

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 993 284**

51 Int. Cl.:

H01L 31/048 (2014.01)

H01L 31/049 (2014.01)

H01L 31/05 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.09.2019 PCT/EP2019/075088**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.04.2020 WO20064474**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.09.2019 E 19769174 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.10.2024 EP 3857613**

54 Título: **Un procedimiento de fabricación de un panel solar curvo en dos direcciones**

30 Prioridad:

26.09.2018 NL 2021711

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

26.12.2024

73 Titular/es:

**LIGHTYEAR LAYER IPKO B.V. (100.00%)
70, Automotive Campus
5708 JZ Helmond, NL**

72 Inventor/es:

**REGONDI, SIMONE y
DIJKEN, DURANDUS, KORNELIUS**

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 993 284 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

Un procedimiento de fabricación de un panel solar curvo en dos direcciones

5 **Campo técnico de la invención**

[0001] La invención se refiere a un procedimiento de fabricación de un panel solar curvo en dos direcciones, comprendiendo el procedimiento:

- 10 • Proporcionar una multitud de células solares, mostrando las células solares un lado fotosensible y conexiones al cátodo y al ánodo en el lado opuesto al lado fotosensible.
 • Proporcionar una superficie curva, siendo la superficie curva transparente o translúcida, siendo la superficie curva curvada en dos direcciones.

15 **Antecedentes de la invención**

[0002] En un panel solar, una multitud de células solares están interconectadas, típicamente usando "electrodos de dedo", para conectar el lado fotosensible de una célula solar con la parte posterior de una célula vecina. Estas células interconectadas se laminan a continuación entre dos láminas, por ejemplo, láminas de una poliolefina o uno de sus copolímeros, como EVA (etileno y acetato de vinilo) o polivinilbutiral (PVB), después de lo cual las láminas se unen al vidrio para formar un panel solar (plano).

[0003] Se observa que laminado en este contexto también se conoce como unido o encapsulado (con un encapsulante). Por lo tanto, laminado, unido y encapsulado se usan de manera indistinta.

[0004] Las células solares son típicamente obleas finas de material semiconductor. Dichas células solares solamente pueden deformarse en formas cilíndricas y algunas otras formas (por ejemplo, conos) de forma limitada debido a las tensiones que se producen en las células solares. Si estas tensiones exceden el límite de fractura, se produce una fractura de la célula solar que puede dejarla inservible.

[0005] En este contexto, las obleas de material semiconductor incluyen obleas monocristalinas, policristalinas y amorfas de silicio, GaAs, InP o similares.

[0006] Se observa además que en este contexto "lámina flexible" describe una lámina, por ejemplo, de poliimida o poliéster (o más genéricamente: un material sintético aislante) con una capa o patrón conductor en la misma (típicamente cobre, plata). Cuando se muestran patrones conductores (ya sea por grabado, mecanizado o eliminación de material conductor o mediante la adición selectiva de material conductor en un material sintético en bruto), dicha lámina también se conoce como PCB flexible o FCB.

[0007] La fabricación de un panel solar curvo en dos dimensiones es un desafío, puesto que las células solares son muy frágiles y las tensiones que se producen cuando se curvan en dos direcciones son mucho más altas que cuando se curvan en una sola dirección. También se produce tensión en la lámina flexible cuando se curva en dos direcciones, lo que posiblemente resulte en la formación de arrugas o pliegues de la hoja.

[0008] Se observa que cuando se une la lámina flexible y las células solares adheridas a la misma a una superficie curva, esto puede provocar la rotura de células, interconexiones o juntas de interconexión a células, etc.

[0009] Una solución a este problema se conoce por la publicación de solicitud de patente de los EE. UU. US2014/0130848A1. En este caso se proporciona una lámina plana estándar (un laminado) que comprende células solares y se realizan incisiones en la lámina. Cuando la lámina está dispuesta ahora encima de una forma convexa, las incisiones se expandirán, permitiendo de este modo la curvatura en dos direcciones.

