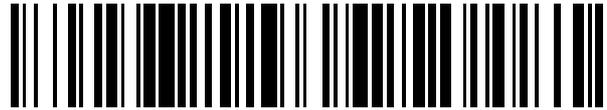


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 498 734**

51 Int. Cl.:

H01L 31/048 (2014.01)

H01L 31/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.08.2011 E 11176820 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.06.2014 EP 2472599**

54 Título: **Módulos fotovoltaicos en vidrio estructural y de seguridad para techumbres de invernaderos agrícolas**

30 Prioridad:

30.12.2010 IT MI20102461

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

25.09.2014

73 Titular/es:

COSTRUIRE INSIEME S.R.L. (100.0%)

**Via Cadoma 1/A
22100 Como (CO), IT**

72 Inventor/es:

LEVRINI, SERGIO

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 498 734 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

Módulos fotovoltaicos en vidrio estructural y de seguridad para techumbres de invernaderos agrícolas

La presente invención se refiere a un panel fotovoltaico hecho de vidrio de seguridad estructural para cubrir invernaderos para cultivos agrícolas.

5 En décadas recientes, tanto después de la crisis de la energía debida a la escasez de petróleo por razones políticas como por la lucha contra la polución del aire, se han llevado a cabo extensas investigaciones en el campo de las energías renovables. Entre éstas, la energía solar está siendo cada vez más importante debido a su amplia disponibilidad y a la ausencia de emisiones dañinas. En particular, los paneles solares fotovoltaicos están experimentando un periodo de fuerte crecimiento después del progreso continuado de las células fotovoltaicas, cada
10 vez más eficientes y baratas.

Dichos paneles fotovoltaicos se obtienen acoplando dos placas de vidrio y disponiendo células fotovoltaicas en ellas. Se obtienen así paneles que pueden instalarse en los tejados de edificios y también para la construcción de cobertizos y áticos. El documento US2010/0065116 describe un panel solar.

15 El acoplamiento de las placas se realiza utilizando láminas de polímeros termoplásticos tales como, por ejemplo, etileno-acetato de vinilo (EVA), polivinilbutiral (PVB), Sentry Glass® y Sentry Glass Plus® de Dupont™ (SG®, SGP®).

20 Si deben utilizarse dichos paneles fotovoltaicos para cubrir invernaderos, las células fotovoltaicas pueden espaciarse adecuadamente una de otra a fin de dejar que pase la cantidad de luz necesaria para el cultivo. Los ensayos han mostrado que con las células que ocupan el 40% de la superficie de vidrio, la cantidad de luz que pasa es suficiente para asegurar una buena calidad de los productos cultivados, pero es necesario permitir el paso de rayos ultravioletas a fin de asegurar un crecimiento natural de las plantas, tal como se requiere por los botánicos.

Por tanto, según el presente conocimiento, no podrían utilizarse ni el EVA ni el PVB, ya que dichos polímeros deben mezclarse necesariamente con estabilizadores de UV para impedir la degradación, sirviendo también dichos estabilizadores como filtros que impiden el paso de rayos ultravioleta.

25 Una manera de resolver el problema de bloquear el paso de rayos UV a través de los paneles solares es por el uso de lámparas especiales que emiten rayos ultravioleta en un invernadero cubierto con paneles fotovoltaicos que no permiten el paso de los rayos ultravioleta. Sin embargo, esto no es una solución particularmente satisfactoria.

30 Se cita una realización, el invernadero tropical del Jardín Botánico de Berlín. En este caso, fue necesario recurrir al uso de Sentry Glass Plus® de Dupont™, ya que, al ser estable a la luz ultravioleta, no requiere un estabilizador de UV para protegerlo. El Sentry Glass Plus® de Dupont garantiza, entre otras cosas, una resistencia mecánica del panel significativamente mayor que la de otros polímeros.

La solicitante ha observado que, debido a la extrema fragilidad de las células fotovoltaicas, los paneles fotovoltaicos son muy difíciles de hacer utilizando el Sentry Glass Plus®, que, debido a su módulo elástico demasiado alto, provocaría la rotura de las células durante el paso de acoplar los vidrios.

