

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 752 239**

51 Int. Cl.:

H02S 50/10 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.05.2016 PCT/EP2016/060956**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.12.2016 WO16188786**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.05.2016 E 16722894 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2019 EP 3304731**

54 Título: **Método para someter a prueba el acoplamiento de dado de un conjunto de célula fotovoltaica**

30 Prioridad:

26.05.2015 DE 102015209612

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

03.04.2020

73 Titular/es:

**SAINT-AUGUSTIN CANADA ELECTRIC INC.
(100.0%)**

75 Rue d'Anvers

Saint-Augustin de Desmaures, Québec G3A 1S5, CA

72 Inventor/es:

GERSTER, ECKART y

MEYER-SCHÖNBOHM, HANNES

74 Agente/Representante:

MILTENYI , Peter

ES 2 752 239 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

Método para someter a prueba el acoplamiento de dado de un conjunto de célula fotovoltaica

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un método para someter a prueba el acoplamiento de dado de un conjunto de célula fotovoltaica, en particular para la monitorización eléctrica en línea de la calidad de acoplamiento de dado de una célula fotovoltaica de concentración (Concentrator Photovoltaic, CPV) durante la fabricación de módulos fotovoltaicos de concentración. El documento US 2014/097522 A se refiere a pruebas de instalaciones de PV.

Antecedentes de la invención

10 Se conoce en general que es necesaria una baja temperatura de funcionamiento con el fin de aumentar la eficacia y la estabilidad a largo plazo o la vida útil de las células fotovoltaicas. Por tanto, es necesario extraer el calor generado en exceso en la célula mediante irradiación no convertido en energía eléctrica. Esta extracción puede llevarse a cabo mediante medios de enfriamiento pasivo o activo, en los que el enfriamiento activo puede lograrse por ejemplo mediante el contacto dinámico con un fluido de enfriamiento, y el enfriamiento pasivo puede lograrse mediante el acoplamiento de la célula a un disipador de calor.

15 El acoplamiento de dado o unión de dado es el procedimiento de acoplamiento de un dado o chip semiconductor a un sustrato, un paquete, u otro dado o chip. Para un conjunto de célula fotovoltaica, esto corresponde en particular al procedimiento de acoplar la célula solar a un disipador de calor, que puede usarse para el enfriamiento pasivo tal como se mencionó anteriormente. Se conoce en general que este acoplamiento puede llevarse a cabo mediante soldadura, soldadura fuerte, unión con adhesivo, sinterización y similares, y que la calidad de la capa de
20 acoplamiento obtenida mediante cualquiera de estos métodos es importante para transferir eficazmente calor residual desde la célula fotovoltaica hasta el disipador de calor.

Por tanto, la calidad del acoplamiento de dado es un parámetro crucial para caracterizar conjuntos de célula fotovoltaica, en particular en vista de desechar eficazmente los conjuntos de célula fotovoltaica defectuosos, lo que significa conjuntos para los que el acoplamiento de dado no transporta eficazmente calor desde la célula hasta el
25 disipador de calor, antes del montaje de módulos fotovoltaicos que comprenden un bastidor, y uno o más conjuntos de célula fotovoltaica. Esto es incluso más importante para módulos fotovoltaicos de concentración que comprenden también lentes correspondientes para enfocar luz sobre las células, ya que estos conjuntos son caros, y la sustitución de un conjunto de célula fotovoltaica defectuoso en los mismos es compleja y costosa.

30 Se conoce en general usar pruebas térmicas transitorias para verificar el acoplamiento de dado de un LED a su sustrato de montaje. Tales métodos se aprovechan de la naturaleza lineal del coeficiente de temperatura del material de LED que está sometiéndose a prueba y el hecho de que la masa térmica del LED es varias órdenes de magnitud menor que la del sustrato de montaje. En primer lugar se mide la tensión directa del LED usando una pequeña corriente de medición de bajo calentamiento, que se elige bajo para no introducir esencialmente ningún calentamiento insignificante en el dispositivo de LED. Entonces se somete el LED a una corriente de calentamiento
35 no destructiva corta. Rápidamente tras la retirada de la corriente de calentamiento, se vuelve a aplicar la corriente de medición y se vuelve a medir la tensión directa y se compara con el valor medido antes del impulso de calentamiento. Entonces se usan la diferencia en la tensión directa antes y después de la aplicación de la corriente de calentamiento y el coeficiente de temperatura del material de LED para determinar la elevación de temperatura del LED por encima de la temperatura del sustrato de montaje. Una calibración de la temperatura prolongada en los puntos de medición (que están estabilizados en temperatura) mediante un sensor de temperatura externa permite la calibración de tales mediciones a valores absolutos de la resistencia térmica.

40 Un método para realizar pruebas térmicas transitorias para caracterizar un módulo solar ya completamente montado en condiciones de funcionamiento se da a conocer en Plesz, B. *et al.*, 2011 (*Characterization of solar cells by thermal transient testing*; Proceedings of the 17th International Workshop on Thermal investigations of ICs and Systems, THERMINIC 2011, celebrado el 27-29 de septiembre de 2011 en París, Francia). Este documento da a conocer en particular un método para someter a prueba y caracterizar la calidad del acoplamiento de dado en un módulo fotovoltaico de concentración, que se usa para la gestión de calidad del módulo completamente montado o para someter a prueba el módulo durante las condiciones de funcionamiento.

50 Sin embargo, además de realizarse sólo en un módulo fotovoltaico completamente montado y caracterizar el mismo en condiciones de funcionamiento, especialmente en el caso de módulos fotovoltaicos de concentración, el método de Plesz, B. *et al.*, 2011 requiere la medición de valores absolutos de la resistencia térmica, R_{th} , y por tanto una calibración sensible a la temperatura, que es necesario realizar en condiciones de oscuridad, dicho de otro modo cuando el módulo solar no está irradiándose. En particular, tiene que calibrarse el valor de parámetro sensible a la temperatura para cada dispositivo que se somete a prueba para medir la dependencia de la temperatura de la
55 tensión directa del diodo. El método usa además una corriente de sensor constante accionada a través del diodo, mientras que los valores de tensión directa se miden en puntos sensibles a la temperatura seleccionados.

