

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 729 985**

51 Int. Cl.:

H01L 31/048 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.06.2010 E 17183715 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019 EP 3255681**

54 Título: **Solución a nivel de módulo a la polarización de células solares utilizando un encapsulante con curva de transmisión de UV abierta**

30 Prioridad:

27.08.2009 US 237588 P

18.06.2010 US 818959

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

07.11.2019

73 Titular/es:

SUNPOWER CORPORATION (100.0%)

77 Rio Robles

San Jose, CA 95134, US

72 Inventor/es:

BUNEA, GABRIELA y

BOITNOTT, NICHOLAS

74 Agente/Representante:

MILTENYI , Peter

ES 2 729 985 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

Solución a nivel de módulo a la polarización de células solares utilizando un encapsulante con curva de transmisión de UV abierta.

5

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

1. Campo de la invención

10 La presente invención se refiere, en general, a células solares, y más particularmente, pero no exclusivamente, a módulos de células solares.

2. Descripción de la técnica anterior.

15 Las células solares son dispositivos bien conocidos para convertir radiación solar en energía eléctrica. Pueden fabricarse en una oblea semiconductor utilizando tecnología de procesamiento de semiconductores. En términos generales, una célula solar puede fabricarse formando regiones de tipo p y regiones de tipo n en un sustrato de silicio. Cada región de tipo p y región de tipo n adyacentes forman una unión p-n. La radiación solar que incide sobre la célula solar crea electrones y orificios que migran a las regiones tipo p y tipo n, creando así diferenciales de
20 tensión a través de las uniones p-n. En una célula solar de unión trasera, las regiones de tipo p y n se forman en la parte trasera junto con los contactos metálicos que permiten conectar y alimentar un circuito o dispositivo eléctrico externo mediante la célula solar. En las patentes americanas nº 5.053.083 y 4.927.770 también se describen células solares de unión trasera. Los documentos WO 2005/006451 A1 y JP 2000-183385 A describen la encapsulación de células solares según el estado de la técnica. El documento WO 2010/106000 A1 publicada el 23 de Septiembre de
25 2010, y que reivindica prioridad del 18 de marzo de 2009, describe un módulo fotovoltaico que comprende películas de capa intermedia plastificadas que tienen una alta transmisión de radiación.

Pueden conectarse entre sí varias células solares para formar una matriz de células solares. La matriz de células
30 solares puede estar empaquetada en un módulo de células solares, que incluye capas de protección para permitir que la matriz de células solares resista las condiciones ambientales y utilizarse en el campo.

Si no se toman precauciones, las células solares pueden polarizarse en el campo, causando una reducción de la potencia de salida. En la patente americana nº 7.554.031 se describen soluciones a la polarización de células
35 solares. La presente descripción se refiere a una solución a nivel de módulo a la polarización de células solares utilizando un encapsulante mejorado.

DESCRIPCIÓN

40 El objeto de la presente invención se define en la reivindicación 1.

Las realizaciones preferidas de la presente invención se describen en las reivindicaciones 2 a 7.

Éstas y otras características de la presente invención serán fácilmente evidentes para los expertos en la materia al leer la totalidad de esta descripción, incluyendo los dibujos y las reivindicaciones adjuntas.

45

DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

La figura 1 muestra un módulo de células solares de acuerdo con una realización de la presente invención.

50 La figura 2 muestra una sección transversal del módulo de células solares de la figura 1 de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 3 muestra las curvas de transmisión de vidrio y EVA utilizados como encapsulante.

La figura 4 muestra la curva de transmisión de un encapsulante de un módulo de células solares de acuerdo con una realización de la presente invención.

55 La figura 5 muestra resultados de una prueba de exposición a UV acelerada realizada en módulos de células solares con un encapsulante de EVA y con un encapsulante que tiene una curva de transmisión de UV relativamente amplia.

La figura 6 muestra gráficos de datos de prueba de un experimento que compara módulos de células solares con encapsulante que tienen una curva de transmisión de UV amplia frente a un módulo de células solares con encapsulante de EVA.

60 La figura 7 muestra resultados de pruebas de campo que comparan la potencia de salida de módulos con un encapsulante de EVA con módulos realizados con un encapsulante que tiene una curva de transmisión de UV amplia y una resistencia eléctrica de alto volumen.

La figura 8 muestra la curva de transmisión de un encapsulante que puede emplearse en realizaciones de la presente invención.

Las figuras 9-11 muestran gráficos de datos de prueba que comparan módulos de células solares con un paquete de protección delantera de acuerdo con una realización de la presente invención y módulos de células solares con cubierta transparente de vidrio y encapsulante de EVA.

- 5 El uso de la misma referencia en dibujos diferentes indica componentes iguales o similares. Las figuras no están dibujadas a escala.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

10 En la presente descripción, se dan numerosos detalles específicos, tales como ejemplos de aparatos, componentes, y métodos, para proporcionar una comprensión completa de realizaciones de la invención. Los expertos en la materia reconocerán, sin embargo, que la invención puede llevarse a la práctica sin uno o más de los detalles específicos. En otros casos, los detalles bien conocidos no se muestran ni se describen para evitar complicar aspectos de la invención.

15 La figura 1 muestra un módulo de células solares 100 de acuerdo con una realización de la presente invención. El módulo de células solares 100 es un denominado "módulo de células solares terrestre" en el sentido de que se utiliza normalmente en aplicaciones fijas, tales como en techos o en estaciones generadoras de energía. En el ejemplo de la figura 1, el módulo de células solares 100 incluye un conjunto de células solares interconectadas 101. En la figura 1 sólo se han indicado algunas de las células solares 101 por claridad de ilustración. Las células solares 20 101 pueden comprender células solares de unión trasera, que son especialmente vulnerables a la polarización. En la figura 1 pueden apreciarse los lados delanteros de las células solares 101, que quedan frente al sol durante el funcionamiento normal. Las partes traseras de las células solares 101 son opuestas a las caras delanteras. Un bastidor 102 proporciona soporte mecánico para el conjunto de células solares.

