puede aplicarse a baterías secundarias distintas de una batería secundaria de litio. Por consiguiente, aunque los iones de litio no son iones de trabajo, cualquier batería secundaria a la que puedan aplicarse los aspectos técnicos de la presente divulgación debe interpretarse incluida en el alcance de la presente divulgación, independientemente de su tipo. Cabe señalar que, en determinadas realizaciones en las que se utiliza el término "batería secundaria" en lugar del término "batería secundaria de litio", una batería secundaria en las realizaciones correspondientes se utiliza como un concepto de abarcar diversos tipos de baterías secundarias.

25 También, una batería secundaria no se limita a un número de elementos que constituyen la batería secundaria. Por consiguiente, debe entenderse que una batería secundaria incluye no sólo una celda unitaria que incluye un ánodo, un electrolito y un cátodo como unidad básica, sino también un conjunto de celdas unitarias, un módulo producido conectando una pluralidad de conjuntos en serie y/o en paralelo, un paquete producido conectando una pluralidad de módulos en serie y/o en paralelo, un sistema de batería producido mediante la conexión de una pluralidad de paquetes en serie y/o en paralelo, y similares.

La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra esquemáticamente la construcción de un aparato para estimar un parámetro de una batería secundaria de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente divulgación.

35 Con referencia a la figura 1, un terminal de alto potencial y un terminal de bajo potencial (P+, P-) de la batería secundaria 110 están eléctricamente acoplados con un terminal de conexión de bajo potencial y un terminal de conexión de alto potencial (T+, T-) de un dispositivo que funciona con electricidad 200.

40 La batería secundaria 110 puede ser una batería secundaria de litio, pero la presente divulgación no está limitada por un tipo de batería.

45 En una realización, el dispositivo que funciona con electricidad 200 puede ser un dispositivo informático móvil, tal como un teléfono móvil, un ordenador portátil y una tableta, o un dispositivo multimedia de mano que incluya una cámara digital, una cámara de vídeo y un reproductor de audio/vídeo.

50 En otra realización, el dispositivo que funciona con electricidad 200 puede ser un sistema de transporte eléctrico que funciona con electricidad, tal como un vehículo eléctrico, un vehículo híbrido, una bicicleta eléctrica, una motocicleta eléctrica, un tren eléctrico, un barco eléctrico, un avión eléctrico, o una herramienta eléctrica que incluya un motor, tal como un taladro eléctrico y una amoladora eléctrica.

55 En aún otra realización, el dispositivo que funciona con electricidad 200 puede ser un sistema de almacenamiento de energía de gran capacidad instalado en una red eléctrica para almacenar nueva energía renovable o el exceso de energía de una planta generadora de electricidad, o un proveedor de energía interrumpible para suministrar energía a diversos sistemas de información y comunicación, incluido un ordenador servidor o un equipo de comunicación móvil en caso de emergencia, tal como un apagón.

El dispositivo que funciona con electricidad 200 incluye una carga 210 y/o una unidad de carga 220.

60 La carga 210 es un dispositivo que consume energía eléctrica de la batería secundaria 110, y como ejemplo no limitativo, puede ser un dispositivo de accionamiento rotativo tal como un motor o un dispositivo de conversión de potencia tal como un convertidor o un inversor.

65 La unidad de carga 220 es un dispositivo que aplica una corriente de carga a la batería secundaria 110, y como ejemplo no limitativo, puede ser un circuito de carga, un generador acoplado a un motor de un vehículo de propulsión eléctrica, un cargador de regeneración acoplado a un freno de un vehículo que funciona con electricidad, y similares.

El dispositivo que funciona con electricidad 200 puede incluir una unidad de control 230 para controlar el funcionamiento de la carga 210 y/o la unidad de carga 220. La unidad de control 230 puede incluir un microordenador para ejecutar un algoritmo de software para controlar el funcionamiento del dispositivo que funciona con electricidad 200.

5 El dispositivo que funciona con electricidad 200 también puede incluir interruptores primero a cuarto SW1-SW4 para conectar selectivamente la batería secundaria 110 y la carga 210 o la batería secundaria 110 y la unidad de carga 220.

10 Los interruptores primero y segundo SW1 y SW2 activan o desactivan una conexión eléctrica entre la batería secundaria 110 y la carga 210 en respuesta a una señal de control recibida desde la unidad de control 230.

Los interruptores tercero y cuarto SW3 y SW4 activan o desactivan una conexión eléctrica entre la batería secundaria 110 y la unidad de carga 220 en respuesta a una señal de control recibida desde la unidad de control 230.

15 Preferentemente, los interruptores primero a cuarto SW1-SW4 pueden ser un interruptor semiconductor o un interruptor de relé mecánico.

20 La unidad de control 230 activa o desactiva una conexión eléctrica entre la batería secundaria 110 y la carga 210 o entre la batería secundaria 110 y la unidad de carga 220.

25 En un ejemplo, cuando un estado de carga (SOC) de la batería secundaria 110 es alto, la unidad de control 230 conecta la batería secundaria 110 a la carga 210 encendiendo los interruptores primero y segundo SW1 y SW2, para hacer funcionar la carga 210 mediante energía eléctrica almacenada en la batería secundaria 110. A continuación, la batería secundaria 110 se descarga de modo que se proporcione energía eléctrica a la carga 210.

30 En otro ejemplo, cuando un SOC de la batería secundaria 110 es bajo, la unidad de control 230 conecta la batería secundaria 110 a la unidad de carga 220 encendiendo los interruptores tercero y cuarto SW3 y SW4, para aplicar una corriente de carga a la batería secundaria 110. A continuación, la unidad de carga 220 aplica una corriente de carga a la batería secundaria 110.

35 En otro ejemplo más, durante el funcionamiento de la carga 210, la unidad de control 230 conecta la batería secundaria 110 a la carga 210, y cuando el funcionamiento de la carga 210 se detiene temporalmente, puede conectar la batería secundaria 110 a la unidad de carga 220 para cargar la batería secundaria 110.

En estas realizaciones, la unidad de control 230 puede controlar la unidad de carga 220 para permitir que una corriente de carga suministrada a la batería secundaria 110 tenga un patrón tal que la corriente de carga aumente hasta un valor de pico predeterminado y a continuación disminuya.

40 Como ejemplo, la unidad de control 230 puede controlar la unidad de carga 220 para permitir que una magnitud de una corriente de carga aumente gradualmente desde cero hasta un valor de pico predeterminado y a continuación disminuya gradualmente hasta cero.

45 Como otro ejemplo, la unidad de control 230 puede controlar la unidad de carga 220 para permitir que una magnitud de una corriente de carga aumente gradualmente desde cero hasta un valor de pico predeterminado y a continuación disminuya gradualmente hasta cero después de que una corriente de descarga de la batería secundaria 110 disminuya gradualmente hasta cero.

50 Se proporciona carga de regeneración de un vehículo eléctrico o híbrido. La carga de regeneración se refiere a la carga de una batería secundaria utilizando la energía de regeneración producida por un sistema de freno cuando el vehículo reduce la velocidad mediante la manipulación del freno. Dado que la carga de regeneración se realiza mediante la manipulación del freno, una corriente de descarga de la batería secundaria 110 disminuye gradualmente hasta cero hasta que se inicia la carga de regeneración. También, durante la carga de regeneración, una magnitud de una corriente de carga aumenta gradualmente desde cero hasta un valor de pico predeterminado y a continuación disminuye gradualmente hasta cero. En esta realización, la unidad de carga 230 está asociada sistémicamente con el sistema de freno que produce energía de regeneración, y puede controlar un proceso global de carga de regeneración. Dado que la tecnología de carga de regeneración es ampliamente conocida en el campo técnico al que pertenece la presente divulgación, en el presente documento se omite su descripción detallada.

60 El aparato 100 para estimar el parámetro es un aparato que estima un parámetro que indica una propiedad electroquímica que cambia durante la carga o descarga de la batería secundaria 110, tal como una tensión de circuito abierto o un SOC de la batería secundaria 110, e incluye un medio sensor 120 y un medio de control 130.

65 El medio sensor 120 mide una magnitud de una corriente de carga y una tensión de batería secundaria y proporciona las mediciones al medio de control 130 mientras la corriente de carga está siendo suministrada desde la unidad de carga 220 al lado de la batería secundaria 110.

El medio sensor 120 puede recibir una señal de control de medición procedente del medio de control 130 para medir una corriente y una tensión de la batería secundaria mientras fluye una corriente de carga. Es decir, el medio sensor 120 mide una corriente y una tensión de la batería secundaria y las proporciona al medio control 130 cada vez que se recibe la señal de control de medición.

De acuerdo con un ejemplo, mientras una magnitud de la corriente de carga aumenta desde cero hasta un valor de pico predeterminado y a continuación disminuye hasta cero, el medio sensor 120 mide la magnitud de la corriente de carga y una tensión de la batería secundaria 110 y las suministra al medio control 130 repetidamente múltiples veces en un intervalo de tiempo mientras la corriente de carga disminuye desde el valor de pico predeterminado hasta cero.

De acuerdo con otro ejemplo, mientras la magnitud de la corriente de carga aumenta desde cero hasta el valor de pico predeterminado y a continuación disminuye hasta cero, el medio sensor 120 mide la magnitud de la corriente de carga y la tensión de la batería secundaria 110 y las suministra al medio de control 130 repetidamente múltiples veces en un intervalo de tiempo.

A continuación en el presente documento, por comodidad de descripción, una magnitud de una corriente de carga y una tensión de la batería secundaria 110 medidas en cualquier punto en el tiempo se denominan datos de corriente-tensión.

En los ejemplos anteriores, debido a que la magnitud de la corriente de carga y la tensión de la batería secundaria 110 se miden múltiples veces, el medio de control 130 recibe una pluralidad de datos de corriente-tensión procedentes del medio sensor 120.