Por tanto, el método dado a conocer en Plesz, B. *et al.*, 2011, como otros métodos conocidos para someter a prueba

5 el acoplamiento de dado, es demasiado prolongado y demasiado complejo como para integrarse en una línea de fabricación, en particular antes de montar los módulos fotovoltaicos. Dicho de otro modo, este método de prueba no puede integrarse o automatizarse como parte del procedimiento de fabricación de conjuntos de célula fotovoltaica y sólo puede implementarse en una fase posterior, basándose en la toma de muestras, por ejemplo para la caracterización del dispositivo durante el funcionamiento del conjunto de célula fotovoltaica ya completamente montado.

Como consecuencia, el método dado a conocer en Plesz, B. *et al.*, 2011 no puede usarse para impedir el montaje de módulos fotovoltaicos completos que comprenden uno o más conjuntos de célula fotovoltaica.

10 Dicho de otro modo, existe una gran necesidad en la industria fotovoltaica de un método adecuado para monitorizar eficazmente la calidad del acoplamiento de dado en un conjunto de célula fotovoltaica. En particular, existe la necesidad de un método de monitorización en línea que permita desechar inmediatamente conjuntos de célula fotovoltaica no viables, preferiblemente antes de transportarse a las líneas de montaje para el montaje de módulos fotovoltaicos.

Objeto de la invención

15 Por tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar un método de someter a prueba el acoplamiento de dado de un conjunto de célula fotovoltaica teniendo en cuenta los problemas mencionados anteriormente. En particular, un objeto de la presente invención es proporcionar un método de prueba rápido y fiable y, como consecuencia, un método que pueda usarse para someter a prueba y monitorizar en línea el acoplamiento de dado durante el procedimiento de fabricación de conjuntos de célula fotovoltaica con el fin de desechar conjuntos defectuosos, en particular antes del montaje de los módulos fotovoltaicos.

Descripción de la invención

El objeto de la invención se logra con un método para someter a prueba el acoplamiento de dado de un conjunto de célula fotovoltaica según la reivindicación 1. Se describen características ventajosas en las reivindicaciones dependientes y también se detallarán a continuación en el presente documento.

25 La invención se aprovecha de la sensibilidad a la temperatura conocida de la tensión directa que puede medirse a través de una célula fotovoltaica, que es esencialmente una serie de uniones p-n, para someter a prueba la calidad del acoplamiento de dado de una célula fotovoltaica montada con disipador de calor. De ese modo, pueden detectarse fácilmente una adhesión insuficiente, huecos o vacíos que dan como resultado la colocación o el acoplamiento incorrecto de la célula fotovoltaica en el disipador de calor.

30 En particular, puede monitorizarse la tensión, y por tanto la resistencia eléctrica, del conjunto de célula fotovoltaica durante la aplicación de una corriente. La corriente puede ser preferiblemente una corriente directa alta. Preferiblemente también puede ser un impulso de corriente o una serie de impulsos. La célula fotovoltaica actúa como un elemento eléctricamente resistivo y se calienta rápidamente durante la inyección de la corriente. Entonces se registra el grado del calentamiento mediante la medición de la tensión a través de la célula fotovoltaica durante la inyección de corriente.

35 La tensión medida puede usarse para determinar la resistencia eléctrica del conjunto de célula fotovoltaica. En realizaciones preferidas, las mediciones de tensión y/o la determinación de la resistencia eléctrica pueden llevarse a cabo usando un método de detección de 2 hilos. Para mediciones más precisas, se prefiere un método de detección de 4 hilos. Los equipos de prueba típicos pueden incluir una fuente de alimentación de CC de ruido bajo programable, que puede suministrar corriente suficiente, y un voltímetro rápido con precisión y velocidad suficientes.

A diferencia de los métodos existentes de pruebas térmicas transitorias del acoplamiento de dado entre un LED y un sustrato de montaje, el método inventivo usa la variación de la tensión directa de una célula fotovoltaica durante la aplicación de la corriente de calentamiento. Por tanto, se monitoriza la evolución de la tensión directa, en lugar de la tensión antes y después de la aplicación de un impulso de corriente de calentamiento.

45 Por tanto, con el método inventivo, el grado de la caída de tensión durante la inyección de corriente proporciona una medición directa para el acoplamiento de dado de un conjunto de célula fotovoltaica, dicho de otro modo para la calidad de la superficie de contacto térmica entre la célula fotovoltaica y la base del conjunto, es decir el disipador de calor, por lo que pueden identificarse y examinarse conjuntos de célula fotovoltaica unidos de manera insuficiente.

50 Además, al igual que en métodos conocidos de pruebas térmicas transitorias, en el método inventivo, el dispositivo sometido a prueba (Device Under Test, DUT) debe poder resistir la corriente de calentamiento sin resultar dañado. En el caso de las células fotovoltaicas montadas, la célula fotovoltaica debe poder resistir altos valores de corriente, ya que estos mejoran la precisión de las mediciones.

55 Además, para un impulso de corriente inyectada, las duraciones de impulso más prolongadas mejoran adicionalmente la precisión de las mediciones. No obstante, es deseable que las pruebas sean lo más cortas posible, a la vez que sean suficientemente fiables para identificar conjuntos de célula fotovoltaica defectuosos. Por

tanto, pueden usarse y se ha encontrado que son ventajosas duraciones de impulso en el intervalo de desde aproximadamente 50 ms hasta aproximadamente 150 ms, preferiblemente desde aproximadamente 80 ms hasta aproximadamente 100 ms, en particular de aproximadamente 90 ms.

5 Por tanto, dado que la prueba eléctrica inventiva puede llevarse a cabo en un periodo de tiempo muy corto, puede implementarse no sólo como una toma de muestras o prueba de caracterización sino también, y especialmente, como una prueba en línea. Dicho de otro modo, el método inventivo proporciona una prueba que puede usarse para todos los dispositivos fabricados, lo que puede llevarse a cabo justo después del montaje en la línea de fabricación de los conjuntos de célula fotovoltaica.