25 La parte delantera del módulo de células solares 100, que está marcada como 103, se encuentra en el mismo lado que los lados delanteros de las células solares 101 y es visible en la figura 1. La parte trasera 104 del módulo de células solares 100 se encuentra por debajo de la parte delantera 103. Tal como será más claro más adelante, la parte delantera 103 incluye un encapsulante ópticamente transparente.

30 La figura 2 muestra una sección transversal del módulo de células solares 100 de acuerdo con una realización de la presente invención. El módulo de células solares 100 incluye una cubierta transparente 201, un encapsulante 203, las células solares 101, y una lámina trasera 205. La cubierta transparente 201, que es la capa superior en la parte delantera 103, protege las células solares 101 del medio ambiente. El módulo de células solares 100 se instala de 35 manera que la cubierta transparente 201 queda frente al sol durante el funcionamiento normal. Los lados delanteros de las células solares 101 quedan orientados hacia el sol a través de la cubierta transparente 201. En el ejemplo de la figura 2, la cubierta transparente 201 comprende vidrio (de 3,2 mm de grosor, por ejemplo).

40 Las partes traseras de las células solares 101 quedan orientadas hacia la lámina trasera 205, que está unida al encapsulante 203. En una realización, la lámina trasera 205 comprende Tedlar/Poliéster/EVA ("TPE") de la compañía Madico. En el TPE, el Tedlar es la capa más externa que protege contra el medio ambiente, el poliéster proporciona aislamiento eléctrico adicional, y el EVA es una capa delgada no reticulada que promueve la adhesión al encapsulante 203. Alternativas al TPE para su uso como lámina trasera 205 incluyen Tedlar/Poliéster/Tedlar ("TPT"), por ejemplo. También pueden utilizarse otras láminas traseras sin desmerecer la presente invención.

45 El encapsulante 203 se cura y une las células solares 101, la cubierta transparente 201, y la lámina trasera 205 para formar un paquete protector. Tal como será más claro a continuación, en una realización, el encapsulante 203 presenta una curva de transmisión de UV (ultravioleta) optimizada para permitir que pase más luz UV. En una 50 realización, el encapsulante 203 permite que pase más luz UV en comparación con encapsulantes convencionales.

Los módulos de células solares convencionales utilizan vidrio como cubierta transparente y polietilenvinilacetato ("EVA") como encapsulante. La figura 3 muestra las curvas de transmisión de vidrio y EVA. El vidrio bloquea la luz con una longitud de onda de aproximadamente 275 nm y menor, mientras que el EVA bloquea la luz con una longitud de onda de aproximadamente 350 nm y menor. Para referencia, la luz UV tiene una longitud de onda de 55 entre 10 nm y 400 nm. Debido a que se cree que los rayos UV degradan las células solares, los módulos de células solares se diseñan generalmente para que presenten una curva de transmisión de UV relativamente estrecha para limitar la exposición de las células solares a la radiación UV. Sin embargo, el inventor cree que la curva de transmisión de UV puede abrirse sin una degradación sustancial de las células solares. Tal como pueden apreciar los expertos en la materia, "bloquear" no significa necesariamente un bloqueo completo. Tal como se utiliza en la presente descripción, "bloquear" significa una reducción sustancial, incluyendo una transmisión menor o igual a un 60 1%.

La figura 5 muestra los resultados de una prueba de exposición a la radiación UV acelerada realizada en módulos de células solares con un encapsulante EVA (gráficos 501 y 502) y con un encapsulante que presenta una curva de transmisión de UV amplia (gráficos 503 y 504). Las células solares de los módulos son células solares de unión trasera de Sunpower Corporation. La figura 5 muestra los datos de prueba de eficiencia resultante ("Ef.") en función del tiempo. Cada día de la prueba simula aproximadamente 1/3 de un año de uso en el campo; la prueba simula aproximadamente el equivalente a 11 años de exposición a rayos UV en el campo. Los gráficos 501 y 502 son datos de prueba de módulos de células solares con encapsulante EVA, mientras que los gráficos 503 y 504 son datos de prueba de módulos de células solares con un encapsulante que presenta una curva de transmisión de UV amplia. Tal como puede apreciarse en los datos de eficiencia de la figura 5, el uso de encapsulante con una curva de transmisión de UV amplia no tiene un impacto significativo en la estabilidad de UV de los módulos de células solares.

Con una curva de transmisión de UV relativamente más amplia, el uso del encapsulante 203 en el módulo de células solares 100 ayuda a evitar que las células solares 101 se polaricen. La figura 6 muestra gráficas de datos de prueba de un experimento que compara módulos de células solares con encapsulante que presenta una curva de transmisión de UV amplia (gráficos 601 y 602) frente a un módulo de células solares con encapsulante EVA (gráfico 603). El experimento se realizó a 85 grados centígrados con una polarización de 1 kV y muestra una variación de la eficiencia relativa nominal en función del tiempo. La pérdida de la eficiencia relativa nominal se debe a la polarización. Tal como puede apreciarse en los gráficos 601 y 602, los módulos de células solares que tienen un encapsulante con una curva de transmisión de UV relativamente amplia pueden recuperarse de la polarización después de menos de 4 horas de exposición solar. El gráfico muestra que los módulos de células solares con encapsulante que ha aumentado la transmisión de UV presentan una tasa de recuperación de la polarización más rápida durante la exposición al sol que el encapsulante sin una mayor transmisión de UV (véase 621).