35 La solicitud de patente MI2007A001576, a nombre de la misma solicitante, describe el procedimiento de fabricación de un panel fotovoltaico que se ha de utilizar si se requiere una alta resistencia mecánica del panel combinada con un peso limitado. Dicho panel se hace acoplando dos láminas de vidrio con Sentry Glass Plus® y una tercera lámina de vidrio con PVB o EVA, insertándose las células fotovoltaicas entre la tercera placa y las dos primeras. De esta manera, las dos primeras láminas, acopladas con Sentry Glass Plus®, imparten la resistencia mecánica necesaria al
40 panel, mientras que la tercera, acoplada con PVB o EVA, permite la incorporación de las células fotovoltaicas. Sin embargo, sigue existiendo el serio inconveniente de impedir el paso de rayos ultravioleta debido al uso de PVB o EVA.

45 Es posible hacer paneles fotovoltaicos utilizando el Sentry Glass®, que no requiere el uso de aditivos anti-UV, superando así el problema de la opacidad de los rayos ultravioleta. Sin embargo, tal producto es demasiado caro tanto por el coste particularmente alto del polímero como por el coste del procedimiento de producción.

La investigación se dirige actualmente a utilizar pinturas fotovoltaicas, es decir, revestimientos capaces de producir energía eléctrica. En este caso, cubriendo los vidrios en un 40% de la superficie se obtienen paneles que tienen tanto el nivel de oscurecimiento requerido como la transparencia requerida de los rayos ultravioleta. Sin embargo, en la actualidad el desarrollo de esta tecnología está todavía en la etapa preliminar.

50 La presente invención se dirige a superar al menos parcialmente los inconvenientes descritos por un panel fotovoltaico según la reivindicación 1, obtenido incorporando una pluralidad de células fotovoltaicas entre dos láminas de vidrio acopladas con polímeros termoplásticos no adicionados con sustancias estabilizadoras contra los rayos ultravioleta, estando contenida la degradación de dichos polímeros dentro de valores que permiten altos

rendimientos de las células, así como una alta transparencia a los rayos ultravioleta, durante un periodo de tiempo suficiente para amortizar la inversión.

5 La investigación llevada a cabo por la solicitante ha mostrado sorprendentemente que el uso de dichos polímeros termoplásticos sin la adición de estabilizadores contra los rayos ultravioleta permite la obtención de paneles fotovoltaicos adecuados para cubrir invernaderos, en donde la degradación debida a rayos ultravioleta está contenida dentro de límites bastante estrechos que permiten el uso de dichos paneles durante muchos años, con una pérdida limitada de eficiencia (10÷15%).

10 La invención se refiere a un panel fotovoltaico para cubrir invernaderos para cultivos agrícolas, del tipo que comprende una pluralidad de células fotovoltaicas insertadas entre dos láminas de vidrio acopladas una a otra por un material polimérico transparente, estando dispuestas dichas células de tal manera que cubran un porcentaje de la superficie de vidrio adecuado para dejar paso a la cantidad de luz necesaria para el cultivo, caracterizado por que dicho material polimérico es un polímero termoplástico libre de sustancias estabilizadoras contra los rayos ultravioleta. El polímero que ha mostrado el mejor comportamiento es el PVB, ya que es más resistente a las altas temperaturas que se desarrollan debido al calentamiento de las células por efecto tanto de la radiación solar como del paso de la corriente eléctrica.

15 Por polímero libre de estabilizadores contra rayos ultravioleta se entiende un polímero no adicionado con dichos estabilizadores. Por sustancias estabilizadoras contra los rayos ultravioleta se entienden composiciones que comprenden aditivos inorgánicos u orgánicos, bien conocidos por los expertos en la materia, que imparten resistencia a la degradación del polímero provocada por la radiación ultravioleta.

20 Preferiblemente, las células fotovoltaicas son células basadas en silicio cristalino, multicristalino o policristalino.

Preferiblemente, las células fotovoltaicas sólo cubren una porción de la superficie de las láminas de vidrio. En una realización, las células fotovoltaicas cubren alrededor del 40% de la superficie de las láminas de vidrio.

Se describe aquí un método de fabricación de dichos paneles fotovoltaicos, comprendiendo dicho método los siguientes pasos:

- 25
- preparar los vidrios a ensamblar;
 - ensamblar los vidrios mediante dichas láminas de material polimérico transparente no adicionado con sustancias estabilizadoras contra los rayos ultravioleta, habiendo insertado las células fotovoltaicas entre dichas dos láminas de material polimérico transparente;
 - llevar a cabo el proceso de laminación, sobre el panel ensamblado, para obtener la adhesión entre los
- 30

El proceso de laminación para fabricar paneles fotovoltaicos que constan de dos vidrios prevé el acoplamiento de dos láminas de vidrio por dos láminas de polímero de módulo bajo (PVB o EVA), habiendo insertado las células fotovoltaicas entre estas láminas últimamente mencionadas, y la inserción del conjunto en una bolsa de vacío a fin de eliminar el aire que permanezca atrapado entre el vidrio y las láminas de polímero. Después de esto, se inserta el conjunto en un autoclave, en donde se hace que se eleve la temperatura hasta que el polímero alcance las condiciones por las que se obtiene la unión adhesiva entre el polímero mismo, las células fotovoltaicas y los vidrios.