10 Una ventaja principal del método inventivo es que no requiere ningún sensor de temperatura externa. De hecho, la propia célula fotovoltaica actúa como sensor de temperatura. Sin embargo, a diferencia de los métodos conocidos de pruebas térmicas transitorias, las mediciones de valores absolutos de la resistencia térmica, R_{th} , no son relevantes para el método inventivo. Por tanto, no es necesaria la calibración de temperatura de la célula fotovoltaica. Esto tiene la ventaja, con respecto a los métodos conocidos de pruebas térmicas transitorias que llevan mucho tiempo del acoplamiento de dado de células fotovoltaicas en módulos fotovoltaicos completamente montados en condiciones de funcionamiento, de que el método inventivo puede usarse para la monitorización en línea, ya que evita completamente la etapa prolongada de la calibración de temperatura. De hecho, incluso variaciones de calor muy cortas conducen a una detección fiable.

15 Además, puesto que el método inventivo sólo requiere evaluar la carga relativa de la tensión medida a través de la célula fotovoltaica, las diferencias inevitables entre dispositivos sometidos a prueba individuales sólo tienen una influencia insignificante sobre las mediciones. Además, puesto que la prueba es sólo eléctrica, la precisión y la repetibilidad de la medición pueden ser muy buenas dados los equipos de prueba adecuados.

20 Cuando la célula fotovoltaica montada también comprende un diodo de derivación, el acoplamiento de dado del diodo puede someterse a prueba de manera análoga a la célula fotovoltaica.

25 Además, el método de prueba inventivo puede usarse para caracterizar cualquier tipo de acoplamiento de dado, por ejemplo acoplamiento de dado realizado mediante soldadura, soldadura fuerte, unión con adhesivo, sinterización y similares.

30 Dicho de otro modo, el método inventivo es más rápido y menos complejo que los métodos conocidos de pruebas de acoplamiento de dado y, por consiguiente, puede integrarse en las líneas de fabricación de conjuntos de célula fotovoltaica. En particular, el método inventivo puede usarse para clasificar conjuntos de célula fotovoltaica que tienen un acoplamiento de dado defectuoso justo después de su montaje y, por consiguiente, para impedir su uso posterior en módulos fotovoltaicos. Por consiguiente, se mejoran la calidad y la fiabilidad de las células fotovoltaicas montadas entregadas al final de la línea de fabricación para su uso posterior en módulos fotovoltaicos, por lo que también se mejoran la calidad y la fiabilidad de los módulos fotovoltaicos completamente montados.

35 El método inventivo puede usarse no sólo para identificar conjuntos de célula fotovoltaica que tienen un acoplamiento de dado defectuoso. También puede usarse para mejorar el procedimiento de fabricación en general para lograr una resistencia térmica menor de las células fotovoltaicas montadas. Mejorar el procedimiento de montaje también puede dar como resultado variaciones del procedimiento reducidas. En particular, el método inventivo puede complementar otras pruebas eléctricas en línea relacionadas con otros aspectos funcionales de las células fotovoltaicas, por lo que se mejora en general la calidad de las células fotovoltaicas montadas.

40 **Breve descripción de las figuras**

A continuación se describirá la invención en más detalle, basándose en realizaciones ventajosas descritas en combinación con las siguientes figuras:

la figura 1 ilustra esquemáticamente, en un diagrama de bloques, una primera realización a modo de ejemplo del método inventivo;

45 la figura 2 ilustra esquemáticamente, en un diagrama de bloques adicional, una segunda realización a modo de ejemplo del método inventivo;

la figura 3 ilustra esquemáticamente una configuración a modo de ejemplo usada para llevar a cabo el método inventivo; y

50 la figura 4 ilustra esquemáticamente una caída de tensión relativa a modo de ejemplo observada para un conjunto de célula fotovoltaica sometido a prueba con el método inventivo.

Descripción detallada de realizaciones

La figura 1 ilustra esquemáticamente una primera realización a modo de ejemplo del método según la presente invención, en un diagrama de bloques. En una primera etapa 100, se proporciona una célula fotovoltaica montada, o conjunto de célula fotovoltaica, para someter a prueba su calidad de acoplamiento de dado.

En la primera realización, el conjunto de célula fotovoltaica comprende una célula fotovoltaica acoplada a un disipador de calor. En una variante preferida, la célula fotovoltaica podría ser una célula fotovoltaica de concentración (CPV). Además, el acoplamiento de la célula al disipador de calor puede haberse realizado con métodos de acoplamiento de dado comunes tales como soldadura, soldadura fuerte, unión con adhesivo, sinterización o similares. Por motivos de simplicidad, el conjunto de célula fotovoltaica de la primera realización comprende una célula fotovoltaica. Sin embargo, se entiende que la calidad del acoplamiento de dado de un conjunto de célula fotovoltaica que comprende más de una célula fotovoltaica también podría someterse a prueba usando el método inventivo en las diversas células, o bien llevando a cabo mediciones en las células individuales o bien en una pluralidad de células, por ejemplo en un conjunto de célula fotovoltaica que comprende una pluralidad de células conectadas entre sí en serie y/o en paralelo.

En variantes adicionales, la célula fotovoltaica montada también puede comprender un diodo de derivación conectado eléctricamente a la una o más célula(s) fotovoltaica(s) y también acoplado al disipador de calor. Por tanto, el método inventivo también puede usarse para medir la calidad del acoplamiento de dado del diodo de derivación de una célula fotovoltaica montada de manera análoga tal como se describe a continuación en el presente documento para la propia célula fotovoltaica.

En la primera realización, en una etapa posterior 101, se inyecta una corriente en el conjunto de célula fotovoltaica que va a someterse a prueba. La corriente puede inyectarse, por ejemplo, usando una fuente de alimentación de CC de ruido bajo programable o similar. Con el fin de que las pruebas sean lo más cortas posible, especialmente cuando se implementa como una prueba en línea, es preferible inyectar un impulso de corriente corto. Por tanto, en la primera realización, la duración del impulso de corriente inyectada varía desde 50 ms hasta 150 ms, preferiblemente desde 80 ms hasta 100 ms, y puede ser en particular de aproximadamente 90 ms. En general, se observó que las duraciones más prolongadas mejoraban la precisión de las mediciones, pero aumentaban el tiempo de pruebas global. Por tanto, aunque se encontró que los valores facilitados anteriormente eran ventajosos y por tanto se prefieren, en variantes de la primera realización, por ejemplo cuando se implementa la prueba fuera de la línea de fabricación, también es posible inyectar impulsos de corriente que tienen duraciones más prolongadas.