La polarización de las células solares puede evitarse todavía más aumentando la resistencia volumétrica específica del encapsulante 203 a por lo menos 5×10^{13} Ohm-cm (medido según la norma ASTM D257 para medir la resistividad) en el rango de temperaturas de funcionamiento normal de -40°C a 90°C . El aumento de la resistencia específica del volumen junto con la amplia curva de transmisión de UV permite ventajosamente una solución a nivel de módulo a la polarización de células solares.

Preferiblemente, el encapsulante 203 presenta una curva de transmisión que permite que la luz tenga una longitud de onda inferior a 350 nm. La figura 4 muestra la curva de transmisión del encapsulante 203 de acuerdo con una realización de la presente invención. La figura 4 también muestra la curva de transmisión del vidrio utilizado como cubierta transparente 201 y EVA. En el ejemplo de la figura 4, el encapsulante 203 presenta una curva de transmisión de UV que comienza a 280 nm. Es decir, el encapsulante 203 de la figura 4 permite que la luz tenga una longitud de onda de 280 nm y mayor para atravesarlo; la luz que tiene longitudes de onda menores es bloqueada. Así, el encapsulante 203 permite que pase más luz UV en comparación con el EVA.

En una realización, el encapsulante 203 comprende un encapsulante que presenta una curva de transmisión de UV que permite que atraviese la luz UV que tiene una longitud de onda menor de 350 nm y que tenga una resistencia volumétrica específica superior a 5×10^{13} Ohm-cm en el rango de temperaturas de -40°C a 90°C medido utilizando la norma ASTM D257 para medir la resistividad.

La figura 7 muestra resultados de pruebas que comparan módulos de células solares con un encapsulante de EVA (muestras # 1, # 2 y # 3) con módulos de células solares con un encapsulante que tiene una curva de transmisión de UV amplia y una resistencia volumétrica específica elevada (muestra # 4, # 5, y # 6). Todos los módulos de células solares de la prueba comprenden células solares de unión trasera de Sunpower Corporation. El eje vertical representa la potencia de salida normalizada de los módulos de células solares. Se realizaron tres mediciones para cada muestra de módulo de células solares. Las gráficas de izquierda a derecha representan medidas tomadas en días diferentes, siendo la gráfica de la izquierda en el primer día de la prueba, siendo la gráfica del medio en el cuarto día, y siendo la gráfica de la derecha en el día trece. Hay que tener en cuenta que las potencias de las muestras # 1, # 2 y # 3 se han visto degradadas en el decimotercer día en comparación con las de las muestras # 4, # 5 y # 6, evidenciando el efecto ventajoso de un encapsulante con una curva de transmisión de UV amplia y una resistencia volumétrica específica elevada.

El encapsulante 203 optimizado para UV permite prevenir la polarización sin tener que realizar cambios en las células solares 101 o modificar la configuración eléctrica, tal como la conexión a tierra, del módulo de células solares 100. De este modo, la solución a nivel de módulo tal como se describe aquí puede implementarse fácilmente en módulos de células solares actualmente disponibles o de nuevo diseño.

A la luz de la presente descripción, un experto en la materia apreciará que la cubierta superior transparente y el encapsulante en la parte delantera del módulo de células solares pueden tratarse colectivamente como un paquete de protección frontal que tiene una curva de transmisión de UV y una resistencia volumétrica específica combinadas.

5 Por ejemplo, la cubierta superior transparente 201 y el encapsulante 203 en el lado delantero de las células solares 101, juntos, pueden tener una curva de transmisión de UV combinada que se muestra en la figura 8 y una resistencia volumétrica específica de por lo menos 5×10^{13} Ohm-cm medida utilizando la norma ASTM D257 para medir la resistividad. En el ejemplo de la figura 8, el encapsulante 203 en el lado delantero de las células solares 101 tiene un grosor de aproximadamente $450 \mu\text{m}$, más o menos $50 \mu\text{m}$. En el ejemplo de la figura 8, la cubierta superior transparente 201 y el encapsulante 203 en el lado delantero de las células solares 101 tiene una banda de detención a menos de 350 nm de longitud de onda (1% de transmisión).

10 Las figuras 9-11 muestran gráficos de datos de prueba que comparan módulos de células solares con un paquete de protección frontal de acuerdo con una realización de la presente invención (marcado como "mejorado") y módulos de células solares con cubierta transparente de vidrio y encapsulante EVA (marcado como "control"). Las células solares de los módulos de células solares mejorados y de control son células solares de unión trasera de Sunpower Corporation. En las figuras 9-11, el paquete de protección superior de los módulos de células solares mejorados tiene una curva de transmisión de UV que permite que la luz tenga una longitud de onda menor de 350 nm , presente una resistencia volumétrica específica superior a 5×10^{13} Ohm-cm (medida según la norma ASTM D257 para medir la resistividad), y un encapsulante en el lado delantero de las células solares que tenga un grosor de aproximadamente $450 \mu\text{m}$ en el lado delantero, más o menos $50 \mu\text{m}$.

20 En la figura 9, el eje vertical representa un cambio normalizado de transmisión ponderada, y el eje horizontal representa años equivalentes de exposición a UV. La transmisión ponderada se define como la transmisión encapsulante neta ponderada en cada longitud de onda por el espectro AM 1,5G solar y la eficiencia cuántica de las células solares. Los gráficos "X" son para los módulos de células solares mejorados y los gráficos de diamante son para los módulos de células solares de control. Los módulos de células solares mejorados muestran una caída de la transmisión menos significativa en comparación con los módulos de células solares de control.