35

En este punto, se hacen subir la temperatura y la presión dentro del autoclave. El efecto combinado de la presión aplicada sobre las superficies de la lámina estratificada, combinada con la depresión aplicada a la bolsa de vacío, provoca el escape total del aire atrapado en el panel.

40 Después de la permanencia de los valores de temperatura, presión y depresión durante el periodo requerido para obtener el pegado entre el vidrio y el polímero, se hace descender gradualmente la temperatura según una rampa de descenso adecuada, mientras que la presión y la depresión se mantienen realmente hasta el final del ciclo de curado.

45 Por tanto, el uso de paneles fotovoltaicos según la invención permite obtener invernaderos energéticamente autosuficientes, puesto que las células fotovoltaicas producen la energía eléctrica requerida para el funcionamiento de los diversos sistemas presentes en el invernadero y no hay ningún consumo de energía para la producción de rayos ultravioleta con lámparas especiales.

La invención se describirá ahora, a modo de ejemplo no limitativo, según una realización preferida y con referencia a las figuras anexas, en las que:

- 50
- la figura 1 muestra la secuencia de las diversas capas que conforman el panel fotovoltaicos según la invención;

- las figuras 2(a, b) muestran el equipo para fabricar el panel fotovoltaico;
- la figura 3 muestra un gráfico que representa la transmitancia T (%) basada en la longitud de onda (nm) de la luz incidente, medida en un panel fotovoltaico según una realización de la presente invención;
- 5 • la figura 4a muestra un gráfico que representa el espectro de absorción de pigmentos cromóforos de clorofila de tipo a y tipo b y de carotenoides, mientras que la figura 4b muestra la velocidad de la reacción de fotosíntesis sobre la base de la longitud de onda de la luz irradiada; y
- la figura 5 muestra un gráfico que representa la característica I-V medida en un panel fotovoltaicos según una realización de la presente invención al comienzo de la exposición a la radiación de un simulador de luz solar (curva A), en comparación con la característica I-V después de 2000 horas de radiación (curva B).

10 Con referencia a la figura 1, el número de referencia 1 muestra un panel fotovoltaico según una realización de la invención.

Según una realización preferida, dicho panel fotovoltaico 1 comprende un primer vidrio 2 y un segundo vidrio 3 conectados uno a otro por una primera lámina 4 y una segunda lámina 5 de un polímero termoplástico con bajo módulo elástico, no adicionado con sustancias antirrayos ultravioleta, entre las cuales se inserta una pluralidad de células fotovoltaicas 6. Dicho polímero termoplástico de bajo módulo comprende preferiblemente polivinilbutiral (PVB) y etileno-acetato de vinilo (EVA, EVA+). Debido a las altas temperaturas que se desarrollan, especialmente en presencia de radiación solar fuerte, es preferible utilizar el PVB gracias a su mejor resistencia a altas temperaturas, en comparación con el EVA. A continuación, se hará referencia al PVB, pero el experto en la materia no tendrá dificultad en utilizar las enseñanzas contenidas en la presente descripción para tratar otros polímeros termoplásticos.

20 Por ejemplo, cada lámina de polímero termoplástico es una lámina plastificada basada en alcoholes de polivinilo parcialmente acetilizados (resina de PVB) que comprende de 60% a 85% en peso de resina de PVB, de 14% a 39% en peso de plastificador de baja polaridad y hasta 10% en peso de uno o más agentes tensioactivos no iónicos como aditivo que incrementa la solubilidad del plastificador de baja polaridad en la resina de PVB. Tales láminas elastizadas se describen en el documento US 2004/0249068.

25 Las células fotovoltaicas 6 se conectan una a otra por conductores eléctricos 7, según la técnica anterior, que transportan la corriente eléctrica producida fuera del panel fotovoltaico 1.