La corriente también puede ser preferiblemente una corriente alta con el fin de mejorar adicionalmente la precisión de las mediciones. Por tanto, en la primera realización, se inyecta un impulso de alta corriente en el intervalo de desde aproximadamente 0,5 A hasta aproximadamente 8 A en el conjunto de célula fotovoltaica.

Según el método inventivo, durante la inyección de corriente, en una etapa sustancialmente paralela 102, se mide la tensión directa a través de la célula fotovoltaica. En particular, la tensión directa se mide durante toda la duración de la inyección de corriente. Por tanto, en la primera realización, la tensión se mide durante la duración del impulso de alta corriente directa. Para este fin, puede usarse un voltímetro rápido con precisión y velocidad suficientes, de manera que las mediciones puedan llevarse a cabo de manera continua o al menos muy rápidamente con el fin de producir una medición esencialmente continua de la tensión directa a lo largo de la duración del impulso. La figura 3 ilustra una configuración de instrumentos a modo de ejemplo que puede usarse para llevar a cabo el método en la primera realización, y la figura 4 ilustra un gráfico de la variación de la tensión a través de una célula fotovoltaica sometida a prueba a lo largo de toda la duración de un impulso de alta corriente y se comentará a continuación en el presente documento.

Por tanto, en la primera realización, la calidad del acoplamiento de dado 203 entre la célula solar 201 y el disipador de calor 202 de un conjunto de célula fotovoltaica 200 puede determinarse con una configuración tal como la ilustrada en la figura 3, usando una fuente de alimentación 205, preferiblemente una fuente de alimentación de CC controlada a distancia, y un voltímetro 204, preferiblemente un voltímetro rápido. Según el método inventivo, tal como se describe con referencia a la figura 1 y la etapa 101 en la primera realización, la fuente de alimentación 205 puede usarse para inyectar una corriente, preferiblemente una corriente alta, más preferiblemente un impulso de alta corriente, tal como se describió anteriormente, en el conjunto de célula fotovoltaica 200. El voltímetro 204 puede usarse entonces para medir la tensión a través de la célula fotovoltaica 201, tal como se describe con referencia a la figura 1 y la etapa 102 en la primera realización. En una variante, también ilustrada en la figura 3, también es posible usar un controlador y/o registrador de datos 206.

En la primera realización, se usa un método de detección de 4 hilos para obtener mediciones directas precisas a través de la célula fotovoltaica. Por tanto, en una variante de la primera realización, también puede usarse una medición de resistencia de 4 hilos, por lo que también puede determinarse la resistencia eléctrica de la célula fotovoltaica. Alternativamente, si es aceptable menos precisión, también podría usarse un método de detección o medición de resistencia de 2 hilos.

En una etapa posterior 103, se determina la caída de tensión relativa a lo largo de la duración del impulso de corriente. Por ejemplo, es posible usar el registrador de datos 206 ilustrado en la figura 3 para almacenar los datos relacionados con la tensión y emitir un gráfico del tipo ilustrado en la figura 4 que muestra la caída de tensión relativa a lo largo de la duración de la inyección de corriente, en particular a lo largo de la duración del impulso de corriente, preferiblemente alto. Por tanto, es posible caracterizar rápida y eficazmente el acoplamiento de dado del conjunto de célula fotovoltaica sometido a prueba usando el método inventivo, ya que la caída de tensión relativa refleja directamente las propiedades de transferencia térmica de la capa de superficie de contacto entre la célula

fotovoltaica y el disipador de calor subyacente.

En la primera realización, no es necesario un sensor de temperatura externa. Además, según el método inventivo, no son necesarias mediciones de valores absolutos de resistencias térmicas, R_{th} . Por tanto, no se requiere una calibración particular de la temperatura, lo que simplifica considerablemente las pruebas de calidad del acoplamiento de dado en comparación con los métodos de pruebas térmicas transitorias conocidos en la técnica que se usan para caracterizar el acoplamiento de dado de conjuntos de célula fotovoltaica en módulos fotovoltaicos completamente montados durante condiciones de funcionamiento.

La figura 2 ilustra esquemáticamente una segunda realización a modo de ejemplo del método inventivo. Por motivos de simplicidad, la segunda realización sigue a la primera realización descrita anteriormente. Sin embargo, también podría implementarse con cualquier variante de la primera realización.

Tras la etapa 103 de determinación de la variación de tensión relativa a través de la célula fotovoltaica a lo largo de la duración de la alta corriente de impulso, la segunda realización comprende una etapa adicional 104 de comparar la caída de tensión relativa con un valor predeterminado, en particular un valor de umbral de tolerancia por encima del cual el acoplamiento de dado se califica como defectuoso. Esto podría lograrse, por ejemplo, usando los datos emitidos por el controlador/registrador de datos 206 en la configuración a modo de ejemplo ilustrada en la figura 3.

En una realización particular, la corriente podría elegirse más alta que un valor umbral predeterminado por encima del cual la célula fotovoltaica resultaría dañada si no hay suficiente calor intercambiado. Este umbral depende de las características de la célula y puede modelarse fácilmente. A diferencia de la técnica anterior, no es necesario que el método inventivo explore una secuencia de calentamiento completa entre dos puntos de medición. Por tanto, es posible elegir una corriente por encima de este umbral de deterioro con el fin de reducir adicionalmente el tiempo necesario para evaluar la calidad del acoplamiento de dado. La combinación eficaz del umbral de corriente y tensión durante una secuencia de medición controlada gradualmente permite mejorar el rendimiento de toma de muestras de conjuntos de célula fotovoltaica.

Por tanto, si la caída de tensión relativa determinada está por encima del valor de tolerancia aceptado, entonces, en una etapa posterior 105, se desecha el conjunto de célula fotovoltaica sometido a prueba ya que tiene un acoplamiento de dado defectuoso. En caso contrario, en una etapa posterior 106, se mantiene como conjunto de célula fotovoltaica que tiene un acoplamiento de dado validado.