25 La figura 10 muestra lo rápido que los módulos de células solares mejorados recuperan su eficiencia de un estado degradado o polarizado en comparación con los módulos de células solares de control. En la figura 10, el eje vertical representa el cambio de eficiencia relativa y el eje horizontal representa el tiempo en horas. La trama continua es para los módulos de células solares mejorados y la trama de puntos es para los módulos de células solares de control. Hay que tener en cuenta que los módulos de células solares mejorados se recuperan en una hora, mientras que los módulos de células solares de control permanecen en estado polarizado incluso después de siete horas.

35 La figura 11 muestra la producción de energía de los módulos de células solares mejorados y los módulos de células solares de control en el campo en un período de doce semanas. En la figura 11, el eje vertical representa la producción de energía semanal (en kWh) y el eje horizontal representa semanas desde la instalación. Las barras oscuras son para los módulos de células solares de control y las barras claras son para los módulos de células solares mejorados. Tal como se evidencia en la figura 11, en términos de producción de energía, los módulos de células solares mejorados tienen un rendimiento equivalente o mejor en comparación con los módulos de células solares de control. Las soluciones a nivel de módulo presentadas aquí previenen o minimizan así los efectos de la polarización sin afectar negativamente la producción de energía.

40 Aunque se han dado unas realizaciones específicas de la presente invención, debe entenderse que estas realizaciones tienen fines ilustrativos y no limitativos. Para los expertos en la materia serán claras muchas realizaciones adicionales al leer esta descripción.

45

REIVINDICACIONES

1. Módulo de células solares que comprende:

5 una pluralidad de células solares interconectadas (101), comprendiendo cada una de las células solares células
solares de unión trasera que tienen un lado delantero orientado hacia el sol durante el funcionamiento normal y un
lado trasero opuesto al lado delantero;
una cubierta transparente (201) sobre los lados delanteros de las células solares;
una lámina trasera (205) en los lados traseros de las células solares; y
10 caracterizado por el hecho de que
un encapsulante (203) que une de manera protectora las células solares y la lámina trasera (205), presentando
colectivamente el encapsulante (203) y la cubierta transparente (201) una curva de transmisión de UV con una
banda de detención a menos de 350 nm de longitud de onda y una resistencia volumétrica específica de por lo
menos $5 \times 10^{13} \Omega \text{cm}$,
15 el encapsulante (203) tiene la curva de transmisión de UV que comienza a 280 nm.

2. Módulo de células solares de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la curva de transmisión de UV colectiva
del encapsulante (203) y la cubierta transparente (201) permite que la luz UV tenga una longitud de onda de 350 nm
y menos para que atraviese.
20

3. Módulo de células solares de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la cubierta transparente (201) comprende
vidrio.

4. Módulo de células solares de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la lámina trasera (205) comprende capas
de TPE: Tedlar/Poliéster/EVA.
25

5. Módulo de células solares de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el encapsulante (203) tiene una
resistencia volumétrica específica de por lo menos $5 \times 10^{13} \Omega \text{cm}$ en el rango de temperatura de entre -40°C y 90°C .

30 6. Módulo de células solares de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la cubierta transparente (201) es la capa
superior en el lado delantero.

7. Módulo de células solares de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el encapsulante (203) en el lado delantero
de las células solares (101) tiene un grosor en el intervalo entre $400 \mu\text{m}$ y $500 \mu\text{m}$.
35