La fabricación del panel fotovoltaicos 1 según un ejemplo de la invención prevé los siguientes pasos:

- preparar los vidrios 2, 3 a ensamblar;
- 30 • ensamblar los vidrios 2 y 3 por dichas láminas de PVB 4, 5, habiendo insertado las células fotovoltaicas 6 entre dichas dos láminas de PVB 4, 5;
- llevar a cabo el proceso según la invención, o laminación, en el panel ensamblado 1 para obtener la adhesión entre los diversos elementos que conforman el panel fotovoltaico 1.

La preparación del vidrio comprende los siguientes pasos:

- cortar a medida los dos vidrios 2, 3;
- 35 • templar o endurecer dichos vidrios 2, 3;
- realizar opcionalmente un HST (Heat Soak Test – Ensayo de Difusión de Calor) para vidrios templados, a fin de detectar cualquier presencia de sulfato de níquel;
- lavar los vidrios.

40 La preparación de los vidrios es seguida por el ensamblaje de los mismos, que incluye la inserción de las células fotovoltaicas 6. Dicha operación de ensamblaje prevé los siguientes pasos:

- posicionar el primer vidrio 2, preferiblemente con el lado sellado en contacto con la primera lámina de PVB 4;
- colocar la primera lámina de PVB 4;
- 45 • colocar las células fotovoltaicas 6 con un revestimiento de superficie basado en el apantallamiento a obtener, por ejemplo 40%;

- disponer los conductores de salida eléctrica 7;
 - colocar la segunda lámina de PVB 4;
 - posicionar el segundo vidrio 3;
 - recortar el material plástico en exceso;
- 5
- insertar el panel ensamblado 1 en una bolsa de vacío 8 (figura 2a), preparada según la técnica anterior, disponiendo tejidos de ventilación 9 adecuados y espaciados uno de otro, así como una válvula de retención 10 para depresión, cerrándose dicha bolsa de vacío 8 con un sellador 11;
 - insertar la bolsa de vacío 8 que contiene el panel ensamblado 1 en un autoclave 12, habiendo conectado la válvula de retención 10 al sistema de vacío del autoclave 12 a través de tubos flexibles 13 (figura 2b);
- 10
- llevar a cabo el ciclo térmico y aplicar presión y depresión según líneas de tiempo especialmente diseñadas para el proceso;
 - abrir la bolsa de vacío 8 y cortar el material plástico que haya escapado;
 - comprobar la calidad del panel 1 obtenido según el proceso descrito.

15 La bolsa de vacío 8 puede hacerse con simples láminas o membranas de plástico desechables, por ejemplo de caucho de silicona, utilizables muchas veces.

El ciclo de curado, partiendo de la temperatura ambiente de alrededor de 20°C, prevé un paso de elevación de temperatura, un paso de mantenimiento y un paso de descenso de la misma. La bolsa de vacío 8 se pone en depresión mientras se hace subir la presión dentro del autoclave 12.

20 El ajuste de temperatura se hace en el aire presente dentro del autoclave 12, pero lo que importa para el resultado de la operación es la temperatura de los vidrios, puesto que ésta determina la temperatura de las láminas de PVB. Una vez que se han establecido los ciclos térmicos de los vidrios, utilizando técnicas conocidas se hace un cálculo de lo que deberá ser el ciclo térmico del aire presente dentro del autoclave, sobre la base de las masas térmicas del aire y de los vidrios y de las condiciones de intercambio térmico entre el aire y los vidrios, variando dicho intercambio térmico según la ventilación y la presión del aire, que varían durante el ciclo de curado.

25 La figura 3 es un gráfico que muestra la transmitancia T (%) en el intervalo de longitud de onda visible (350-800 nm) sobre la base de la longitud de onda (nm) medida en un panel fotovoltaico formado por una disposición de células fotovoltaicas de silicio multicristalino interpuestas entre dos sustratos de vidrio, estando cubierto cada sustrato de vidrio, en la respectiva superficie interior del mismo que mira a las células fotovoltaicas, con una capa polimérica de PVB libre de sustancias estabilizadoras para rayos UV. Por tanto, la disposición de células fotovoltaicas se coloca

30 entre las dos capas de PVB. Cada sustrato de vidrio es de 3 mm de grosor y cada capa de PVB es de 0,76 mm de grosor. La disposición de células fotovoltaicas del presente ejemplo comprende 4 células conectadas en serie una a otra. El área total del módulo es de 0,16 m².

35 Por el gráfico de la figura 3 se ve que, a longitudes de onda comprendidas entre alrededor de 400 nm y 800 nm, la transmitancia es de alrededor de 80%, mientras que es más alta que 50% en el intervalo de longitud de onda entre 350 nm y 400 nm.