En un entorno de pruebas incluso más riguroso, podría usarse el deterioro de la célula fotovoltaica debido al calor en exceso que no puede extraerse por una baja calidad del acoplamiento de dado con el fin de definir uno o más criterios para desechar tales células.

En la segunda realización, el método de prueba inventivo se realiza como una prueba en línea eléctrica incorporada en una línea de fabricación para montar células fotovoltaicas. En una variante del mismo, podría incorporarse como una prueba independiente, fuera de la línea de fabricación, por ejemplo sólo como prueba de caracterización. En una variante, podría usarse en cambio al comienzo de una línea de montaje de módulos fotovoltaicos con el fin de asegurarse de que los módulos montados sólo comprenden conjuntos de célula fotovoltaica que tienen un acoplamiento de dado validado. En todas estas variantes, podría usarse la configuración a modo de ejemplo ilustrada en la figura 3, o variantes de la misma.

Tal como se mencionó anteriormente, la figura 4 es un gráfico que ilustra una caída de tensión relativa a modo de ejemplo que puede medirse monitorizando la tensión directa a través de la célula fotovoltaica de un conjunto de célula fotovoltaica sometido a prueba, por ejemplo en las realizaciones primera o segunda, usando una configuración tal como la configuración a modo de ejemplo ilustrada en la figura 3, a lo largo de la duración de una corriente inyectada. En este ejemplo, se inyecta un impulso de corriente en una célula fotovoltaica montada, en particular que comprende una célula solar de concentración de triple unión convencional bastante pequeña, a un tiempo de comienzo de impulso de corriente $t = 6$ ms. La tensión V se mide de manera continua a través de la célula fotovoltaica durante la duración del impulso de corriente inyectada. Se mide un pico de tensión inicial a $V_{m\acute{a}x} = 3322$ mV al comienzo del impulso de corriente. En el ejemplo ilustrado en la figura 4, tras aproximadamente 86 ms, la tensión ha caído progresivamente hasta un valor de $V_{m\acute{i}n} = 3257$ mV, lo que da como resultado una caída de tensión relativa de aproximadamente $V_{ca\acute{i}da} = 1,96\%$ a lo largo de una duración de impulso de aproximadamente 90 ms.

En el ejemplo ilustrado en la figura 4, la caída de tensión relativa ha permitido identificar un acoplamiento de dado válido. El conjunto de célula fotovoltaica sometido a prueba se caracteriza por tanto como válido y, por consiguiente, se mantiene inmediatamente después del resultado de la prueba. Para células solares de concentración de triple unión convencionales bastante pequeñas, un umbral de caída de tensión relativa puede ser por tanto de aproximadamente el 2%. Sin embargo, en realizaciones adicionales, los valores de umbral de caída de tensión relativa pueden variar dependiendo del tipo y el tamaño de la célula, del método de acoplamiento de dado, del procedimiento de montaje y de otros parámetros de prueba.

Por tanto, si el método de prueba inventivo se realiza al final de la línea de fabricación de conjuntos de célula fotovoltaica, por ejemplo siguiendo la segunda realización ilustrada en la figura 2, es posible seleccionar

5 inmediatamente los conjuntos de célula fotovoltaica con un buen acoplamiento de dado (etapa 106). Entonces pueden seleccionarse los conjuntos de célula fotovoltaica buenos para su uso adicional, en particular para su uso en un módulo fotovoltaico completamente montado. En cambio, los conjuntos de célula fotovoltaica con un acoplamiento de dado defectuoso pueden identificarse inmediatamente y desecharse (etapa 105) de manera que no se usen en el procedimiento de montaje de módulos fotovoltaicos. Por tanto, se mejora la calidad de los conjuntos de célula fotovoltaica entregados al final de la línea de fabricación por el método de prueba eléctrica del acoplamiento de dado en línea.

10 En las realizaciones descritas anteriormente y en variantes de las mismas, el método inventivo puede implementarse de manera independiente del procedimiento de fabricación. Por ejemplo, el método puede usarse para someter a prueba la calidad del acoplamiento de dado de células fotovoltaicas entregadas a un fabricante/montador de módulos fotovoltaicos, antes del procedimiento de montaje de los módulos, con el fin de desechar conjuntos de célula fotovoltaica no válidos.

15 En variantes preferidas, el método inventivo puede implementarse como parte del procedimiento de fabricación de células fotovoltaicas y, por tanto, como una prueba en línea. Por ejemplo, en cuanto las células fotovoltaicas se montan con disipadores de calor correspondientes, el método podría usarse para seleccionar inmediatamente los conjuntos de célula fotovoltaica viables de los que tienen un acoplamiento de dado defectuoso. Por tanto, cuanto antes se implemente la prueba en los diversos procedimientos de montaje, es posible desechar antes los conjuntos de célula fotovoltaica deficientes. Esto es ventajoso para fabricantes de células fotovoltaicas que entregan células fotovoltaicas montadas a terceras partes tales como fabricantes de módulos. También es ventajoso para un fabricante y un montador que redirijan las células fotovoltaicas montadas a una línea de montaje de módulos. En cualquier caso, sólo se seleccionarían las células montadas con buena calidad de acoplamiento de dado para su uso adicional.

25 Se deduce de lo anterior que el método inventivo puede usarse no sólo para identificar conjuntos de célula fotovoltaica que tienen un acoplamiento de dado defectuoso, sino también para mejorar su procedimiento de fabricación en general, por ejemplo logrando una menor resistencia térmica de las células fotovoltaicas montadas, o mejorando el procedimiento para reducir variaciones en el procedimiento. Por tanto, en general, la presente invención permite un corto bucle de realimentación para optimizaciones de procedimiento. En particular, el método inventivo puede complementar otras pruebas eléctricas en línea relacionadas con aspectos funcionales adicionales de las células fotovoltaicas, por lo que se mejora generalmente la calidad de las células fotovoltaicas montadas.

30 También se deduce de lo anterior que cualquiera de las realizaciones del método inventivo y variantes del mismo puede integrarse en líneas de fabricación de células fotovoltaicas y/o en líneas de montaje de módulos fotovoltaicos. En particular, el método inventivo puede usarse para pruebas eléctricas en línea de la calidad del acoplamiento de dado de células fotovoltaicas montadas al final de la línea de fabricación, y/o en fases iniciales de una línea de montaje de módulos.