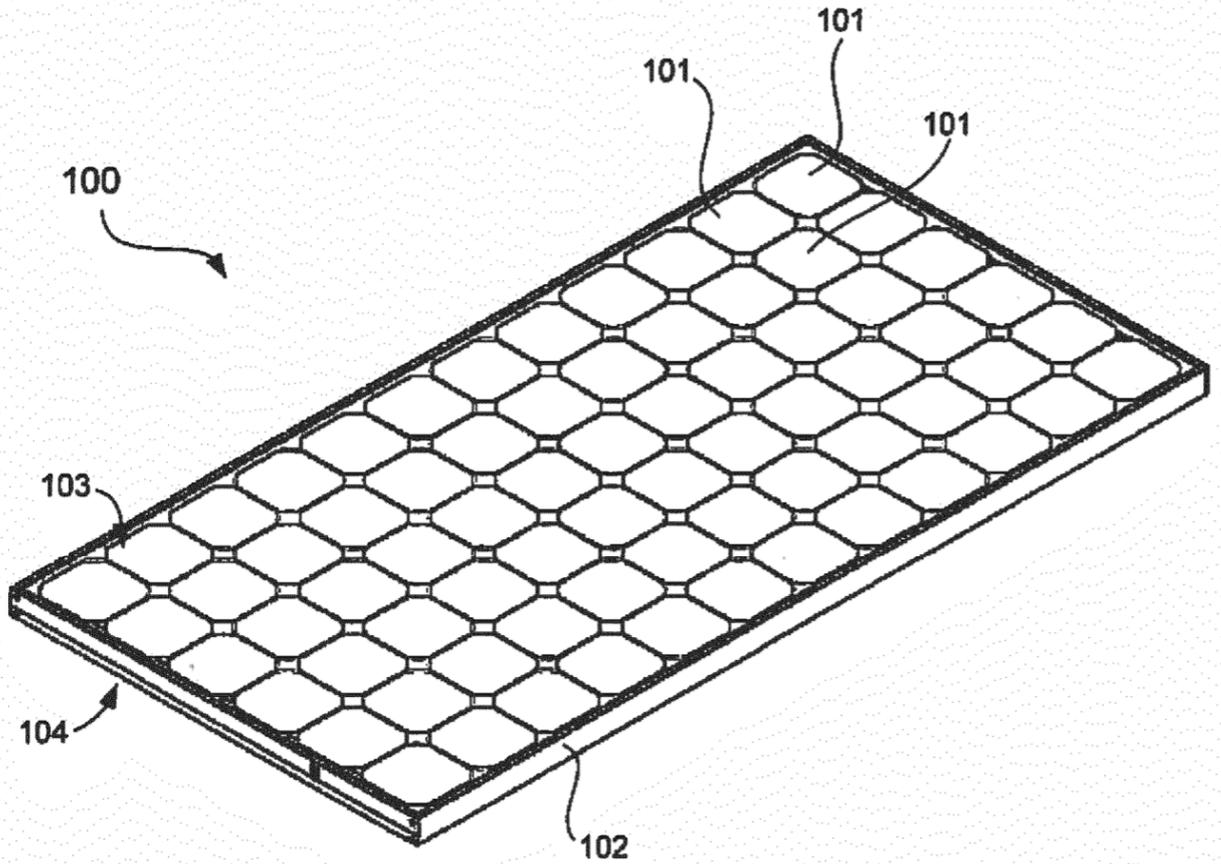


FIG. 1

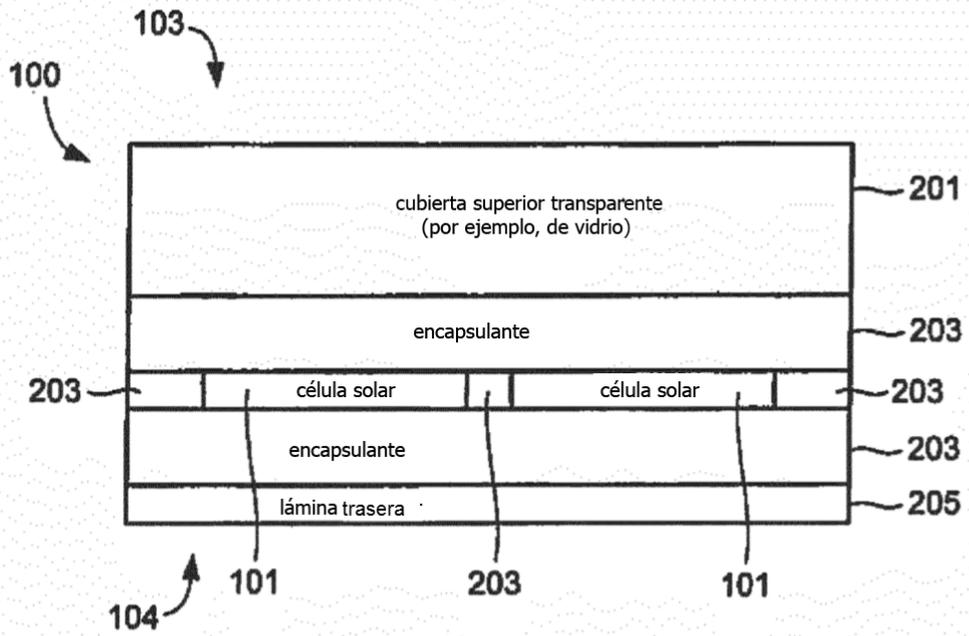


FIG. 2

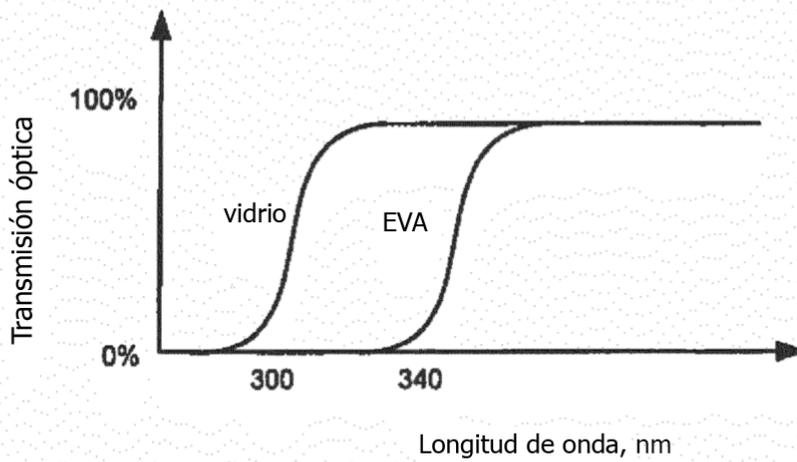