40 La figura 4a es un gráfico que muestra el espectro de absorción de pigmentos cromóforos de clorofila de tipo a y tipo b y de carotenoides, mientras que la figura 4b muestra la velocidad de la reacción de fotosíntesis sobre la base de la longitud de onda de la luz irradiada. Se observa que hay un fuerte incremento en la cinética de fotosíntesis cuando hay una radiación con radiación de luz entre 400 y 500 nm, un intervalo en el que la transmitancia del panel fotovoltaico del ejemplo de la figura 3 es de alrededor del 80%. Solapando los dos gráficos de la figura 4a y 4b, se observa que la radiación a través del panel fotovoltaico permite tener una velocidad de fotosíntesis igual a alrededor de 70%-80% de la que sería bajo radiación solar directa.

45 Se realizaron ensayos en el panel fotovoltaico del ejemplo de las figuras 3 y 4a-4b para determinar la degradación de las características eléctricas de la disposición de células fotovoltaicas del panel a lo largo del tiempo, indicativa de una posible degradación del material polimérico que confina las células. El panel fotovoltaico se sometió a una radiación a una potencia de alrededor de 1000 W/m² por un simulador de luz solar durante un total de 2000 horas para simular la radiación solar natural en un tiempo de vida medio del panel de alrededor de 20 años.

50 La figura 5 muestra un gráfico que representa la característica de corriente-voltaje (I-V) medida en el panel al comienzo de la etapa de ensayo en el simulador de luz solar (curva A), en comparación con la característica I-V después de 2000 horas de radiación (curva B). Se observa que las dos curvas se solapan sustancialmente,

ES 2 498 734 T3

indicando una ausencia sustancial de degradación del panel a lo largo del tiempo. El voltaje en circuito abierto (V_{oc}) del panel del presente ejemplo es de alrededor de 2,46 V y la eficiencia del panel es de alrededor de 5,7%, no variando considerablemente tales valores a lo largo del tiempo de radiación durante el ensayo de simulación.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Panel fotovoltaico (1) de vidrio de seguridad estructural para cubrir invernaderos destinados a cultivos agrícolas, del tipo que comprende una pluralidad de células fotovoltaicas (6) insertadas entre dos láminas de vidrio (2, 3) acopladas una a otra por dos láminas de material polimérico transparente (4, 5), estando posicionadas dichas células fotovoltaicas (6) entre dichas dos láminas de material polimérico transparente (4, 5), caracterizado por que dicho material polimérico transparente está libre de sustancias estabilizadoras para rayos ultravioleta.
2. Panel fotovoltaico (1) según la reivindicación 1, caracterizado por que dicho material polimérico transparente libre de sustancias estabilizadoras para rayos ultravioleta es polivinilbutiral (PVB).
- 10 3. Panel fotovoltaico (1) según la reivindicación 1, caracterizado por que dicho material polimérico transparente libre de sustancias estabilizadoras para rayos ultravioleta es etileno-acetato de vinilo (EVA, EVA+).
4. Panel fotovoltaico (1) según la reivindicación 1, caracterizado por que dichas células fotovoltaicas (6) sólo cubren una porción de la superficie de dichas láminas de vidrio (2, 3).
5. Panel fotovoltaico (1) según la reivindicación 4, caracterizado por que dichas células fotovoltaicas (6) cubren aproximadamente el 40% de la superficie de dichas láminas de vidrio (2, 3).
- 15 6. Panel fotovoltaico según la reivindicación 1, en el que el material polimérico es un polímero termoplástico y cada lámina de material polimérico transparente (4, 5) es una lámina plastificada basada en alcoholes de polivinilo parcialmente acetalizados que comprende de 60% a 85% en peso de alcoholes de polivinilo parcialmente acetalizados, de 14% a 39% en peso de plastificador de baja polaridad y hasta 10% en peso de uno o más agentes tensioactivos no iónicos como aditivo que incrementa la solubilidad del plastificador de baja polaridad en los
- 20 alcoholes de polivinilo parcialmente acetalizados.