35 Por tanto, es posible examinar conjuntos de célula fotovoltaica con un acoplamiento de dado defectuoso y evitar usarlos en una fase posterior. Como consecuencia, se mejoran la calidad y la fiabilidad de las células fotovoltaicas montadas entregadas al final de la línea de fabricación en comparación con la técnica anterior, por lo que también se mejoran la calidad y la fiabilidad de los productos finales, tales como los módulos fotovoltaicos completamente montados.

40

REIVINDICACIONES

1. Método para someter a prueba el acoplamiento de dado de un conjunto de célula fotovoltaica que comprende las etapas de:
5 proporcionar un conjunto de célula fotovoltaica (100) que comprende al menos una célula fotovoltaica, en particular una célula fotovoltaica de concentración, unida a un disipador de calor;
inyectar una corriente en el conjunto de célula fotovoltaica (101);
medir la tensión a través de dicha al menos una célula fotovoltaica durante la inyección de corriente (102); y
determinar la caída de tensión relativa a lo largo de la duración de la inyección de corriente (103).
- 10 2. Método según la reivindicación 1, que comprende además la etapa de determinar si la caída de tensión relativa a lo largo de la duración de la inyección de corriente es mayor que un umbral predeterminado (104), en particular mayor del 2%.
3. Método según la reivindicación 2, que comprende además la etapa de desechar el conjunto de célula fotovoltaica sometido a prueba si la caída de tensión relativa determinada es mayor que el umbral predeterminado (105).
- 15 4. Método según la reivindicación 2 o 3, que comprende además la etapa de mantener el conjunto de célula fotovoltaica sometido a prueba si la caída de tensión relativa determinada es menor que o igual al umbral predeterminado (106).
- 20 5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el conjunto de célula fotovoltaica comprende además un diodo de derivación unido al disipador de calor y conectado eléctricamente a dicha al menos una célula fotovoltaica, y en el que el método comprende además una etapa de medir la tensión a través del diodo de derivación durante la inyección de corriente.
6. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además la etapa de determinar la resistencia eléctrica de dicha al menos una célula fotovoltaica o diodo de derivación durante la inyección de corriente.
- 25 7. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la medición de la tensión se lleva a cabo mediante un método de detección de 4 hilos o de 2 hilos, preferiblemente un método de detección de 4 hilos.
8. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la corriente inyectada es una corriente alta, preferiblemente en el intervalo de desde 0,5 A hasta 8 A.
- 30 9. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de inyectar una corriente (101) comprende inyectar un solo impulso de corriente.
10. Método según la reivindicación 9, en el que la duración del impulso de corriente está en el intervalo de desde 50 ms hasta 150 ms, preferiblemente desde 80 ms hasta 100 ms, en particular aproximadamente 90 ms.