FIG. 3

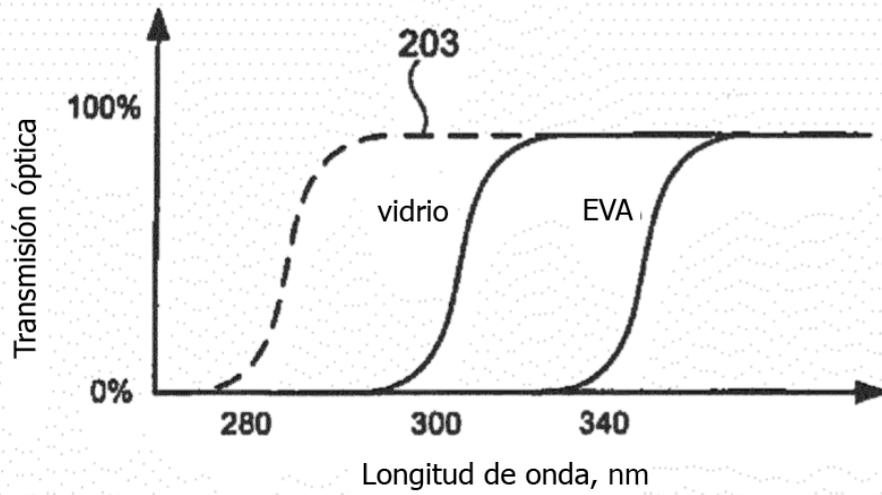


FIG. 4

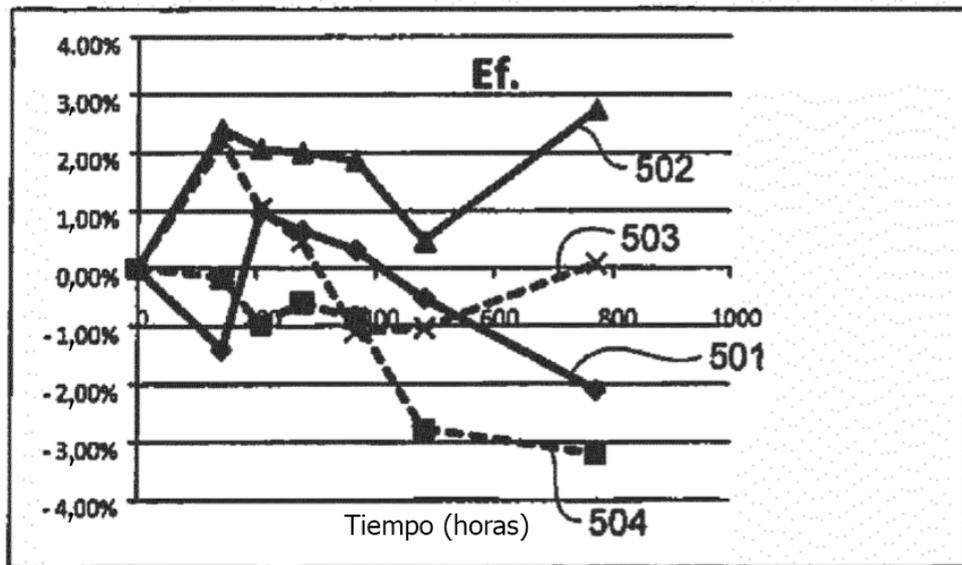


FIG. 5

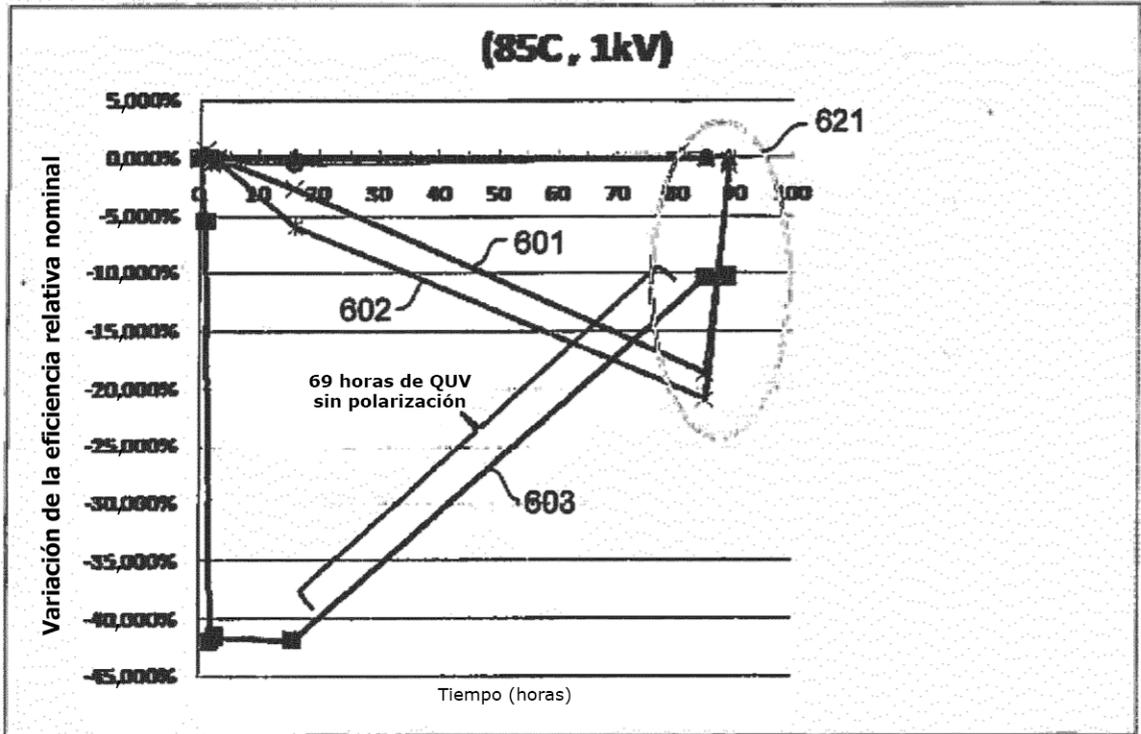