El medio sensor 120 mide una magnitud de una corriente de carga y una tensión de la batería secundaria 110 múltiples veces después de que un modo de funcionamiento de la batería secundaria 110 cambia de un modo de descarga a un modo de carga. En este caso, después de que la corriente de descarga de la batería secundaria 110 disminuya gradualmente hasta cero, el medio sensor 120 puede medir datos de corriente-tensión.

En los ejemplos anteriores, el medio sensor 120 puede medir una corriente y una tensión de la batería secundaria 110 múltiples veces después de que una magnitud de una corriente de carga disminuya hasta 1/3 o menos, preferentemente, 1/6 o menos, basándose en un valor de pico. También, dado que las proporciones de disminución son sólo un ejemplo, es posible cambiar a valores numéricos diferentes.

La pluralidad de datos de corriente-tensión se usa para estimar una tensión de circuito abierto y un SOC de la batería secundaria 110, y dado que los datos de corriente-tensión medidos bajo la condición de medición anterior se obtienen en un estado tal que se reduce la acumulación de polarización de la batería secundaria 110, se puede mejorar la fiabilidad de una tensión de circuito abierto y un SOC estimados de acuerdo con la presente divulgación.

El medio de control 130 controla el funcionamiento del medio sensor 120. Es decir, el medio de control 130 pueden transmitir una señal de control de medición al medio sensor 120 múltiples veces para medir una corriente y una tensión de la batería secundaria 110 múltiples veces durante la carga de la batería secundaria 110. También, cuando el medio sensor 120 mide una corriente y una tensión de la batería secundaria 110 en respuesta a la señal de control de medición y las proporciona al medio de control 130, de ese modo el medio de control 130 que recibe los datos de corriente-tensión medidos en una fase actual.

Después de que el medio de control 130 recibe la pluralidad de datos de corriente-tensión, el medio de control 130 calcula una ecuación de aproximación lineal ($V = a \cdot I + b$) que representa una correlación entre la corriente y la tensión utilizando los datos de corriente-tensión recibidos.

En el presente documento, una variable de entrada I y una variable de salida V de la ecuación de aproximación lineal indican una corriente y una tensión de la batería secundaria 110, respectivamente, una pendiente ' a ' indica una característica de resistencia, una ordenada en el origen ' b ' indica una tensión cuando una corriente de la batería secundaria es cero, es decir, una tensión de circuito abierto. Por consiguiente, cuando se calcula la ecuación de aproximación lineal, la ordenada en el origen puede estimarse como una tensión de circuito abierto de la batería secundaria.

Un número de datos de corriente-tensión utilizados cuando se calcula la ecuación de aproximación lineal es preferentemente de al menos dos. También, para estimar una tensión de circuito abierto de forma más correcta, aumentar el número de datos de corriente-tensión hasta al menos tres no está particularmente limitado.

También, cuando un punto en el tiempo en el que una magnitud de una corriente de carga alcanza un valor de pico es T_p y un punto en el tiempo en el que la magnitud de la corriente de carga disminuye desde el valor de pico hasta cero es T_0 , se prefiere seleccionar un tiempo para medir datos de corriente-tensión utilizados cuando se calcula la ecuación de aproximación lineal lo más cercano posible a T_0 . Esto es porque a medida que el tiempo para medir datos de corriente-tensión se acerca a T_0 , la acumulación de polarización de la batería secundaria 110 se reduce, en

consecuencia, la ordenada en el origen de la ecuación de aproximación lineal se acerca más a una tensión de circuito abierto de la batería secundaria 110.

5 Como ejemplo, el medio de control 130 adquiere datos de interpolación utilizados para calcular una ecuación de aproximación lineal seleccionando al menos dos datos de corriente-tensión medidos después de que una magnitud de una corriente de carga disminuya hasta 1/3 o menos, preferentemente, 1/6 o menos basándose en un valor de pico, entre la pluralidad de datos de corriente-tensión recibidos desde el medio sensor 120. Este método se caracteriza por que al menos dos datos de corriente-tensión utilizados para calcular una ecuación de aproximación lineal son muestreados entre la pluralidad de datos de corriente-tensión proporcionados desde el medio sensor 120. La unidad de control 130 puede calcular una ecuación de aproximación lineal utilizando los datos de interpolación adquiridos mediante el método anterior.

15 Como otro ejemplo, el medio de control 130 puede recibir al menos dos datos de corriente-tensión utilizados para calcular una ecuación de aproximación lineal procedentes del medio sensor 120 emitiendo una señal de control de medición al medio sensor 120 periódicamente, después de que una magnitud de una corriente de carga que fluye a la batería secundaria 110 disminuye hasta 1/3 o menos, preferentemente, 1/6 o menos basándose en un valor de pico, para adquirir un número preestablecido de datos de corriente-tensión a través del medio sensor 120. Los al menos dos datos de corriente-tensión recibidos constituyen datos de interpolación utilizados para calcular una ecuación de aproximación lineal. Este método se caracteriza por que el medio de control 130 mide directamente, mediante el uso del medio sensor 120, una pluralidad de datos de corriente-tensión utilizados para calcular una ecuación de aproximación lineal, distinto del método de muestreo descrito en lo que precede. El medio de control 130 puede calcular una ecuación de aproximación lineal utilizando los datos de interpolación adquiridos mediante el método anterior.

25 Después de que el medio de control 130 calcula la ecuación de aproximación lineal, el medio de control 130 puede estimar una ordenada en el origen de la ecuación de aproximación lineal calculada como una tensión de circuito abierto de la batería secundaria 110.

30 Opcionalmente, el medio de control 130 pueden estimar además un SOC de la batería secundaria correspondiente a la tensión de circuito abierto estimada utilizando una tabla de consulta predefinida o una función de consulta que predefine una correlación entre una tensión de circuito abierto y un SOC.

35 En el presente documento, la tabla de consulta se elabora midiendo un SOC para cada tensión de circuito abierto de la batería secundaria 110 mediante un experimento, y organizando los resultados de la medición en forma de tabla. En la tabla de consulta, el SOC de la batería secundaria 110 puede estimarse de manera sencilla relacionando la tensión de circuito abierto estimada con un SOC correspondiente.

40 La función de consulta se presenta midiendo un SOC para cada tensión de circuito abierto de la batería secundaria 110 mediante un experimento, y definiendo un perfil de los SOC medidos para cada tensión de circuito abierto como una función. Una variable de entrada y una variable de salida de la función de consulta son una tensión de circuito abierto y un SOC, respectivamente. Cuando se sustituye una tensión de circuito abierto estimada como variable de entrada de la función de consulta, se puede obtener un SOC como valor de salida de la función de consulta.

45 Mientras tanto, un SOC de la batería secundaria 110 depende de la temperatura. Por consiguiente, puede añadirse un parámetro de temperatura a la tabla de consulta y a la función de consulta. Es decir, mediante un experimento, se puede preparar la tabla de consulta y la función de consulta para cada temperatura. En este caso, cuando una corriente de carga fluye a la batería secundaria 110, el medio sensor 120 puede además medir una temperatura de la batería secundaria 110 y proporcionar la temperatura de la batería secundaria 110 al medio de control 130. A continuación, el medio de control 130 pueden identificar una tabla de consulta o función de consulta correspondiente a la temperatura de la batería secundaria 110, y pueden estimar un SOC de la batería secundaria 110 correspondiente a la tensión de circuito abierto estimada utilizando la tabla de consulta o función de consulta identificada.

55 Por otra parte, durante la carga dinámica de la batería secundaria, una tensión medida entre el cátodo y el ánodo puede incluir una componente de tensión originario de la acumulación de polarización en el cátodo y el ánodo.

Por consiguiente, en caso de que la ordenada en el origen de la ecuación de aproximación lineal se corrija teniendo en cuenta el componente de tensión por polarización, la tensión de circuito abierto de la batería secundaria podrá estimarse más correctamente.

60 El aparato 100 para estimar el parámetro de la batería secundaria puede incluir además un medio de almacenamiento 160. El medio de almacenamiento 160 no está limitado a un tipo específico si es un medio de almacenamiento capaz de grabar y borrar información.

65 Por ejemplo, el medio de almacenamiento 160 puede ser una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de sólo lectura (ROM), un registro, un disco duro, un medio de grabación óptica o un medio de grabación magnética. También, el medio de almacenamiento 160 puede conectarse al medio de control 130 a través de, por ejemplo, un

bus de datos, para permitir el acceso por el medio de control 130.

El medio de almacenamiento 160 puede almacenar y/o actualizar y/o borrar y/o transmitir programas incluyendo diversas lógicas de control ejecutadas por el medio de control 130, y/o datos generados por la ejecución de las lógicas de control.

Como ejemplo no limitativo, el medio de almacenamiento 160 puede estar dividido lógicamente en al menos dos, y puede estar incluido en el medio de control 130.

El medio de almacenamiento 160 puede mantener la pluralidad de datos de corriente-tensión medidos por el medio sensor 120, los datos de interpolación que incluyen los al menos dos datos de corriente-tensión utilizados en el cálculo de la ecuación de aproximación lineal, o el parámetro (la tensión de circuito abierto y/o el SOC) estimado utilizando la ecuación de aproximación lineal.

Para ejecutar diversas lógicas de control y/o de cálculo, el medio de control 130 pueden incluir opcionalmente un procesador, un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), un conjunto de chips, un circuito lógico, un registro, un módem de comunicación y un dispositivo de procesamiento de datos, bien conocidos en la técnica. También, cuando una lógica de control se implementa en el *software*, el medio de control 130 puede implementarse como un conjunto de módulos de programa. En este caso, el módulo de programa puede almacenarse en una memoria y ejecutarse por un procesador. La memoria puede estar dispuesta dentro o fuera de un procesador, y puede estar conectada a un procesador por diversos medios conocidos. También, la memoria puede estar incluida en el medio de almacenamiento 160. También, la memoria representa generalmente todos los dispositivos que almacenan información, independientemente del tipo de dispositivo, y no indica un dispositivo de memoria específico.