[0010] Una desventaja de este procedimiento es que la cobertura de las células solares es menor debido a la separación de las incisiones. Asimismo, el uso de electrodos de dedo se reducirá al área de la célula solar disponible para la conversión solar. Asimismo, aunque esto no presenta un problema técnico, la apariencia estética es menor que para un panel solar cubierto uniformemente.

[0011] Otra solución a este problema se conoce por la publicación de solicitud de patente estadounidense US2017/0141253A1. En este caso, los grupos de células son células interconectadas que usan los electrodos de dedo y las células mencionados anteriormente y la publicación describe cómo cambiar la longitud de los electrodos de dedo para alterar la alineación de las células solares, después de lo cual las células solares se laminan/unen a la superficie curva.

[0012] Una desventaja de estos procedimientos es que en una superficie curva, como un techo solar para un automóvil, la cobertura de las células solares es menor que con una superficie plana. Asimismo, el uso de electrodos

de dedo disminuye la cantidad de área de semiconductor disponible para la conversión solar. Asimismo, el posicionamiento de las células antes de la laminación es difícil, ya que los electrodos de dedo las colocan en una matriz irregular. Asimismo, aunque esto no presenta un problema técnico, la apariencia estética es menor que para un panel solar cubierto uniformemente.

5 **[0013]** Cabe señalar que, aunque no se usan ampliamente debido a su mayor precio, se conocen células solares con las conexiones de ánodo y cátodo en el lado opuesto a la superficie fotosensible. Tienen una mayor eficiencia ya que los electrodos de dedo no "somborean" parte de la superficie fotosensible (no interceptan la luz procedente del lado fotosensible).

10 **Resumen de la invención**

[0014] Para resolver los problemas de las soluciones presentadas anteriormente, la presente invención proporciona un procedimiento para superar estos problemas.

15 **[0015]** Con ese fin, el procedimiento se describe **en el sentido de que** se proporcionan dos o más hojas flexibles con un patrón conductor sobre las mismas, las células solares se agrupan en subgrupos, cada subgrupo asociado con un área en la superficie curva y una hoja flexible, comprendiendo el procedimiento las etapas posteriores de:

- una etapa de soldadura que comprende, para cada uno de los subgrupos, soldar las células solares a la hoja flexible o unir las células solares a la hoja flexible con un adhesivo conductor;
- una etapa de posicionamiento que comprende depositar los dos o más subgrupos sobre la superficie curva;
- una etapa de laminación final que comprende laminar los subgrupos a la superficie curva.

25 **[0016]** Es bien sabido que las células solares y la hoja flexible pueden soportar cierta curvatura en una dirección, siguiendo así (parte de) una superficie cilíndrica, pero mucho menos cuando se curvan en dos direcciones (siguiendo localmente parte de una superficie hiperboloide). Se permite cierta curvatura en dos direcciones, especialmente debido al material de unión (el material de laminación) que puede actuar como carga y las variaciones en el espesor del material de unión sobre el tamaño de la célula solar pueden "absorber" (nivelar) parte de la curvatura. Un laminado implica un espesor de laminación máximo (el espesor de la capa de laminación inicial). Sin embargo, durante el procedimiento de laminación, el espesor puede cambiar localmente debido a la viscosidad de la lámina de laminación (no curada, aún no reticulada).

30 Durante el procedimiento de laminación, la lámina de laminación (y las células solares incrustadas) se moldean y curan a una presión, por ejemplo, de una atmósfera (10 N/cm²), con una temperatura de entre 125 °C y 145 °C y, por ejemplo, con un tiempo de 20 minutos. Esto produce la reticulación completa de la capa de EVA. Se pueden usar otras combinaciones de tiempo y temperatura, donde las temperaturas más bajas necesitan más tiempo para la reticulación (curado) completa. También es posible curar a temperaturas más bajas y períodos de tiempo más cortos que conducen a una reticulación incompleta (también llamada parcial), dejando el material a menudo pegajoso y aún parcialmente viscoso. Para otros materiales de laminación se pueden usar otras temperaturas y tiempos de curado.