FIG. 6

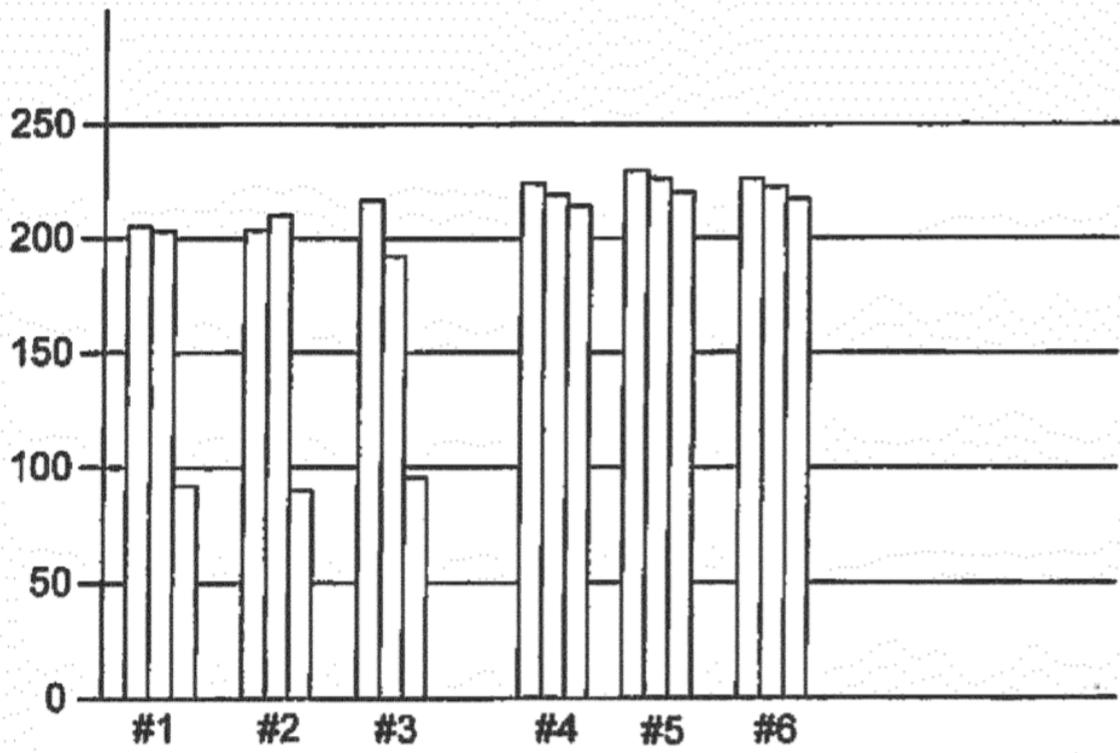


FIG. 7

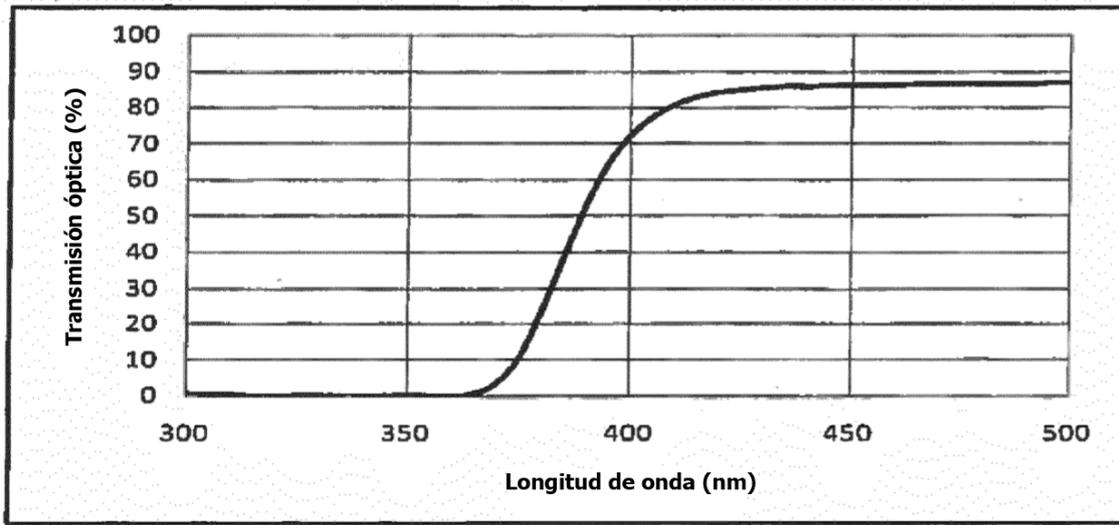


FIG. 8