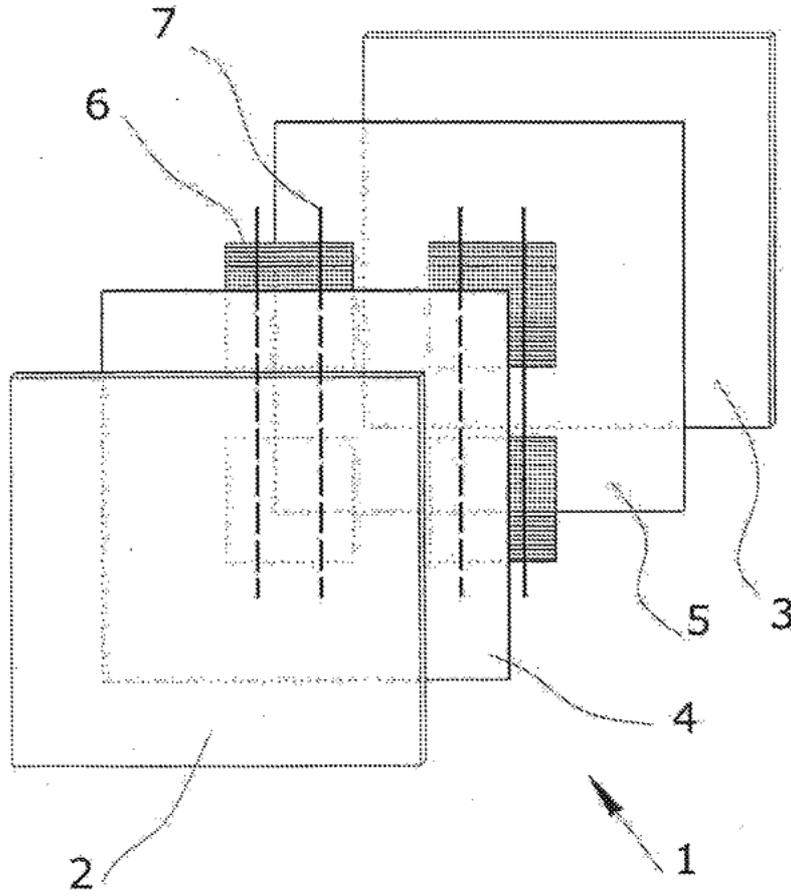


FIGURA 1

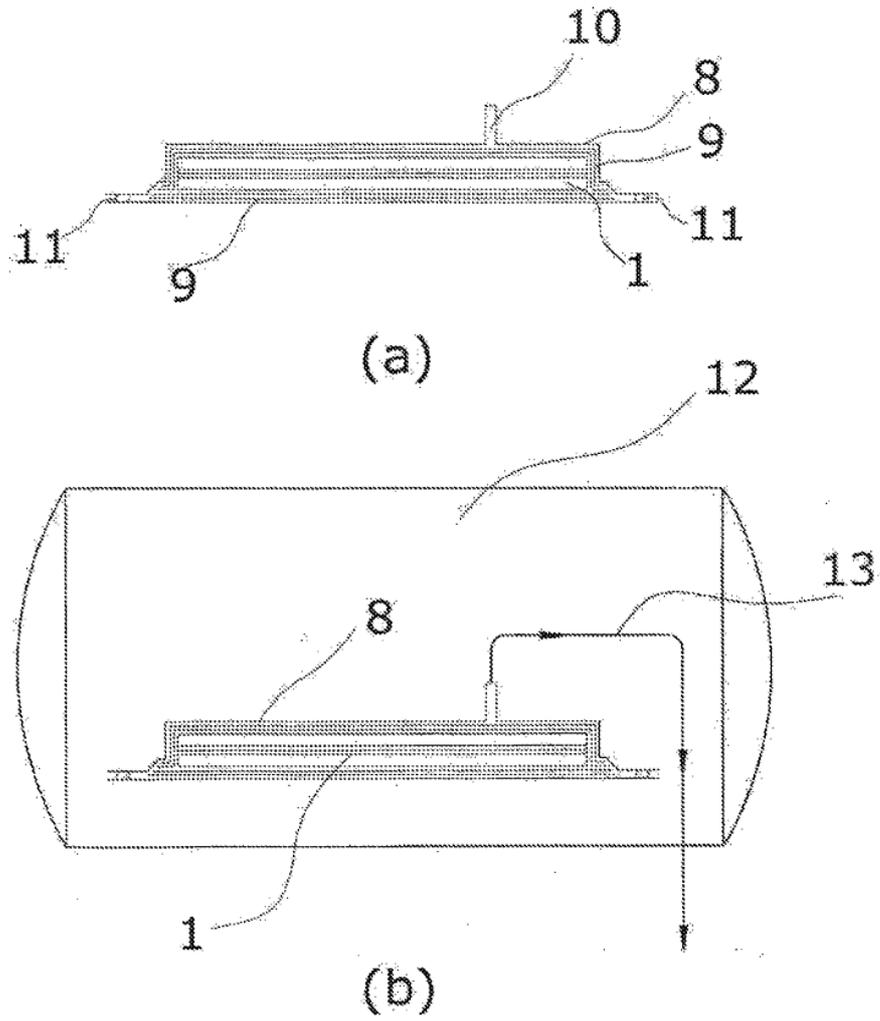