35

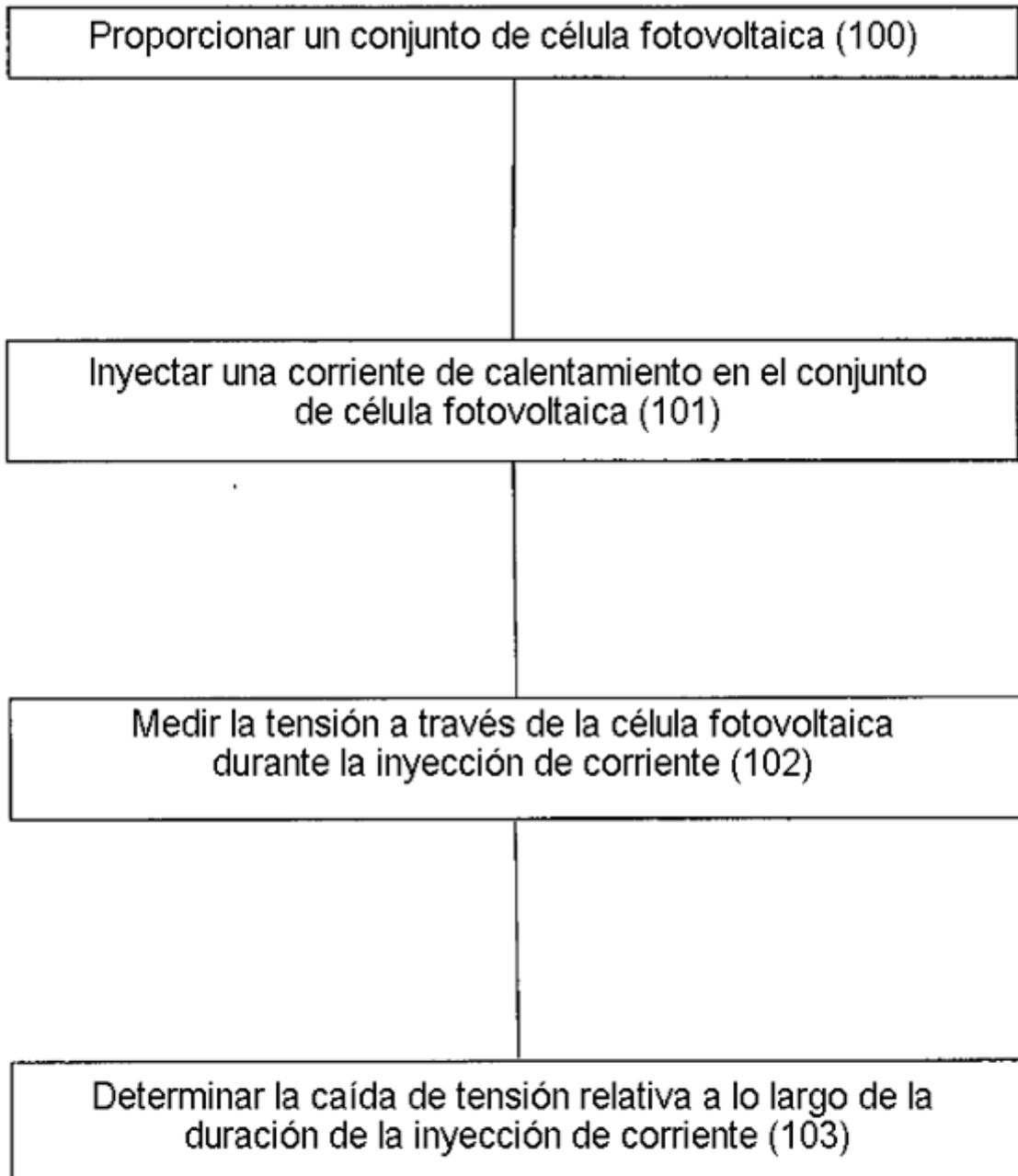


FIG. 1

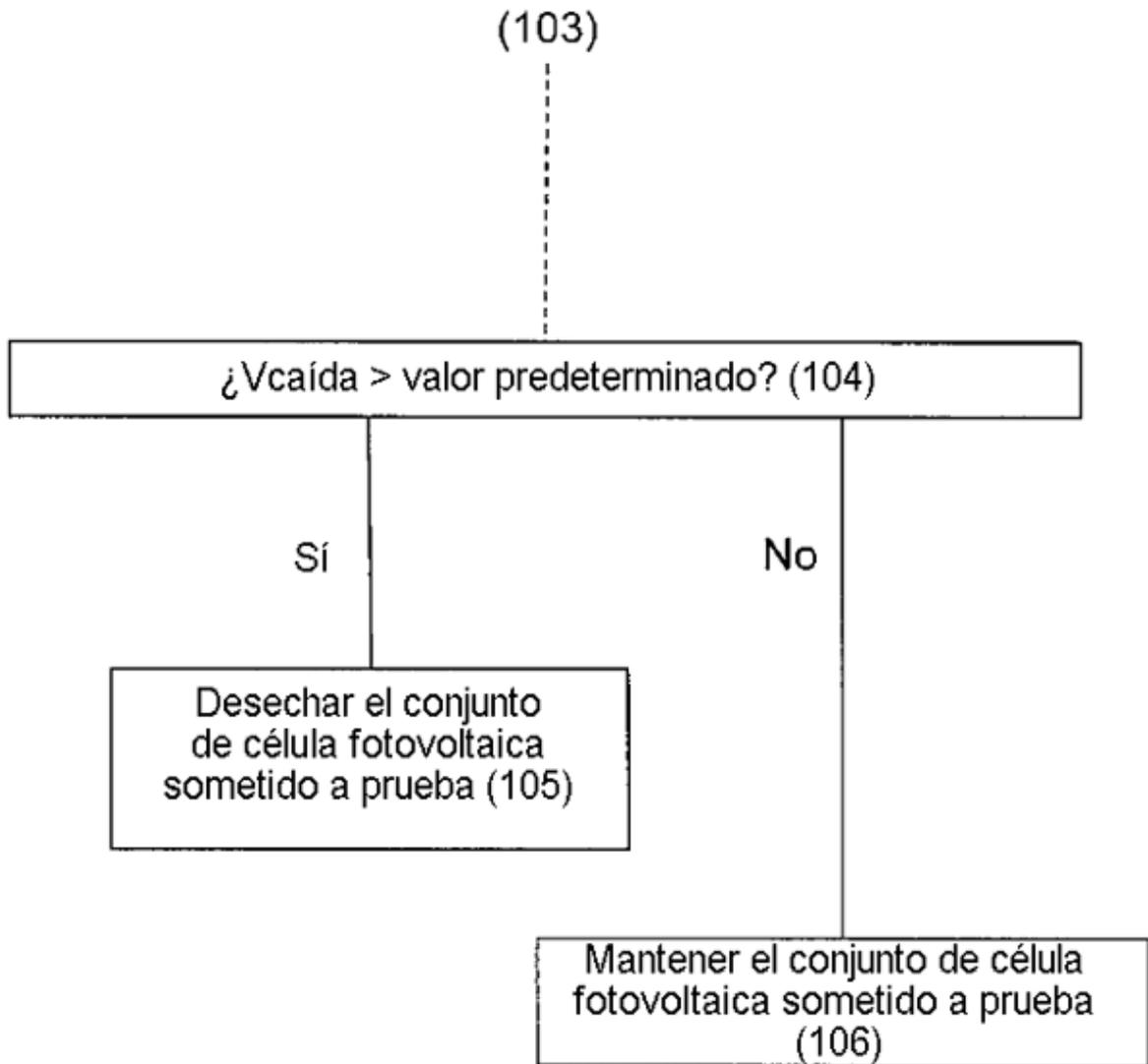


FIG. 2