40 Al dividir la multitud de células solares en subgrupos, cada subgrupo asociado con un área en la superficie curva con una curvatura pequeña o insignificante en al menos una dirección, es posible formar subgrupos que pueden unirse (laminarse) a la superficie curva. Cuando se divide adecuadamente en subgrupos, se producen de este modo subgrupos con una tensión mecánica por debajo del límite de fractura de las células solares y por debajo del límite
45 donde la hoja flexible muestra arrugas cuando se lamina a la superficie curva.

[0017] Cabe señalar que el material de unión (material de laminación) no necesita tener un espesor constante entre la célula solar y la superficie curva, pero por razones de eficiencia, comportamiento térmico y estéticas, el espesor preferentemente no debe cambiar demasiado sobre la célula solar y la multitud de células solares.

50 **[0018]** En una etapa de soldadura, las células solares están conectadas eléctrica y mecánicamente a la hoja flexible. Esta etapa puede implicar la soldadura, por ejemplo, de pasta para soldar a una temperatura superior a 200 °C, o puede implicar la unión con un adhesivo eléctricamente conductor, tal como una epoxi llena de material conductor, tal como cobre, plata, etc. El curado de dicho adhesivo se realiza típicamente a una temperatura de entre 100-150 °C,
55 y puede tener lugar durante la laminación.

[0019] En una siguiente etapa de posicionamiento, cada uno de estos subgrupos se coloca (deposita) a continuación en la superficie curva.

60 **[0020]** En una etapa de laminación final, los subgrupos, depositados sobre la superficie curva, se laminan a la superficie curva.

[0021] Se observa que, aunque el uso de una hoja flexible (también conocida como hoja de contacto posterior o BCF) es conocido (en la mayoría de los casos se usa una hoja de poliéster/cobre, pero también se conoce la poliimida
65 para el vehículo, y la plata se conoce como un conductor), el uso de dicha hoja en una superficie curva (con curvatura

en dos direcciones) no lo es, ya que, sin las etapas según la invención, una hoja flexible tiende a mostrar arrugas cuando se pliega/deposita sobre o en una superficie curva curvada en dos direcciones, lo que la hace inadecuada para su uso en estas condiciones.

5 **[0022]** Cabe señalar que la publicación de solicitud de patente de EE. UU. US2017/0141253A1 se basa en la variación de la longitud de los electrodos de dedo y no sugiere el uso de una hoja flexible junto con células solares con conexiones de ánodo y cátodo en un lado.

10 **[0023]** En una realización del procedimiento según la invención después de la etapa de soldadura y antes de la etapa de posicionamiento, se inserta una primera etapa de laminación, comprendiendo la primera etapa de laminación:

- para cada uno de los subgrupos que laminan las células solares y la hoja flexible asociada, la laminación se realiza a una temperatura y un período que da como resultado una reticulación parcial;

15 • la etapa de posicionamiento comprende depositar el laminado reticulado parcial que comprende células solares y una hoja flexible sobre o en la superficie curva; y

- la etapa de laminación final comprende laminar el laminado reticulado parcial que comprende células solares y una hoja flexible a la superficie curva, reticulando así completamente la laminación aplicada en la primera etapa de laminación.

20

[0024] Al laminar parcialmente las células solares y la hoja flexible antes de la etapa de posicionamiento, el posicionamiento es más fácil ya que las células solares y la hoja flexible forman una red interconectada. También es menos probable que se dañen las células solares (frágiles) durante la manipulación y el posicionamiento. La ventaja de la reticulación incompleta es que se puede usar el mismo material de laminación para la laminación final, donde en 25 la laminación final se completa la reticulación parcial. Asimismo, el calentamiento de una laminación totalmente reticulada durante una etapa de laminación final podría dar como resultado una transparencia reducida de la primera capa de laminación y degradaciones del encapsulante, como rigidez. Esta laminación "parcial" evita los problemas y riesgos mencionados anteriormente.