Opcionalmente, el aparato 100 para estimar el parámetro de la batería secundaria puede incluir además un medio de visualización 150. El medio de visualización 150 no está limitado a un tipo específico si puede visualizar información sobre la tensión de circuito abierto y/o el SOC de la batería secundaria 110 estimada por el medio de control 130 como interfaz gráfica (un carácter, un número, un gráfico y similares).

Como ejemplo, el medio de visualización 150 puede ser una pantalla de cristal líquido (LCD), una pantalla de diodos emisores de luz (LED), una pantalla de diodos emisores de luz orgánicos (OLED), una pantalla de tinta electroforética (E-Ink), una pantalla flexible y similares.

El medio de visualización 150 puede estar conectado con el medio de control 130 directa o indirectamente. Cuando se emplea este último, el medio de visualización 150 puede estar ubicado en un área físicamente separada de un área donde está ubicado el medio de control 130. También, un tercer medio de control (no mostrado) puede estar interpuesto entre el medio de visualización 150 y el medio de control 130 para recibir información que se visualizará en el medio de visualización 150 del medio de control 130 y permite que la información se visualice en el medio de visualización 150. Para ello, el tercer medio de control puede estar conectado al medio de control 130 a través de una línea de comunicación (por ejemplo, una red de comunicación CAN en un vehículo).

El medio de visualización 150 no está necesariamente incluido en el aparato de acuerdo con la presente divulgación, y puede estar incluido en otro aparato conectado con el aparato de acuerdo con la presente divulgación. En este caso, el medio de visualización 150 y el medio de control 130 pueden estar conectados indirectamente a través de un medio de control incluido en otro aparato en lugar de estar conectados directamente. Por consiguiente, debe entenderse que una conexión eléctrica del medio de visualización 150 y el medio de control 130 incluye este método de conexión indirecta.

El medio de control 130 pueden formar una interfaz de comunicación con un dispositivo de control externo. También, a través de la interfaz de comunicación, los datos asociados con la tensión de circuito abierto y/o el SOC de la batería secundaria 110 pueden transmitirse al medio de control externo. El medio de control externo puede ser una unidad de control 230 del dispositivo que funciona con electricidad 200.

Por ejemplo, en el caso de que la batería secundaria 110 esté montada en un vehículo eléctrico, el medio de control 130 puede transmitir datos asociados con la tensión de circuito abierto y/o el SOC de la batería secundaria 110 a la unidad de control 230 que controla un mecanismo operativo del vehículo eléctrico de manera integrada. A continuación, la unidad de control 230 puede controlar la carga y descarga de la batería secundaria 110 usando la tensión de circuito abierto y/o SOC recibidos de la batería secundaria 110, y maximizar la eficiencia de uso de la batería secundaria 110.

En la presente divulgación, la batería secundaria 110 incluye un material activo catódico y un material activo anódico, y el material activo catódico puede ser un material catódico único o un material catódico mezclado que incluye al menos dos materiales catódicos.

En este último caso, el material catódico mezclado puede incluir un primer material catódico y un segundo material catódico, que tienen, cada uno, una concentración de reacción diferente con iones de trabajo dependiendo de una

tensión de la batería secundaria o de diferentes intervalos de tensión de funcionamiento.

De acuerdo con un aspecto, el primer material catódico puede ser un compuesto de metal alcalino representado por una fórmula química general $A[A_xM_y]O_{2+z}$ (A incluye al menos uno de Li, Na y K; M incluye al menos un elemento seleccionado entre Ni, Co, Mn, Ca, Mg, Al, Ti, Si, Fe, Mo, V, Zr, Zn, Cu, Al, Mo, Sc, Zr, Ru y Cr; $x \geq 0$, $1 \leq x+y \leq 2$, $-0,1 \leq z \leq 2$; un coeficiente estequiométrico x , y , z , y un coeficiente estequiométrico de un elemento incluido en M se selecciona de modo que un compuesto mantiene la neutralidad eléctrica), o un compuesto de metal alcalino, divulgado en los documentos US6.677.082 y US6.680.143, $xLiM^1O_2-(1-x)Li_2M^2O_3$ (M^1 incluye al menos un elemento que tiene un estado de oxidación promedio igual a 3; M^2 incluye al menos un elemento que tiene un estado de oxidación promedio igual a 4; $0 \leq x \leq 1$).

De acuerdo con otro aspecto, el segundo material catódico puede ser fosfato de metal de litio representado por una fórmula química general $Li_aM^1_xFe_{1-x}M^2_yP_{1-y}M^3_zO_{4-z}$ (M^1 incluye al menos un elemento seleccionado entre Ti, Si, Mn, Co, Fe, V, Cr, Mo, Ni, Nd, Al, Mg y Al; M^2 incluye al menos un elemento seleccionado entre Ti, Si, Mn, Co, Fe, V, Cr, Mo, Ni, Nd, Al, Mg, Al, As, Sb, Si, Ge, V y S; M^3 incluye al menos un elemento seleccionado entre elementos de una familia halógena que incluye F; $0 < a \leq 2$, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y < 1$, $0 \leq z < 1$; un coeficiente estequiométrico a , x , y , z , y un coeficiente estequiométrico de un elemento incluido en M^1 , M^2 y M^3 se selecciona de forma que un compuesto mantenga la neutralidad eléctrica) o $Li_3M_2(PO_4)_3$ [M incluye al menos un elemento seleccionado entre Ti, Si, Mn, Fe, Co, V, Cr, Mo, Ni, Mg y Al].

De acuerdo con aún otro aspecto, el primer material catódico puede ser $Li[Li_aNi_bCo_cMn_dO_{2+z}]$ [$a \geq 0$; $a+b+c+d=1$; al menos uno de b , c y d es distinto de cero; $-0,1 \leq z \leq 2$], y el segundo material catódico puede ser $LiFePO_4$, $LiMn_xFe_yPO_4$ ($0 < x+y \leq 1$) o $Li_3Fe_2(PO_4)_3$.

De acuerdo con otro aspecto más, el primer material catódico y/o el segundo material catódico pueden incluir una capa de recubrimiento. La capa de recubrimiento puede incluir una capa de carbono, o puede incluir una capa de óxido o una capa de fluoruro que incluya al menos un elemento seleccionado del grupo que consiste en Ti, Si, Mn, Co, Fe, V, Cr, Mo, Ni, Nd, Al, Mg, Al, As, Sb, Si, Ge, V y S.

En la presente divulgación, un tipo y una proporción de mezcla del primer material catódico y el segundo material catódico se seleccionan de modo que aparezca un patrón convexo (un punto de inflexión está presente antes y después de un pico) en un perfil de resistencia de descarga medido para cada SOC de la batería secundaria 110, o al menos un punto de inflexión aparece en un perfil de circuito abierto medido para cada profundidad de descarga (DOD) de la batería secundaria 110, mientras se considera una capacidad y un rendimiento de una batería secundaria destinada a fabricarse.

En una realización, en el caso de que se desee una batería secundaria con alta salida de descarga, pueden seleccionarse $Li[Ni_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3}]O_2$ y $LiFePO_4$ como el primer material catódico y el segundo material catódico, respectivamente, y una proporción de mezcla del primer material catódico y el segundo material catódico puede establecerse en 5:5.

En otra realización, en el caso de que se desee una batería secundaria con estabilidad a alta temperatura, pueden seleccionarse $Li[Ni_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3}]O_2$ y $LiFePO_4$ como el primer material catódico y el segundo material catódico, respectivamente, y una proporción de mezcla del primer material catódico y el segundo material catódico puede establecerse en 2:8.

En aún otra realización, en el caso de que se desee una batería secundaria de bajo coste, pueden seleccionarse $Li[Ni_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3}]O_2$ y $LiFePO_4$ como el primer material catódico y el segundo material catódico, respectivamente, y una proporción de mezcla del primer material catódico y el segundo material catódico puede establecerse en 1:9.

En otra realización más, en el caso en el que se desee una batería secundaria con alta salida de descarga y estabilidad a alta temperatura, se pueden seleccionar $[Ni_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3}]O_2$ y $LiFePO_4$ como el primer material catódico y el segundo material catódico, respectivamente, y una proporción de mezcla del primer material catódico y el segundo material catódico puede establecerse en 4:6.

En otra realización adicional, en el caso de que se desee una batería secundaria con alta capacidad por peso, pueden seleccionarse $Li[Ni_{0,5}Mn_{0,3}Co_{0,2}]O_2$ y $LiFePO_4$ como el primer material catódico y el segundo material catódico, respectivamente, y una proporción de mezcla del primer material catódico y el segundo material catódico puede establecerse en 9:1.

Los métodos para seleccionar el primer material catódico y el segundo material catódico y ajustar la proporción de mezcla son sólo un ejemplo. Por consiguiente, es obvio para un experto en la técnica que el primer material catódico y el segundo material catódico y la proporción de mezcla de los mismos pueden seleccionarse adecuadamente teniendo en cuenta un peso relativo y el equilibrio de las propiedades electroquímicas con las que se caracteriza un material catódico mezclado.

En la presente divulgación, un número de materiales catódicos que pueden incluirse en el material catódico mezclado no se limita a dos. Como una realización, el material catódico mezclado puede incluir tres materiales catódicos diferentes, por ejemplo, un material catódico mezclado que incluye LiMn_2O_4 , $\text{Li}[\text{Li}_a\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z\text{O}_2]$ [$a \geq 0$; $x+y+z=1$; al menos uno de x , y y z es distinto de cero] y LiFePO_4 . Como otra realización, el material catódico mezclado puede

5 incluir cuatro materiales catódicos diferentes, por ejemplo, un material catódico mezclado que incluya LiNiO_2 , LiMn_2O_4 , $\text{Li}[\text{Li}_a\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z\text{O}_2]$ [$a \geq 0$; $x+y+z=1$; al menos uno de x , y y z es distinto de cero] y LiFePO_4 .