FIGURA 2

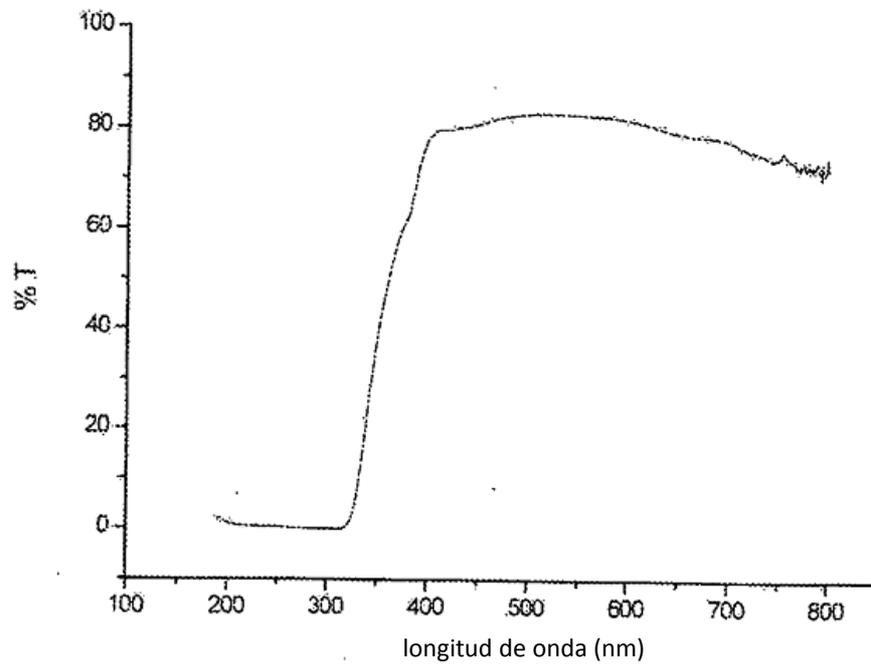


FIGURA 3