30 **[0025]** En una realización del procedimiento según la invención después de la etapa de soldadura y antes de la etapa de posicionamiento, se inserta una primera etapa de laminación, comprendiendo la primera etapa de laminación:

- laminar las células solares y la hoja flexible asociada, la laminación realizada a una temperatura y un período que da 35 como resultado una reticulación completa;

- la etapa de posicionamiento comprende depositar los subgrupos laminados sobre o en la superficie curva; y

- la etapa de laminación final comprende laminar los subgrupos laminados a la superficie curva.

40 **[0026]** Esta realización se asemeja a la realización descrita anteriormente, con la diferencia de que se produjo una reticulación completa en la primera etapa de laminación. Para evitar la reducción de la transparencia del material de laminación, se necesita un control estricto de la temperatura y el tiempo, pero esto puede ser preferible ya que el producto intermedio (una red laminada de células solares y una hoja flexible) es mejor de manejar, ya que es menos pegajoso que una lámina de laminación curada de forma incompleta (una parcialmente curada) y ofrece una mejor protección de las células solares.

45

[0027] En otra realización del procedimiento según la invención donde durante la etapa de laminación final entre los subgrupos laminados y la superficie curva se colocan más capas de material de laminación (encapsulante) y se laminan a la misma.

50 **[0028]** Esta realización describió la posibilidad de colocar múltiples capas de material de laminación (por ejemplo, capas de EVA, etileno y acetato de vinilo) entre las células solares y la superficie curva, lo que da como resultado más material de laminación (material encapsulante) que puede mostrar variaciones de espesor locales, lo que produce una reducción de la tensión mecánica.

55 **[0029]** En otra realización más del procedimiento según la invención, al menos durante la etapa de soldadura, las dos o más hojas flexibles se disponen en un plano aplanado.

[0030] La manipulación de las hojas flexibles y las células solares en un plano aplanado permite la fabricación de aparatos de soldadura estándar.

60

[0031] Cabe señalar que, como no todos los subgrupos deben fabricarse al mismo tiempo, no todas las hojas flexibles deben disponerse en un plano aplanado al mismo tiempo, ya que el momento en que se realiza la etapa de soldadura puede diferir para cada subgrupo.

65 **[0032]** En todavía otra realización del procedimiento según la invención, el procedimiento comprende además:

antes de proporcionar las células solares, estimar la tensión mecánica que se produce en las células solares como resultado de la curvatura de la superficie curva en la ubicación de la célula solar y, según esta estimación, redimensionar las células solares a un tamaño tal que la tensión mecánica en cada célula solar esté por debajo de la tensión donde se produce la fractura de las células solares.

5

[0033] La determinación del tamaño (el área máxima) de un subgrupo se realiza mejor con una fórmula iterativa, comenzando con un primer tamaño de células solares, determinar en una simulación qué tensiones resultan cuando las células se ven obligadas a seguir la superficie curva, si las tensiones son demasiado altas con lo que se supone que es un máximo permisible (por ejemplo, la mitad del límite de fractura de la célula solar), reducir el tamaño de los paneles solares en la dirección donde se produjo la alta tensión, etc.

10

[0034] En otra realización más del procedimiento según la invención, el procedimiento comprende además: antes de proporcionar las células solares, estimar la tensión mecánica que se produce en las células solares como resultado de la curvatura de la superficie curva en la ubicación de la célula solar y, según esta estimación, cambiar al menos localmente el espesor del material de laminación a un valor tal que las tensiones que se producen en la célula solar estén por debajo de la tensión donde se produce la fractura de las células solares.

15

[0035] Al cambiar al menos localmente el espesor del material de laminación, las tensiones que se producen en las células solares pueden reducirse debido a la viscosidad del material de laminación sin curar. La variación local del espesor del material de laminación se puede realizar construyendo una forma 3D de material añadiendo localmente anillos, círculos u otras formas antes de curar el material de laminación. Cabe señalar que se puede usar un material de adición local para obtener esta solución, pero también se puede usar una capa más gruesa de encapsulante (material de laminación, o el uso de varias capas, como lo hará ligeramente el encapsulante durante el proceso de laminación).