También, para mejorar las propiedades del material catódico mezclado, pueden añadirse al material catódico mezclado otros aditivos, por ejemplo, un material conductor, un aglutinante y similares, y no existe ninguna limitación particular

10 al respecto. Por consiguiente, cualquier material catódico mezclado que incluya al menos dos materiales catódicos puede considerarse incluido en el alcance de la presente divulgación, independientemente del número de materiales catódicos y de la presencia de otros aditivos.

En la descripción de diversas realizaciones de la presente divulgación, debe entenderse que los elementos denominados "medios" se distinguen funcionalmente y no físicamente. Por consiguiente, cada elemento puede integrarse selectivamente con otro elemento, o cada elemento puede dividirse en subelementos para una ejecución eficiente de la(s) lógica(s) de control. Sin embargo, es obvio para un experto en la técnica que, aunque los elementos estén integrados o divididos, si las se descubre que la funciones son idénticas, los elementos integrados o divididos

15 deben interpretarse como incluidos en el alcance de la presente divulgación.

Una combinación selectiva de al menos una de las diversas lógicas de control y/o lógicas de cálculo del medio de control 130 puede convertirse en una realización de un método para estimar el parámetro de la batería secundaria.

La figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra cronológicamente un método para estimar un parámetro de una batería secundaria de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente divulgación.

20

En primer lugar, en S10, el medio de control 130 lee una lógica de control necesaria para estimar un parámetro de una batería secundaria a partir del medio de almacenamiento 160 y ejecuta la lógica de control.

Posteriormente, en S20, el medio de control 130 adquiere al menos dos datos de corriente-tensión (datos de interpolación) utilizados para calcular una ecuación de aproximación lineal controlando el medio sensor 120 mientras la batería secundaria se carga temporalmente siguiendo un patrón tal que una corriente de carga aumenta hasta un valor de pico y a continuación se reduce.

25

Preferentemente, para adquirir datos de corriente-tensión medidos cuando se reduce la acumulación de polarización de la batería secundaria 110, el medio de control 130 adquiere al menos dos datos de corriente-tensión (datos de interpolación) utilizados para calcular una ecuación de aproximación lineal controlando el medio sensor 120, cuando una corriente de descarga de la batería secundaria 110 en un estado descargado disminuye gradualmente hasta cero y la batería secundaria 110 se conmuta a un modo de carga.

30

En el presente documento, el medio de control 130 adquiere datos de interpolación mediante un método de muestreo o un método de medición de dirección. Su descripción detallada se proporciona anteriormente.

Preferentemente, los datos de corriente-tensión incluidos en los datos de interpolación pueden ser datos de corriente-tensión medidos mientras una magnitud de una corriente de carga disminuye desde un valor de pico hasta cero.

35

Como ejemplo, los datos de corriente-tensión incluidos en los datos de interpolación pueden ser datos de corriente-tensión medidos después de que una magnitud de una corriente de carga disminuya hasta 1/3 o menos, preferentemente, 1/6 o menos, basándose en un valor de pico. También, una condición de magnitud de una corriente de carga bajo la cual se miden los datos de corriente-tensión puede cambiar basándose en un tipo o rendimiento de la batería secundaria.

40

Seguidamente, en S30, el medio de control 130 calcula una ecuación de aproximación lineal utilizando los datos de interpolación. Posteriormente, en S40, el medio de control 130 estima una ordenada en el origen de la ecuación de aproximación lineal como una tensión de circuito abierto de la batería secundaria. Posteriormente, en S50, el medio de control 130 pueden estimar además un SOC de la batería secundaria 110 a partir de la tensión de circuito abierto estimada. El SOC de la batería secundaria 110 puede calcularse utilizando una tabla de consulta o una función de consulta, como se ha descrito anteriormente.

45

En el caso donde se tiene en consideración una temperatura de la batería secundaria 110 cuando se estima el SOC de la batería secundaria 110, el diagrama de flujo de la figura 2 puede incluir además una etapa en la que el medio de control 130 adquiere datos asociados con la temperatura de la batería secundaria 110 utilizando el medio sensor 120 durante la carga de la batería secundaria 110. En el caso donde se considera la temperatura de la batería secundaria 110, se proporciona anteriormente una descripción detallada del funcionamiento del medio de control 130.

50

También, el diagrama de flujo de la figura 2 puede incluir, como etapa opcional, al menos una etapa entre las etapas

55

S60 a S80.

5 Es decir, en S60, el medio de control 130 puede registrar la tensión de circuito abierto estimada y/o el SOC estimado de la batería secundaria 110 en el medio de almacenamiento 160. También, en S70, el medio de control 130 puede producir la tensión de circuito abierto estimado y/o el SOC estimado de la batería secundaria 110 como interfaz gráfica (un carácter, un número, un gráfico, y similares) a través del medio de visualización 150. También, el medio de control 130 puede transmitir la tensión de circuito abierto estimada y/o el SOC estimado de la batería secundaria 110 a la unidad de control 230 del dispositivo que funciona con electricidad 200.

10 En la presente divulgación, al menos una de diversas lógicas de control y/o lógicas de cálculo del medio de control 130 pueden combinarse selectivamente, y las lógicas combinadas pueden escribirse en un código legible por ordenador y grabarse en un medio de grabación legible por ordenador.

15 El medio de grabación no está limitado a un tipo específico si es accesible por un procesador incluido en un ordenador. Por ejemplo, el medio de grabación puede incluir al menos uno seleccionado del grupo que consiste en ROM, RAM, un registro, una memoria de sólo lectura de disco compacto (CD-ROM), una cinta magnética, un disco duro, un disquete y un dispositivo óptico de grabación de datos.

20 También, el código legible por ordenador puede modularse a una señal portadora e incluirse en una portadora de comunicación en un punto en el tiempo, y puede distribuirse a través de sistemas informáticos acoplados en red, de modo que el código legible por ordenador se almacene y ejecute de forma distribuida. También, los programas, códigos y segmentos de código funcionales para implementar las lógicas de control combinadas pueden deducirse fácilmente por programadores en el campo técnico al que pertenece la presente divulgación.

25 MODO DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

A continuación en el presente documento, se proporciona una descripción detallada a través de un ejemplo de experimento. Sin embargo, el experimento es sólo ilustrativo de la presente divulgación, y el alcance de la misma no se limita al mismo.

30 <Ejemplo de experimento 1>

Fabricación de la batería secundaria

35 Se fabricó una batería secundaria que incluía un único material catódico de acuerdo con la siguiente especificación.

- Material catódico: $\text{LiCo}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$
- Material anódico: Grafito
- Electrolito: LiPF_6 añadido a un disolvente mixto de EC(carbonato de etilo)/DMC(carbonato de dimetilo)/EMC(carbonato de etilo y metilo) mezclados a una proporción en peso de 3:4:3
- Separador: Película porosa de poliolefina recubierta con partículas inorgánicas en ambas superficies
- Carcasa: Carcasa de bolsa

45 Experimento de carga/descarga

La figura 3 es un gráfico que ilustra la medición de un perfil de corriente de carga/descarga y un cambio de tensión de una batería secundaria.

50 El perfil de corriente de carga/descarga simula un patrón de conducción en Los Ángeles presentado como normas de ensayo de vehículos en la industria estadounidense de vehículos híbridos bajo el supuesto de que la batería secundaria se utiliza en un vehículo híbrido.

55 En el perfil de corriente de carga/descarga, un intervalo A es un periodo durante el cual se descarga la batería secundaria, un intervalo B es un periodo durante el cual se carga la batería secundaria, y un intervalo C es un periodo durante el cual se detiene la carga y descarga de la batería secundaria. Un perfil de corriente de carga durante el intervalo B simula una situación en la que la batería secundaria se carga por regeneración cuando el vehículo híbrido reduce la velocidad. Por consiguiente, el perfil de corriente de carga durante el intervalo B tiene un patrón tal que una magnitud de una corriente de carga aumenta desde cero hasta un valor de pico predeterminado y a continuación disminuye hasta cero. Un aumento de la corriente de carga se produce cuando se presiona un freno y disminuye cuando se tira de un freno.

65 La figura 4 es un gráfico que representa datos de corriente-tensión de la batería secundaria medidos durante la carga de la batería secundaria para el intervalo B de la figura 3. Con referencia a la figura 4, los datos de corriente-tensión se representan como un perfil que tiene una forma de bucle de histéresis, y se ha descubierto que los datos de corriente-tensión medidos durante un periodo durante el cual una magnitud de una corriente de carga disminuye desde un valor de pico hasta cero se aproximan a una tensión de circuito abierto real (un punto indicado por X) de la batería

secundaria.

<Ejemplo de experimento 2>

5 Fabricación de la batería secundaria

Se fabricó una batería secundaria que incluía un material catódico mezclado de acuerdo con la siguiente especificación.

- 10 - Material catódico: Material catódico mezclado de $\text{LiCo}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ y LiFePO_4 a una proporción en peso de 7:3
 - Material anódico: Grafito
 - Electrolito: LiPF_6 añadido a un disolvente mixto de EC/DMC/EMC mezclados a una proporción en peso de 3:4:3
 - Separador: Película porosa de poliolefina recubierta con partículas inorgánicas en ambas superficies
 - Carcasa: Carcasa de bolsa

15 Observación de las características de la batería secundaria

20 Durante la carga de la batería secundaria, los iones de litio desintercalados a partir del material catódico se intercalan en el material anódico. Sin embargo, $\text{LiCo}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ y LiFePO_4 difieren en la concentración a la que los iones de litio se desintercalan a medida que cambia la tensión de carga de la batería secundaria. Es decir, durante un periodo de carga de baja tensión, se desintercalan iones de litio a partir de LiFePO_4 , y durante un periodo de carga de alta tensión, se desintercalan los iones de litio a partir de $\text{LiCo}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$. Por consiguiente, durante un periodo de tensión intermedio, un tipo de material catódico a partir del cual se desintercalan iones de litio cambia de LiFePO_4 a $\text{LiCo}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$.