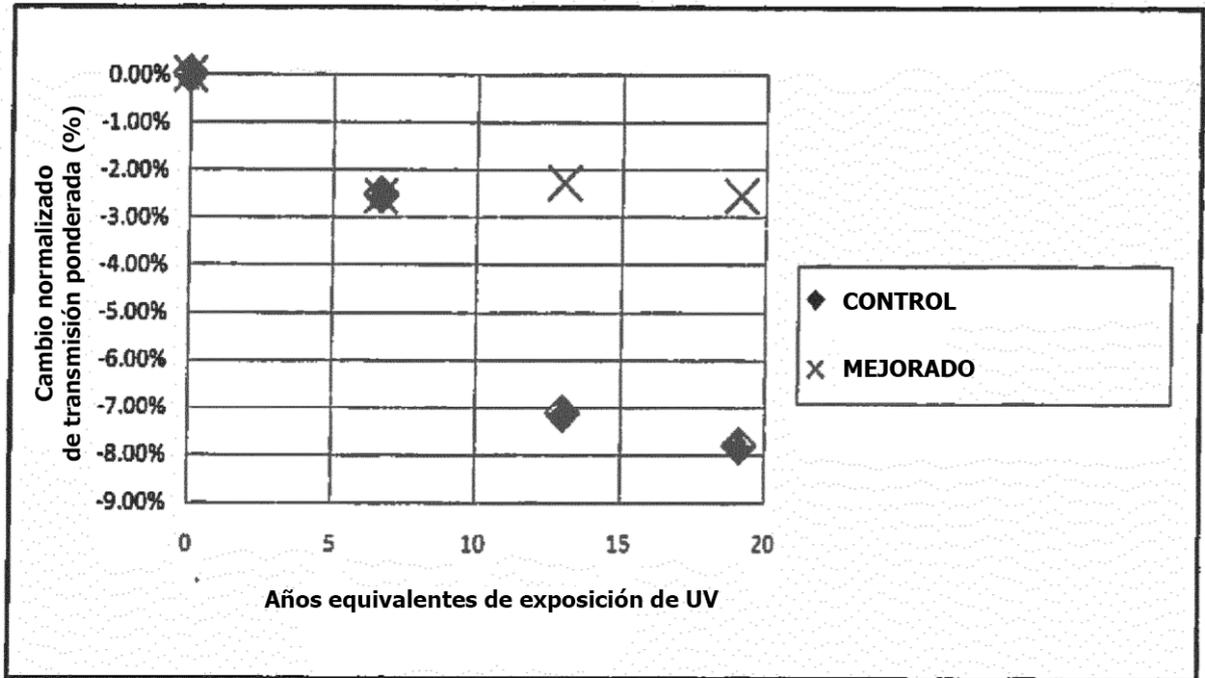


FIG. 9

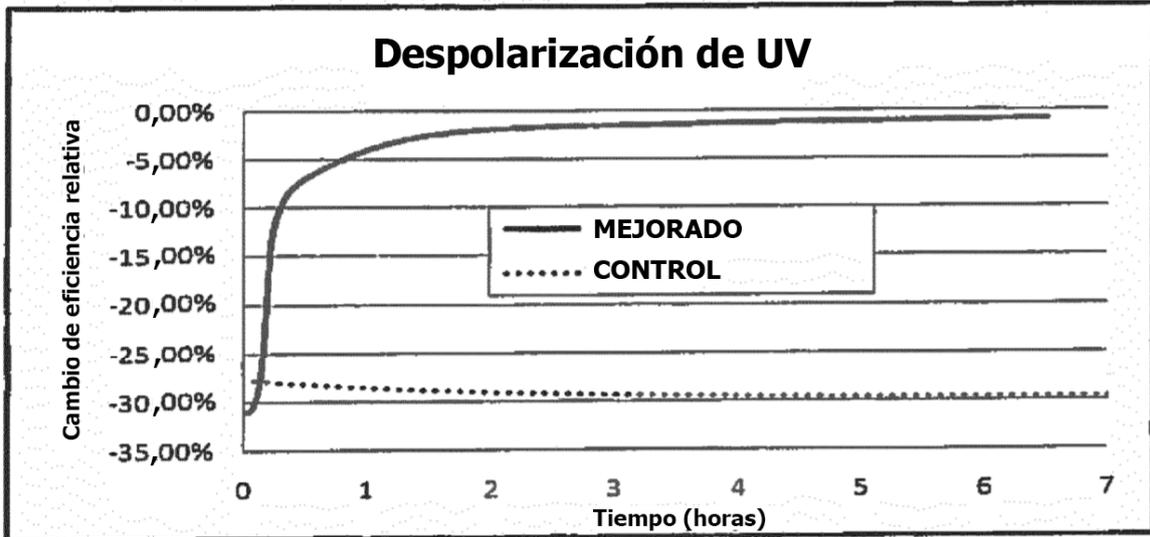


FIG. 10

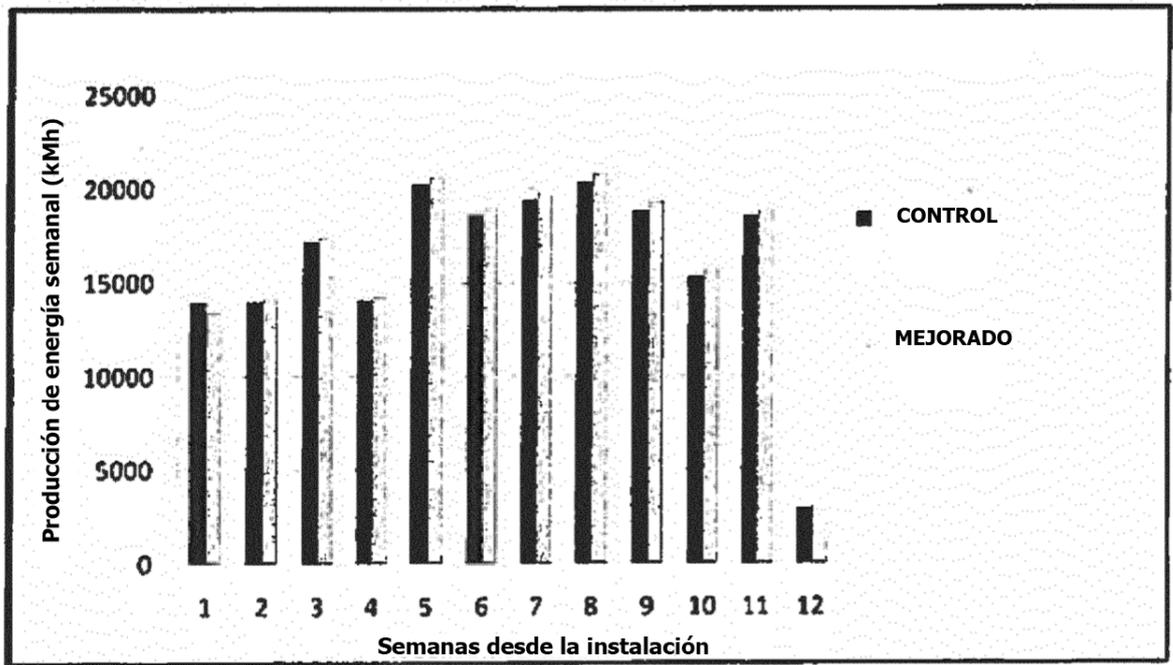


FIG. 11