20

25 La formación 3D de, por ejemplo, EVA se puede realizar colocando una o más láminas una sobre la otra, donde al menos una lámina muestra perforaciones o similares. También se conoce la impresión 3D de EVA.

Breve descripción de los dibujos.

30 **[0036]** La invención se aclara ahora usando figuras, donde signos de referencia idénticos indican características correspondientes. Con ese fin:

La Figura 1A muestra esquemáticamente una célula solar usada en la invención, vista desde el lado fotosensible, La Figura 1B muestra esquemáticamente una célula solar usada en la invención, vista desde el lado opuesto al lado fotosensible,

35

La Figura 2 muestra esquemáticamente un posible corte de un panel solar fabricado según la invención.

La Figura 3A muestra esquemáticamente una vista plana del panel solar, que muestra las áreas que forman cada subgrupo,

La Figura 3B muestra esquemáticamente una vista plana del panel solar, que muestra las células solares que forman cada subgrupo,

40

Descripción detallada de la invención.

45 **[0037]** La Figura 1A muestra esquemáticamente una célula solar usada en la invención, vista desde el lado fotosensible.

[0038] La Figura 1A muestra esquemáticamente una célula solar 100 usada en la invención. La célula solar muestra un área fotosensible 102 y una parte 104 de borde aislante. Cabe señalar que esta parte aislada (en realidad una pared lateral aislante) solamente se produce en las llamadas células pasivadas. Una ventaja es que permite que las células se coloquen una contra la otra. Las células sin pasivación en los lados deben separarse para evitar cortocircuitos. La mayoría de las células disponibles en el mercado se cortan a partir de una oblea grande y no muestran una pasivación de las paredes laterales, por lo que deben estar separadas entre sí para evitar un cortocircuito eléctrico.

50

Un espesor típico de una célula solar es del orden de 200 μm , pero para células solares más flexibles se prefieren células más delgadas, por ejemplo, con un espesor de 150 μm .

55

[0039] La Figura 1B muestra esquemáticamente una célula solar usada en la invención, vista desde el lado opuesto al lado fotosensible.

60 **[0040]** En una superficie aislante 106 se proporcionan cortes que proporcionan áreas de contacto al ánodo 108-i y al cátodo 110-j.

[0041] La Figura 2 muestra esquemáticamente un posible corte de un panel solar fabricado según la invención.

65 **[0042]** Una superficie curva 202 en forma, por ejemplo, del techo de vidrio de un automóvil, se une con una

capa reticulada 204 de material de laminación, por ejemplo, EVA (etileno y acetato de vinilo) o una poliolefina a las células solares 102^a. El lado fotosensible está orientado hacia el vidrio.

5 **[0043]** La hoja flexible comprende una película de poliéster o poliimida 206 y pistas de cobre 208. La célula solar se suelda en una hoja flexible, ya sea soldando las células y la hoja flexible con pasta para soldar que se calienta, por ejemplo, a 200 °C o más, o usando adhesivo eléctricamente conductor (típicamente una epoxi rellena de metal) que se cura a una temperatura de, por ejemplo, menos de 150 °C.

Las células solares 102^b y 102^c se representan en este caso como pertenecientes a otro subgrupo (la hoja flexible, aunque no se representa para estas células, no es la misma que la hoja flexible de la célula 102^a).

10

[0044] Cabe señalar que entre la hoja flexible y las células solares se puede colocar una capa adicional de material, ya sea como una máscara de soldadura (o una máscara para adhesivo eléctricamente conductor), o como una pantalla estética para ocultar las pistas de cobre en la hoja flexible, o para cualquier otro fin. No es necesario que sea un material transparente. Se puede añadir una capa de laminación sobre esta capa (encapsulando así completamente la hoja flexible), pero no es necesario.