25 Se puede observar que la aparición de este fenómeno puede apreciarse indirectamente a través de un punto de inflexión que aparece en un perfil de tensión medido durante la carga de la batería secundaria. La razón por la que aparece el punto de inflexión es que cuando cambia un material catódico implicado en una reacción de desintercalación de iones de litio, cambia una resistencia interna de la batería secundaria, como resultado, aunque fluya una misma magnitud de una corriente de carga a la batería secundaria, cambia una amplitud de cambio de tensión.

La figura 5 es un gráfico que ilustra la medición de un perfil de corriente de carga/descarga y un perfil de cambio de tensión de la batería secundaria.

35 Con referencia al dibujo, después de que la batería secundaria se descarga durante un intervalo de entre 10 s y 20 s, la batería secundaria se carga con una corriente constante a partir de 20 s, y se observa un punto de inflexión (alrededor de 3,35 V) en un perfil de tensión medido a partir de 20 s. Un perfil de línea de puntos es un perfil de cambio de tensión de una batería secundaria que utiliza únicamente $\text{LiCo}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ como material catódico. El perfil de línea de puntos contrasta con un perfil de línea continua.

40 Alrededor del punto de inflexión, una velocidad de cambio de tensión cambia bruscamente. Por consiguiente, se puede observar que a un intervalo de tensión alrededor del punto de inflexión, un material catódico a partir del cual se desintercalan iones de litio cambia de LiFePO_4 a $\text{LiCo}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$. El intervalo de tensión en el que aparece el punto de inflexión puede cambiar basándose en un tipo y una proporción de mezcla de materiales catódicos que constituyen el material catódico.

Una batería secundaria que incluye un material catódico mezclado que comprende al menos dos materiales catódicos muestra un comportamiento único en un perfil de resistencia de descarga y un perfil de tensión de circuito abierto.

50 Las figuras 6 y 7 son gráficos que ilustran un perfil de resistencia de descarga de la batería secundaria medido para cada SOC de la batería secundaria y un perfil de tensión de circuito abierto medido para cada DOD de la batería secundaria, respectivamente.

55 En los dibujos, SOC significa estado de carga, DOD significa profundidad de descarga, y numéricamente, DOD corresponde a (1-SOC).

60 Con referencia a la figura 6, se puede observar que aparece un patrón convexo en el que una resistencia interna de la batería secundaria aumenta localmente y a continuación disminuye, y dos puntos de inflexión (véanse los círculos punteados) están presentes antes y después de un pico del patrón convexo. También, con referencia a la figura 7, también se observa un punto de inflexión en un perfil de tensión de circuito abierto.

65 Como se muestra, la razón por la que se observan el patrón convexo y el punto de inflexión en el perfil de resistencia de descarga y el perfil de tensión de circuito abierto, respectivamente, es que las características de resistencia interna de la batería secundaria cambian con un cambio en el tipo de material catódico a partir del cual se desintercalan iones de litio cuando se carga la batería secundaria.

Experimento de carga/descarga

La figura 8 es un gráfico que ilustra la medición de un perfil de corriente de carga/descarga de una secundaria que incluye un material catódico mezclado y un cambio de tensión de la batería secundaria.

5 El perfil de corriente de carga/descarga simula un patrón de conducción en Los Ángeles presentado como normas de ensayo de vehículos en la industria estadounidense de vehículos híbridos bajo el supuesto de que la batería secundaria se utiliza en un vehículo híbrido.

10 En el perfil de corriente de carga/descarga, un intervalo A es un periodo durante el cual se descarga la batería secundaria, un intervalo B es un periodo durante el cual se carga la batería secundaria, y un intervalo C es un periodo de reposo durante el cual se detiene la carga y descarga de la batería secundaria. Un perfil de corriente de carga durante el intervalo B simula una situación en la que la batería secundaria se carga por regeneración cuando el vehículo híbrido reduce la velocidad. Por consiguiente, el perfil de corriente de carga durante el intervalo B tiene un patrón tal que una magnitud, una corriente de carga, aumenta desde cero hasta un valor de pico predeterminado y a continuación disminuye hasta cero.

20 Con referencia al cambio de tensión de la figura 8, se observa un punto de inflexión (círculo punteado) en un perfil de tensión de la batería secundaria correspondiente al intervalo B. Por consiguiente, se observa que durante la carga para el intervalo B, un material catódico a partir del cual se desintercalan iones de litio cambia de LiFePO_4 a $\text{LiCo}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ alrededor del punto de inflexión.

25 La figura 9 es un gráfico que representa datos de corriente-tensión de la batería secundaria que incluye el material catódico mezclado medidos durante la carga de la batería secundaria durante el intervalo B. Con referencia a la figura 9, datos de corriente-tensión se representan como un perfil que tiene una forma de un bucle de histéresis, y se ha descubierto que datos de corriente-tensión medidos durante un periodo durante el cual una magnitud de una corriente de carga disminuye de un valor de pico hasta cero aproximadamente convergen a una tensión de circuito abierto real (un punto indicado por X) de la batería secundaria. Este resultado de experimento es el mismo que el resultado de experimento de una batería secundaria que incluye un único material catódico.

30 <Ejemplo de experimento 3>

35 En este experimento, se midió una diferencia entre un SOC estimado de la batería secundaria fabricada en el ejemplo de experimento 1 utilizando la presente divulgación y un SOC medido realmente de la batería secundaria.

40 La figura 10 es un gráfico que ilustra dos datos de corriente-tensión (datos de interpolación) utilizados cuando se calcula una ecuación de aproximación lineal, indicados en un perfil de corriente-tensión. Unos son datos medidos cuando una magnitud de una corriente de carga disminuye desde un valor de pico hasta 15A, y los otros son datos medidos cuando una magnitud de una corriente de carga disminuye desde un valor de pico hasta 5A. Los datos de corriente-tensión que constituyen los datos de interpolación son todos los datos medidos cuando una magnitud de una corriente de carga disminuye hasta 1/3 (20 amperios) o menos, basándose en un valor de pico (65 amperios).

45 La figura 11 es un gráfico que ilustra un concepto de estimación de una ordenada en el origen como una tensión de circuito abierto de una batería secundaria cuando se calcula una ecuación de aproximación lineal utilizando dos datos de corriente-tensión.

50 La figura 12 es un gráfico que ilustra un resultado de evaluar una precisión en la estimación de un SOC utilizando la presente divulgación durante la carga de regeneración de una batería secundaria mientras la batería secundaria repite un proceso de descarga (viajando) y carga de regeneración (frenado para detenerse) durante un tiempo predeterminado en un patrón de conducción que simula la conducción en Los Ángeles.

55 Cuando se estima un SOC de una batería secundaria, el SOC de la batería secundaria se estima de una manera de muestrear dos datos de corriente-tensión aplicando la condición mostrada en la figura 10 durante la carga de regeneración de la batería secundaria, calcular una ordenada en el origen de una ecuación de aproximación lineal utilizando los datos muestreados, estimar la ordenada en el origen como una tensión de circuito abierto de la batería secundaria, y relacionar la tensión de circuito abierto estimada con un SOC correspondiente remitiéndose a una tabla de consulta que predefine SOC para cada tensión de circuito abierto.

60 En la figura 12, un eje horizontal representa un tiempo (min), y un eje vertical representa una DOD. Dado que una DOD corresponde a (1-SOC), puede decirse que la figura 12 muestra un resultado de la medición de un SOC.

La figura 12 muestra dos perfiles; un perfil indicado por triángulos muestra un cambio en el SOC estimado de acuerdo con la presente divulgación, y un perfil indicado por círculos muestra un cambio en el SOC real.

65 En la figura 12, se indican cuatro líneas de tiempo (líneas verticales discontinuas), y una batería secundaria está en reposo (sin descarga y sin carga de regeneración) durante 1 hora en los puntos en los que se indica cada línea de

tiempo.

Con referencia a la figura 12, puede verse que el SOC de una batería secundaria estimado por la presente divulgación sigue bien un SOC real, y que el error es inferior o igual al 5 %.

- 5 En caso de que el SOC de una batería secundaria se calcule mediante el recuento de amperios, con el tiempo se acumula un error de recuento de corriente, mientras que la presente divulgación estima el SOC de una batería secundaria dentro de un margen de error del 5 % con bastante precisión y sin acumulación de errores.
- 10 Los resultados experimentales anteriores apoyan que el aparato y el método para estimar un parámetro de una batería secundaria de acuerdo con la presente divulgación pueden estimar una tensión de circuito abierto y/o un SOC de una batería secundaria de forma conveniente y precisa incluso en una situación dinámica de carga y descarga de la batería secundaria.
- 15 La presente divulgación se ha descrito en detalle anteriormente en el presente documento. No obstante, debe entenderse que la descripción detallada y los ejemplos específicos, si bien indican realizaciones preferidas de la divulgación, se dan únicamente a título ilustrativo.

REIVINDICACIONES

1. Un método para estimar un parámetro de una batería secundaria (110) de un vehículo eléctrico (200) o un vehículo híbrido, comprendiendo el método:

5 cargar por regeneración la batería secundaria de acuerdo con un patrón en el cual la corriente de carga aumenta desde cero hasta un valor de pico y a continuación disminuye gradualmente de nuevo hasta cero, en donde el aumento de la corriente de carga desde cero hasta el valor de pico es causado al presionar un freno y la disminución gradual de nuevo hasta cero es causada al tirar del freno;

10 medir (S20) una pluralidad de datos de corriente-tensión mientras la corriente de carga disminuye desde el valor de pico hasta cero durante la carga de regeneración de la batería secundaria después de que un modo de funcionamiento de la batería secundaria cambie de un modo de descarga a un modo de carga;

15 calcular (S30) una ecuación de aproximación lineal que represente una correlación entre la corriente y la tensión a partir de la pluralidad de datos de corriente-tensión medidos; y

estimar (S40) una ordenada en el origen, que indica la tensión cuando la corriente de la batería secundaria es cero, de la ecuación de aproximación lineal como una tensión de circuito abierto de la batería secundaria.