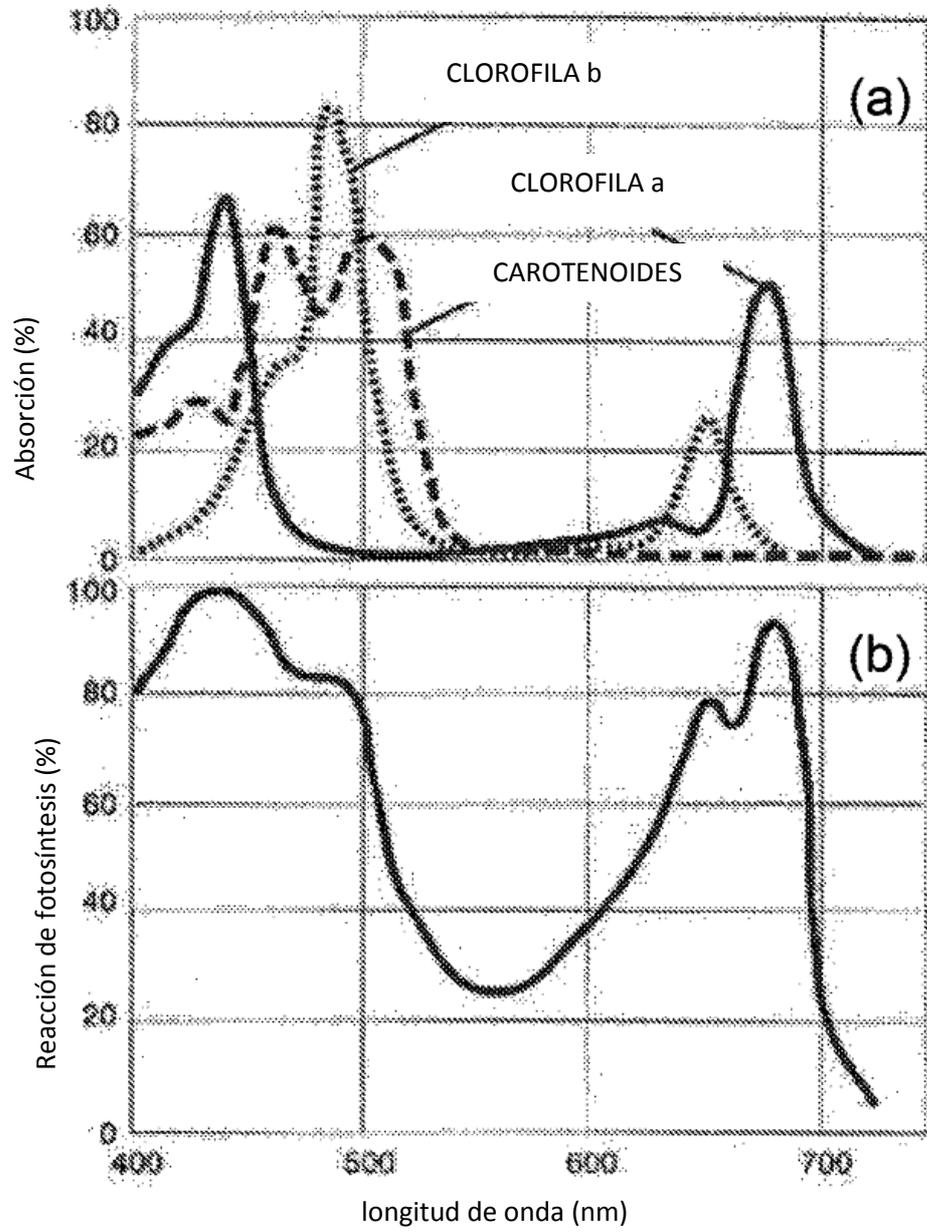


FIGURA 4

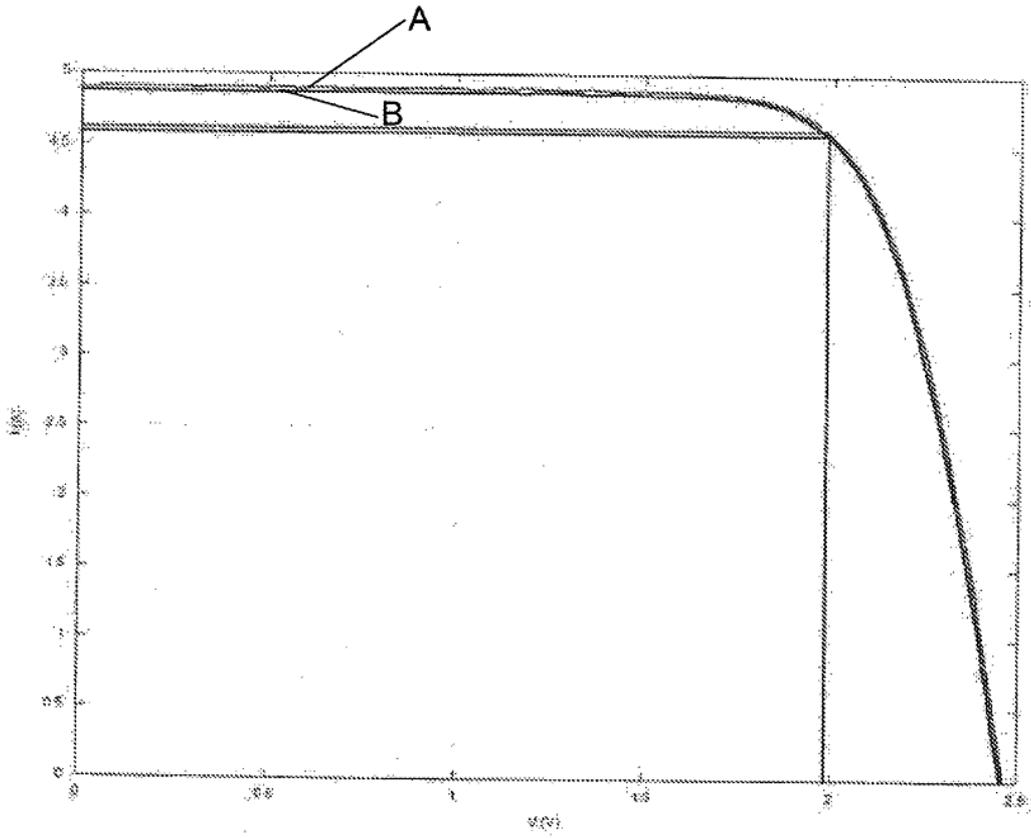


FIGURA 5