15

Asimismo la hoja flexible puede comprender solamente una capa de material aislante como vehículo, tal como poliimida o poliéster, con un patrón conductor sobre la misma, o puede comprender capas adicionales con o sin cortes para actuar como una máscara de soldadura, o para otros fines, las capas adicionales ya sea en el lado de las células solares o en el lado opuesto.

20

[0045] La cantidad de material de laminación (material de unión, encapsulante) entre la célula solar puede ser el resultado de una capa de laminación, pero puede comprender varias capas de material de laminación.

25

[0046] Se observa además que es necesaria una capa de unión (una capa de laminación) entre la superficie curva (vidrio) y las células solares, pero una capa de laminación que cubra la hoja flexible no es esencial para la invención.

30

[0047] La Figura 3A muestra esquemáticamente una vista plana del panel solar, que muestra las áreas que forman cada subgrupo.

30

[0048] La Figura 3A muestra una superficie curva **300** que se divide en áreas 302L, 302R, 304L, 304R, 306L, 306R y 308.

35

La distribución de la superficie curva es el resultado de un análisis de las tensiones máximas que se producen cuando la hoja flexible y las células solares se adhieren (laminan) a la superficie curva. Estas tensiones pueden ocurrir en cualquier dirección, pero en muchas aplicaciones (como el techo de un automóvil) hay un eje de simetría (en este caso el eje x) que simplifica el problema. De forma empírica (o usando otro procedimiento, por ejemplo, informático) se encuentra a continuación una división de áreas que da lugar a tensiones aceptables tanto para las células solares como para las hojas.

40

Cabe señalar que, aunque estén relacionados, un problema de tensión en una célula solar no tiene por qué dar lugar a un problema en la hoja flexible, y viceversa: el tamaño de una célula solar suele ser mucho más limitado que el tamaño (máximo) de una hoja flexible. Por lo tanto, con curvaturas modestas, el problema puede surgir primero en la hoja flexible. Sin embargo, con una curvatura local grande puede dar como resultado un problema en las células solares antes de que se produzca un problema en la hoja flexible.

45

[0049] La Figura 3B muestra esquemáticamente una vista plana del panel solar, que muestra las células solares que forman cada subgrupo.

50

[0050] Se puede pensar que la Figura 3B se deriva de la Figura 3A. En este caso se representan las células solares que forman los subgrupos (bordes de los subgrupos indicados por líneas más gruesas). Como se puede observar también, la orientación de las células se puede cambiar, incluso dentro de un subgrupo, como se muestra, por ejemplo, en el grupo 304L.

55

[0051] Se destaca que la definición de subgrupo usada en este caso no tiene relación con la definición de "grupo" generalmente usada en la tecnología solar. La definición estándar de grupo comprende un grupo de células, que generalmente forman parte de una cadena y en los paneles del estado de la técnica, cada grupo está asociado con un optimizador (un seguidor de punto de máxima potencia). La definición de subgrupo según la invención se usa para indicar células que están unidas a una superficie (doblemente) curva sin exceder los niveles de tensión predeterminados.

60

Esto implica que un subgrupo puede comprender más de un grupo, o un grupo puede extenderse sobre más de un subgrupo, o cualquier combinación de los mismos. Por tanto, es posible que dos subgrupos comprendan tres grupos o viceversa, mientras que cada grupo puede estar asociado con su propio optimizador.

65

[0052] Se observa además que típicamente la superficie curva es una superficie curva transparente o translúcida, pero también es posible usar el procedimiento con una superficie curva no transparente (por ejemplo, una superficie curva metálica) y que el lado fotosensible de las células solares está más alejado de la superficie curva. En

ese caso, las hojas flexibles deben colocarse entre la superficie curva y las células solares. Sin embargo, en la mayoría de los casos, se trata de una solución menos robusta, ya que el material de laminación es más blando y más propenso a los arañazos y la abrasión.