2. El método para estimar el parámetro de la batería secundaria de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además:

20 estimar (S50) un estado de carga (SOC) de la batería secundaria a partir de la tensión de circuito abierto estimada.

3. El método para estimar un parámetro de una batería secundaria de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde la medición de la pluralidad de datos de corriente-tensión se lleva a cabo mientras la corriente de carga aumenta desde cero hasta el valor de pico y a continuación disminuye hasta cero después de que el modo de funcionamiento de la

25 batería secundaria cambia del modo de descarga al modo de carga, en donde la medición de la pluralidad de datos de corriente-tensión se realiza repetidamente en un intervalo de tiempo;

30 identificar los datos de corriente-tensión medidos mientras la corriente de carga disminuye desde el valor de pico, entre todos los datos de corriente-tensión medidos;

en donde calcular la ecuación de aproximación lineal que representa una correlación entre la corriente y la tensión se basa en la pluralidad de datos de corriente-tensión identificados.

4. El método para estimar un parámetro de una batería secundaria de una de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la batería secundaria incluye un material catódico mezclado en el que se mezclan al menos dos materiales catódicos.

35

FIG. 1

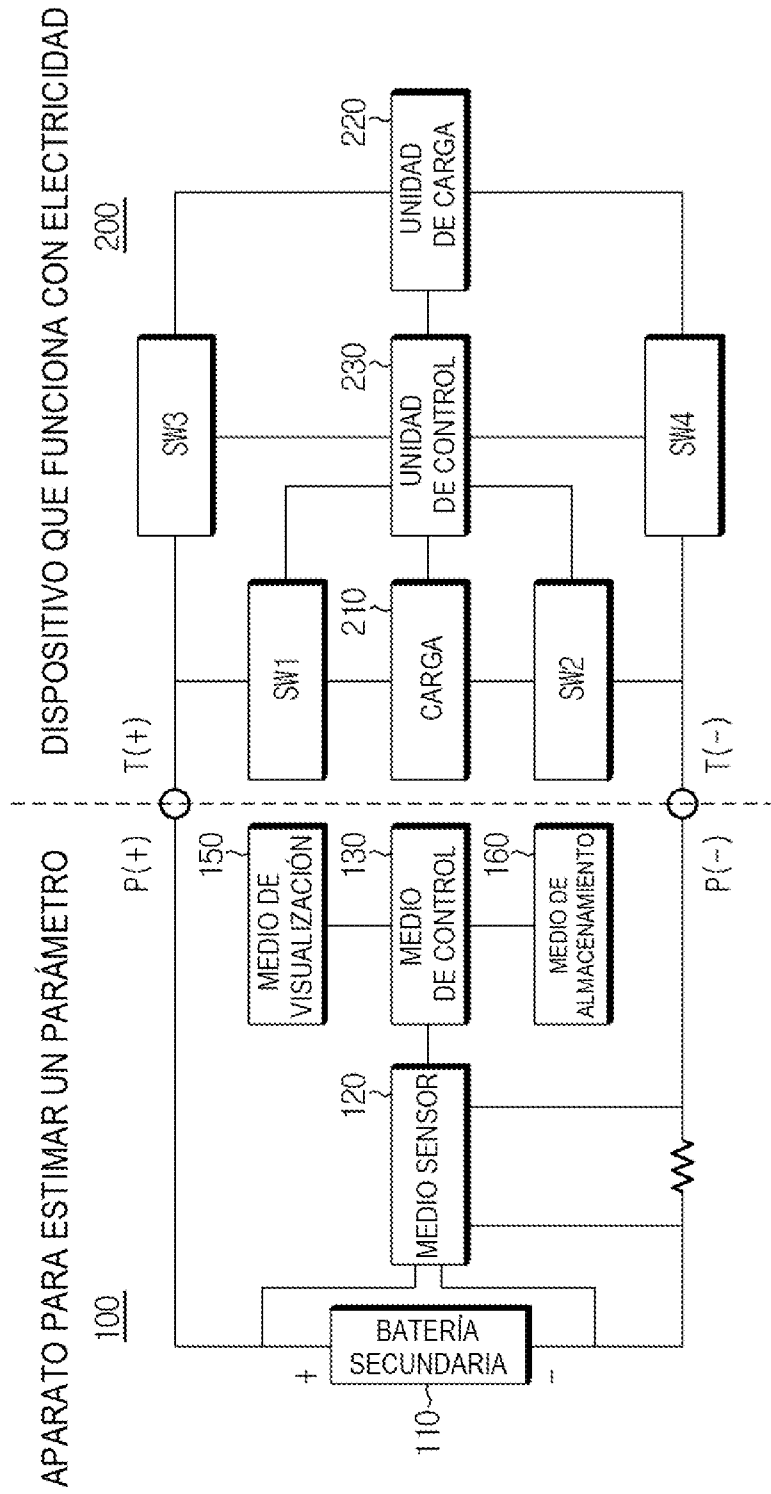


FIG. 2

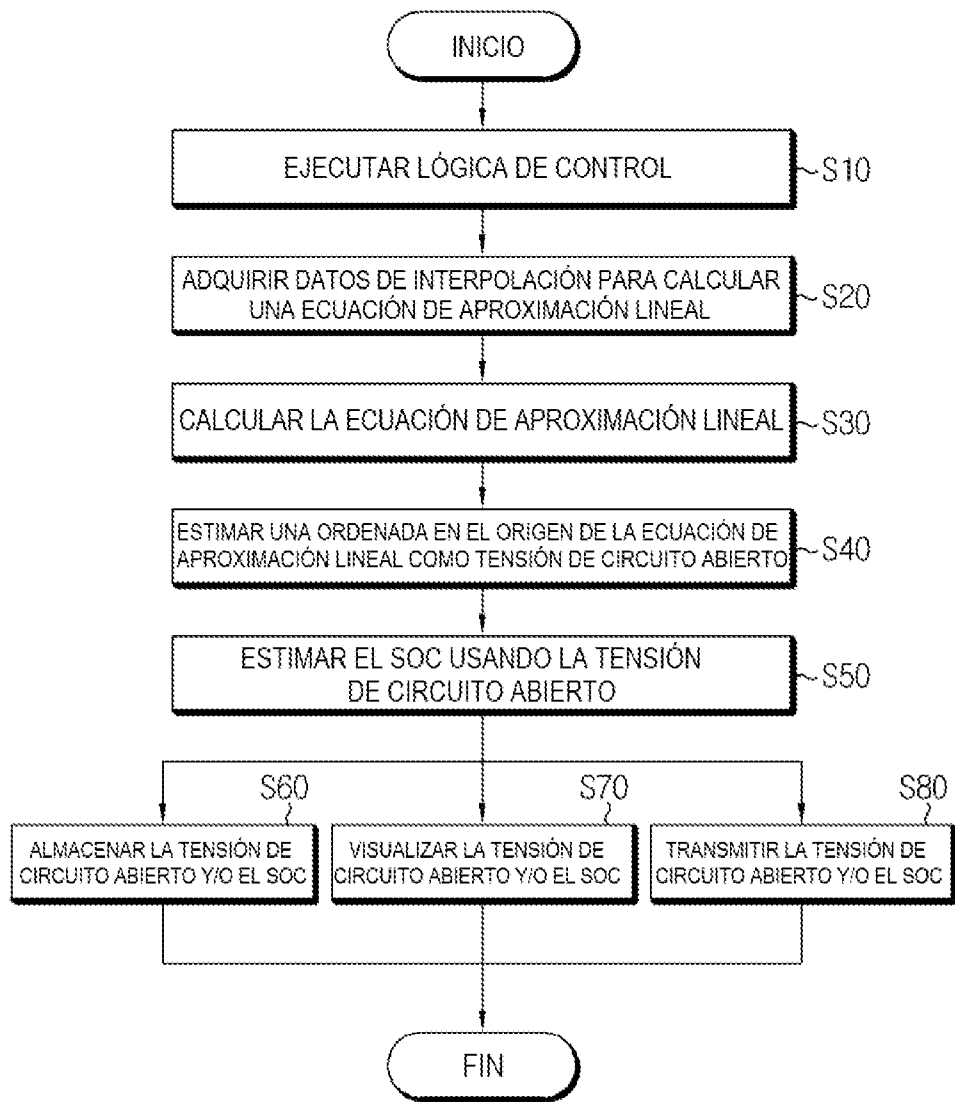


FIG. 3

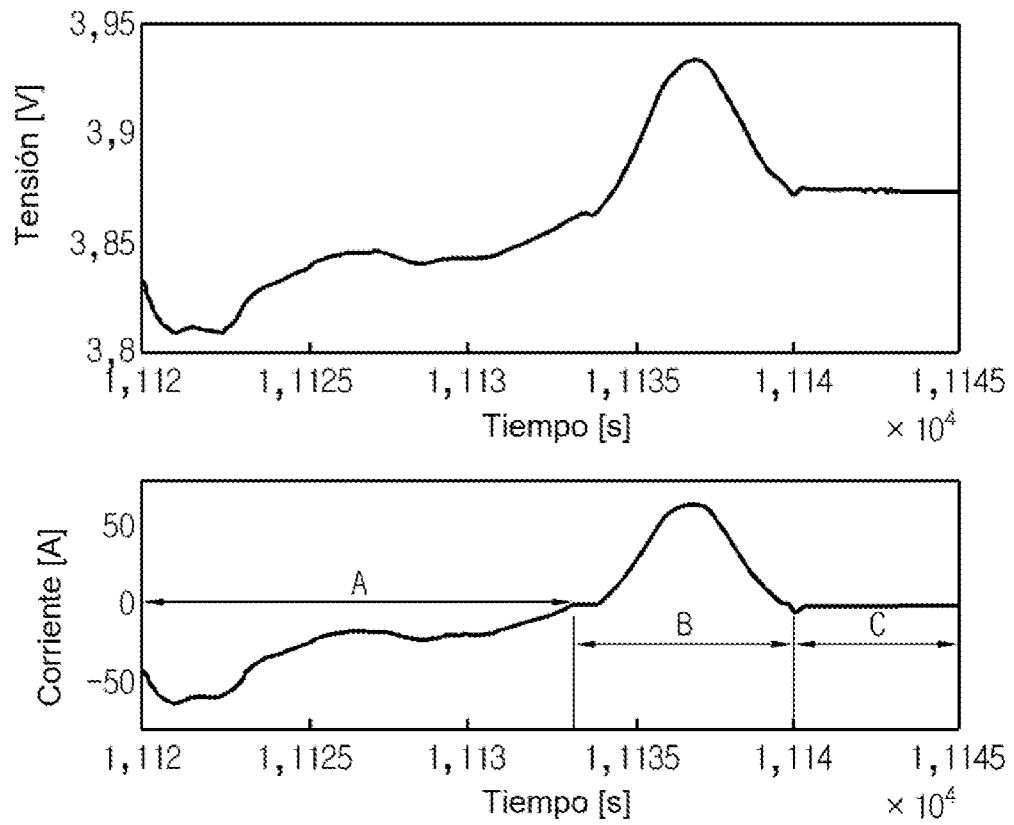


FIG. 4

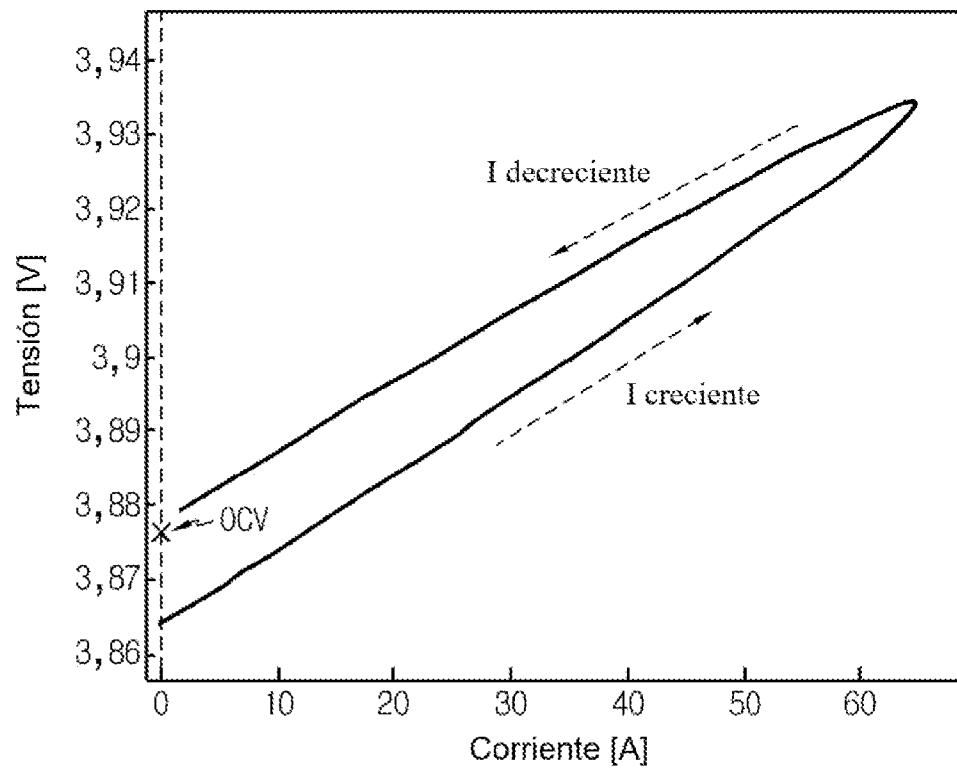


FIG. 5

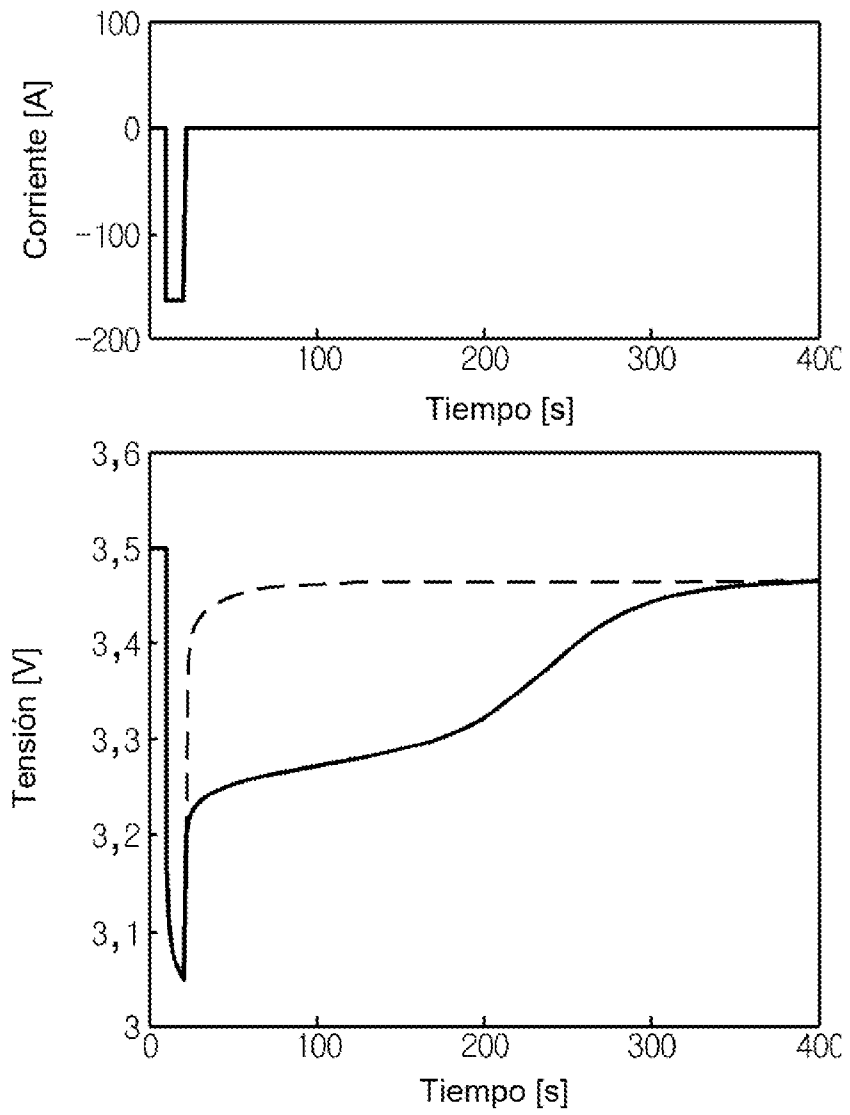


FIG. 6

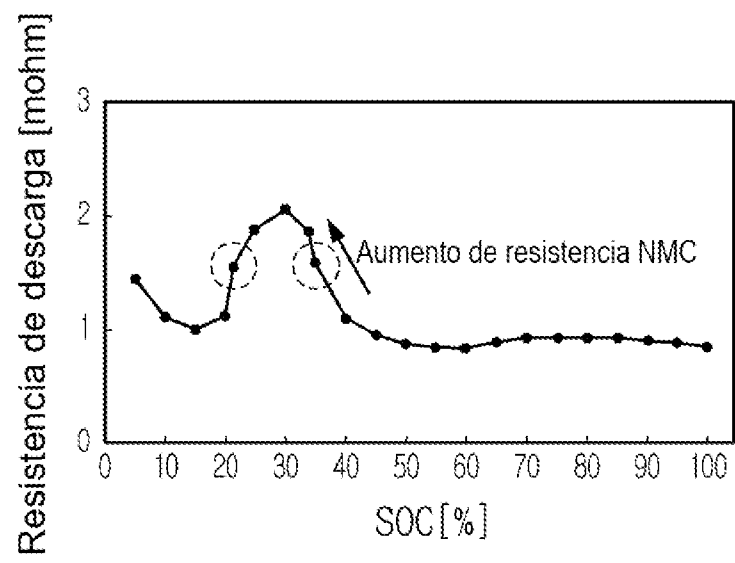


FIG. 7

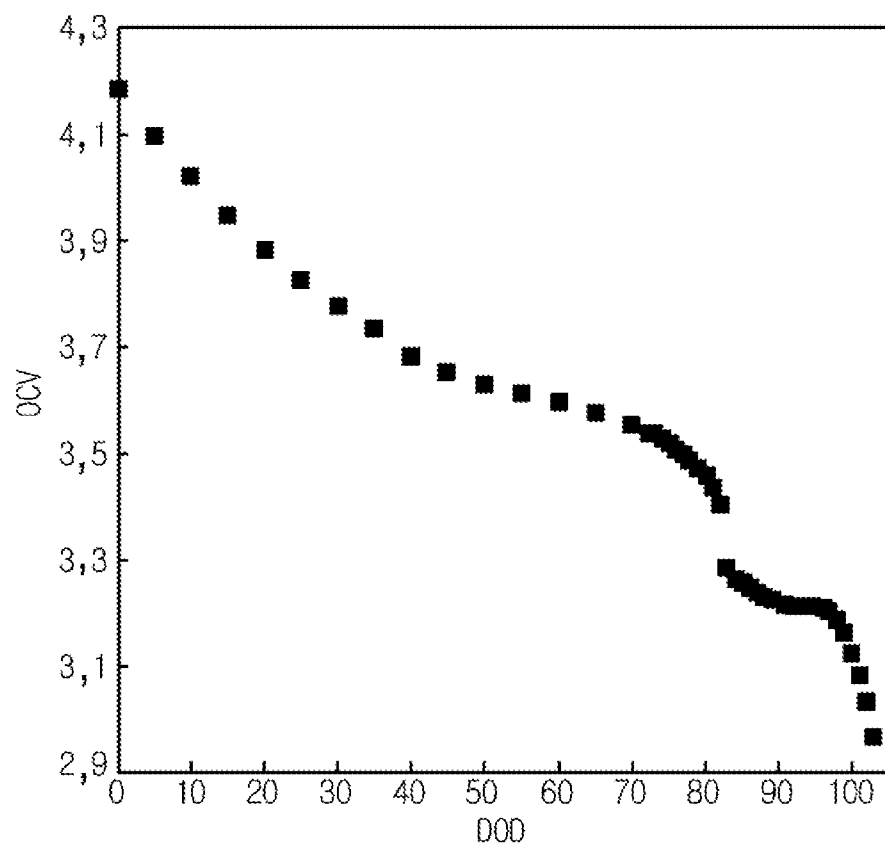


FIG. 8

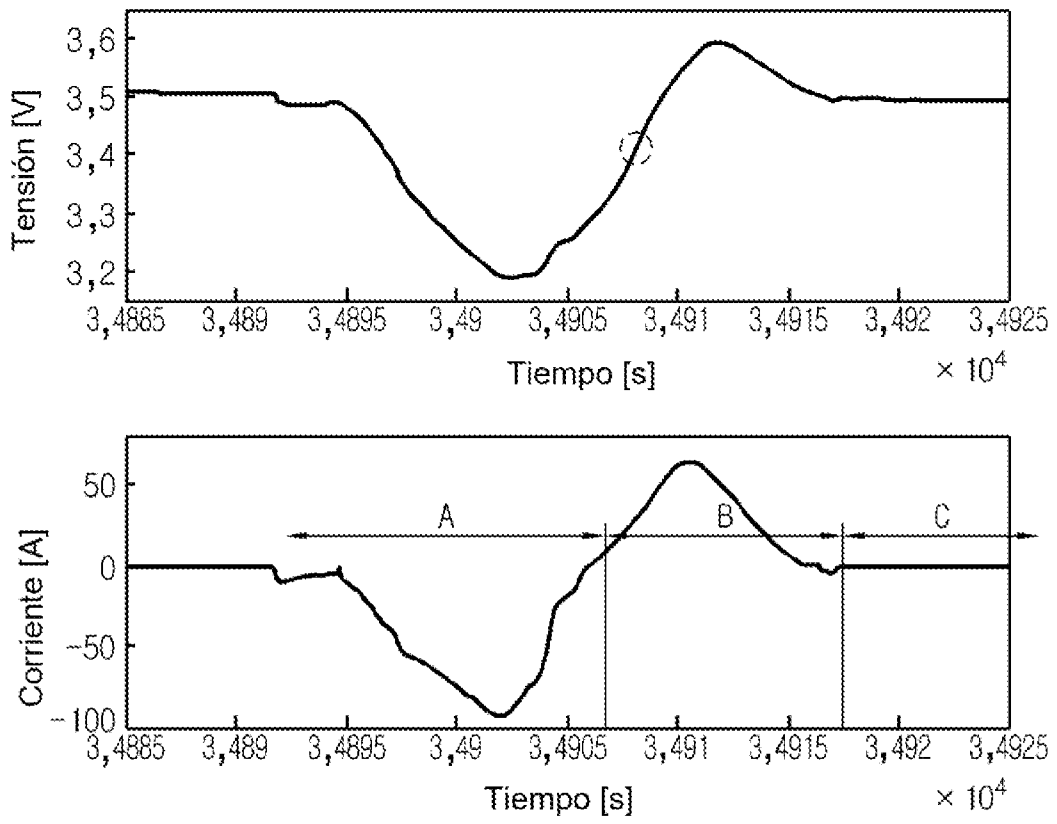


FIG. 9

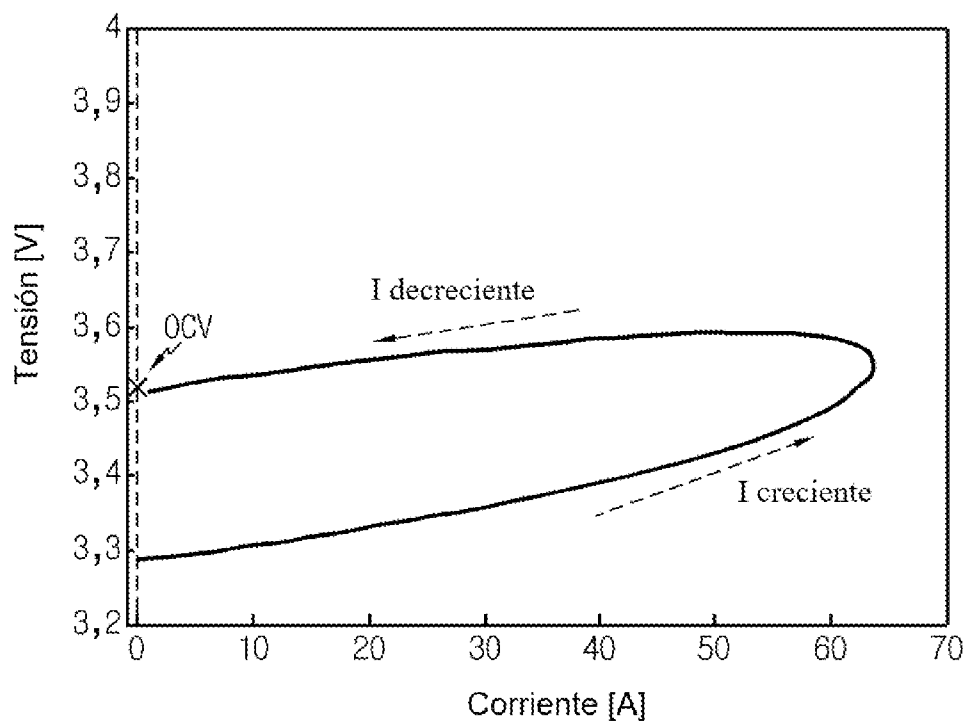


FIG. 10

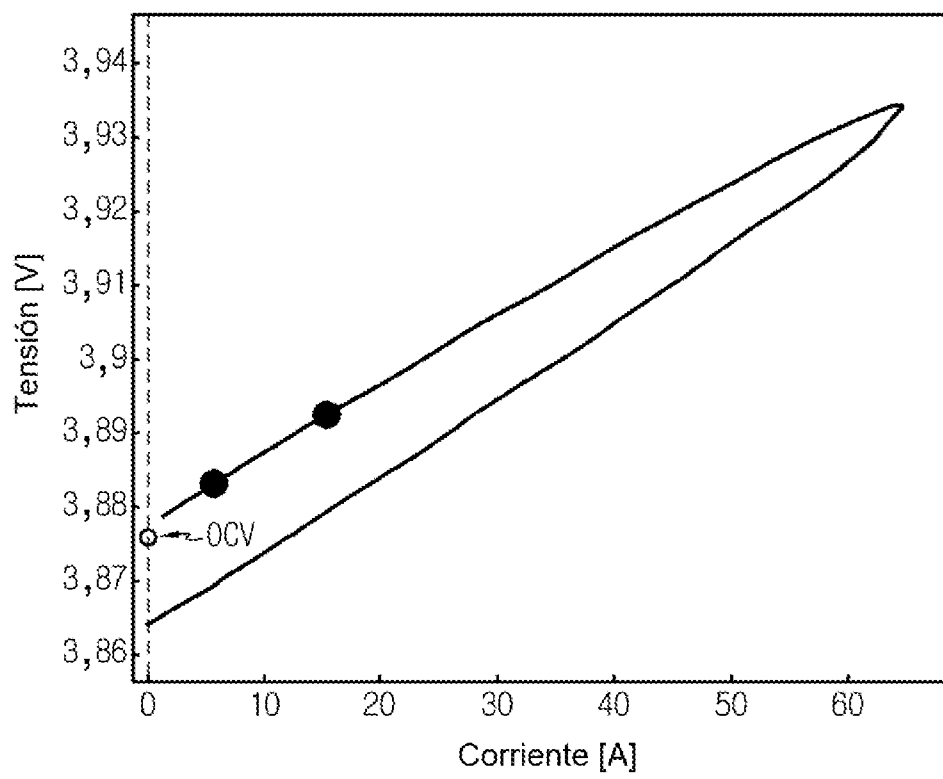


FIG. 11

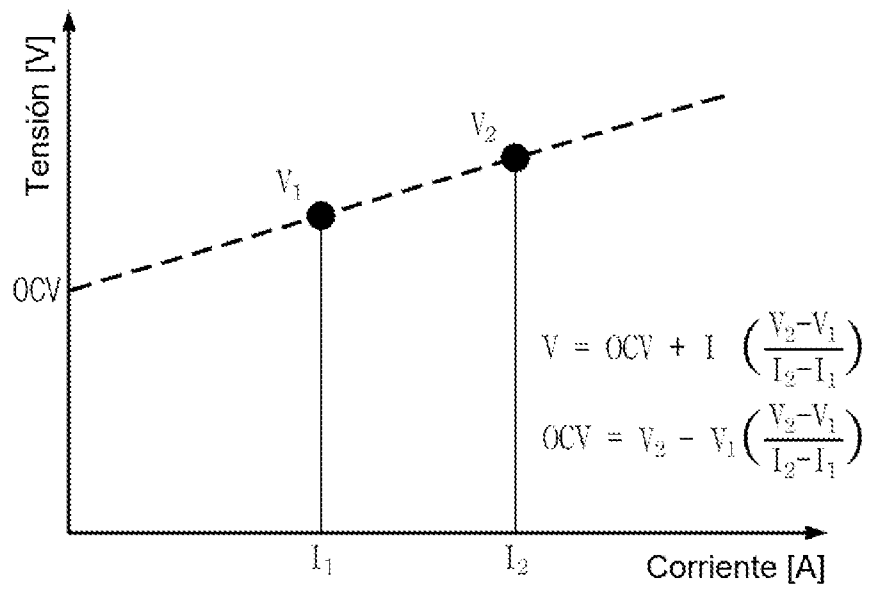


FIG. 12