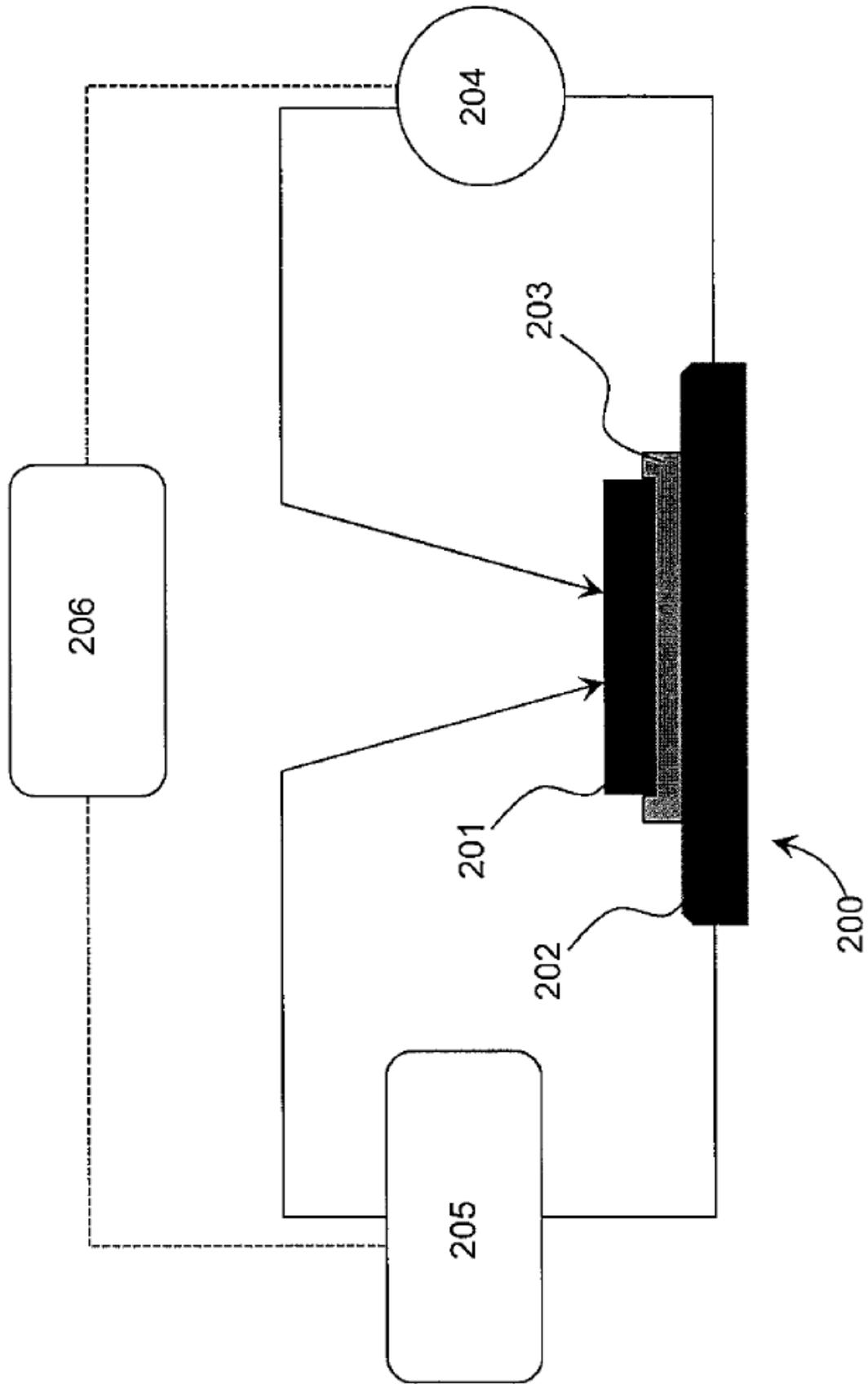


FIG. 3

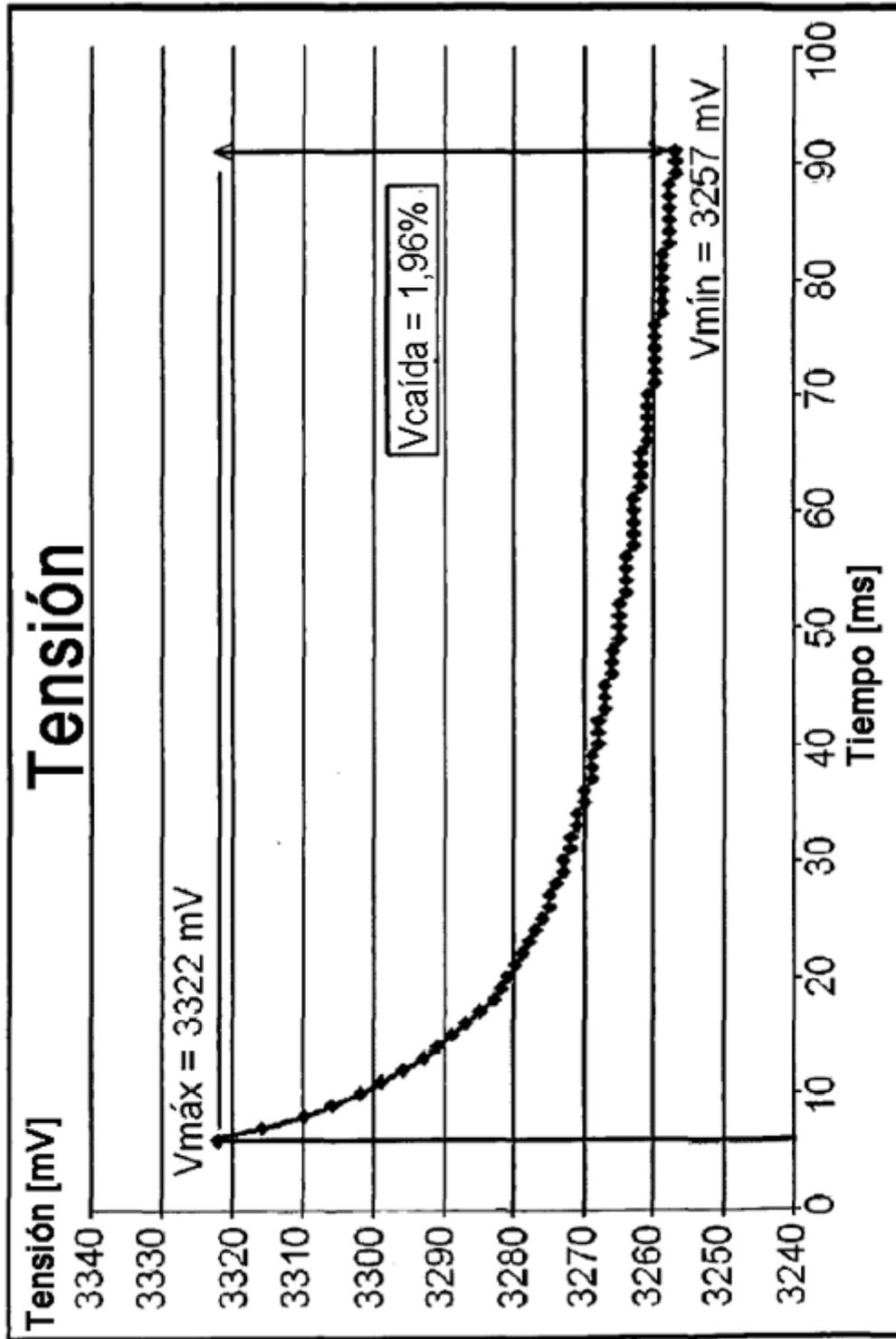


FIG. 4