5 **[0053]** También se observa que las conexiones eléctricas entre una hoja flexible a otra hoja flexible, o a otras PCB o FBC, se pueden hacer soldando o uniendo otra hoja flexible (preferentemente formada como una tira con varias líneas que forman las conexiones eléctricas) en la primera hoja flexible. También se pueden usar conexiones eléctricas a través de cables.

10 **[0054]** Se observa que, en el contexto de esta invención, la laminación puede describir una encapsulación total, pero también puede describir la unión de una parte (por ejemplo, las células solares) a otra (por ejemplo, la superficie curva) usando un material de unión o de laminación, tal como de una poliolefina o uno de sus copolímeros, tal como EVA (etileno y acetato de vinilo) o polivinilbutiral (PVB). Por ejemplo, después de la etapa de laminación final definida anteriormente, la hoja flexible puede o no estar cubierta con un material de laminación.

15 **[0055]** Un ciclo de curado ejemplar es, por ejemplo:

- formar un sándwich de una lámina de EVA, las células solares, la hoja flexible y otra lámina de capa de EVA en un horno de vacío que se calienta a 140 °C;
- 20 • evacuar durante 3½ minutos;
- mientras se evacua, se presiona el sándwich con una presión de aproximadamente 1 atmósfera usando una membrana de silicio;
- curar en esta condición durante 17 minutos;
- eliminar la presión;
- 25 • ventilar durante 30 segundos;
- abrir el horno y retirar el sándwich.

Esto da lugar a un sándwich completamente curado (completamente reticulado). Se obtiene un sándwich reticulado parcial reduciendo el tiempo de curado a 8 minutos.

30 **[0056]** La laminación del sándwich descrito anteriormente a una superficie curva, como el techo de vidrio de un automóvil solar, se realiza, por ejemplo:

- colocar el techo de vidrio, una lámina no curada de EVA y el sándwich previamente hecho y curado que comprende
- 35 células solares y una hoja flexible, en una bolsa evacuable;
- evacuar la bolsa (aplicando así una presión de una atmósfera al contenido de la bolsa);
- calentar la bolsa a una temperatura de 100 °C durante un tiempo de 40 minutos;
- calentar gradualmente la bolsa adicionalmente a una temperatura de 130 °C en un tiempo de incremento gradual de 15 minutos;
- 40 • curar durante 20 minutos a la temperatura de 130 °C; y
- enfriar.

Cabe señalar que los experimentos no muestran degradación del sándwich ya completamente reticulado.

45

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de fabricación de un panel solar curvo en dos direcciones, comprendiendo el procedimiento:
- 5
- proporcionar una multitud de células solares (100), mostrando las células solares un lado fotosensible y conexiones al ánodo (108-i) y al cátodo (110-j) en el lado opuesto al lado fotosensible;
 - proporcionar una superficie curva (202), siendo la superficie curva transparente o translúcida y siendo la superficie curva al menos localmente curva en dos direcciones;
- 10 **donde** el procedimiento comprende además:
- proporcionar dos o más hojas flexibles (206) con un patrón conductor en las mismas,
 - las células solares (100) están agrupadas en subgrupos (302L, 302R, 304L, 304R, 306L, 306R, 308), cada subgrupo asociado con un área en la superficie curva y una hoja flexible;
- 15
- una etapa de soldadura que comprende, para cada uno de los subgrupos, soldar las células solares (100) a la hoja flexible (206) o unir las células solares a la hoja flexible con un adhesivo conductor;
 - una etapa de posicionamiento que comprende depositar los dos o más subgrupos sobre o en la superficie curva;
 - una etapa de laminación final que comprende laminar los subgrupos a la superficie curva (202).
2. El procedimiento según la reivindicación 1, donde después de la etapa de soldadura y antes de la etapa
- 20 de posicionamiento, se inserta una primera etapa de laminación, comprendiendo la primera etapa de laminación:
- para todos y cada uno de los subgrupos que laminan las células solares y la hoja flexible asociada, la laminación se realiza a una temperatura y un período que no da como resultado una reticulación completa;
 - la etapa de posicionamiento comprende depositar los subgrupos laminados sobre o en la superficie curva; y
- 25
- la etapa de laminación final comprende laminar los primeros subgrupos laminados a la superficie curva, reticulando así completamente la laminación aplicada en la primera etapa de laminación.
3. El procedimiento según la reivindicación 1, donde después de la etapa de soldadura y antes de la etapa
- 30 de posicionamiento, se inserta una primera etapa de laminación, comprendiendo la primera etapa de laminación:
- para todos y cada uno de los subgrupos que laminan las células solares y la hoja flexible asociada, la laminación se realiza a una temperatura y un período que da como resultado una reticulación completa;
 - la etapa de posicionamiento comprende depositar los subgrupos laminados sobre o en la superficie curva; y
- 35
- la etapa de laminación final comprende laminar los primeros subgrupos laminados a la superficie curva.
4. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde, durante la etapa de laminación final, entre los subgrupos y la superficie curva, se colocan y laminan varias capas de material de laminación.
5. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde al menos durante la
- 40 realización de la etapa de soldadura, las dos o más hojas flexibles se disponen en un plano aplanado.
6. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el procedimiento además: antes de proporcionar las células solares, estimar la tensión mecánica que se produce en las células solares y la hoja flexible como resultado de la curvatura de la superficie curva en la ubicación de la célula solar y, según esta
- 45 estimación, redimensionar las células solares a un tamaño tal que la tensión mecánica en cada célula solar sea inferior a la tensión mecánica a la que se produce la fractura.

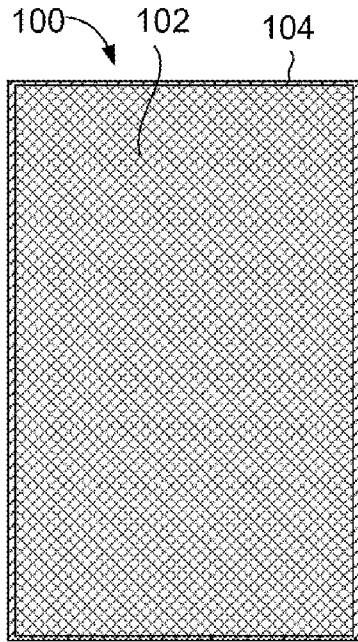


FIG. 1A

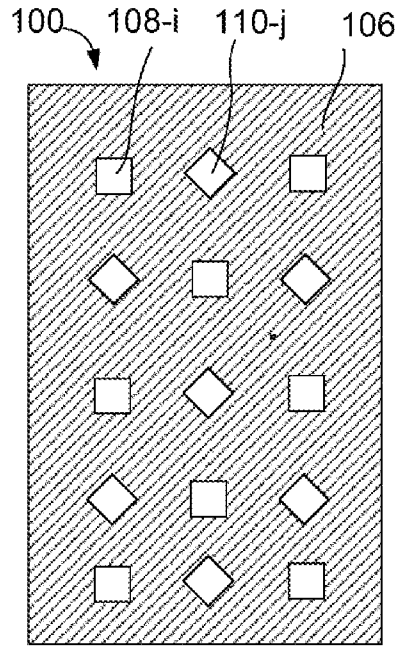


FIG. 1B

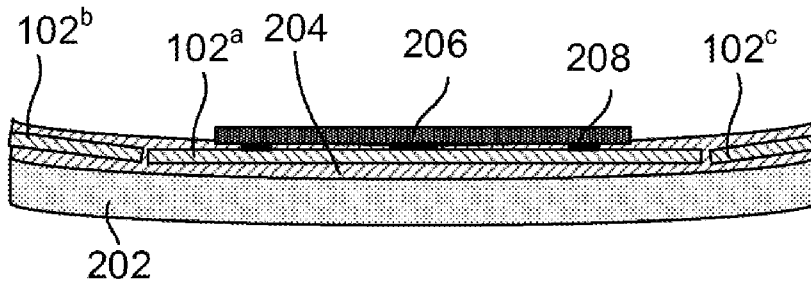


FIG. 2

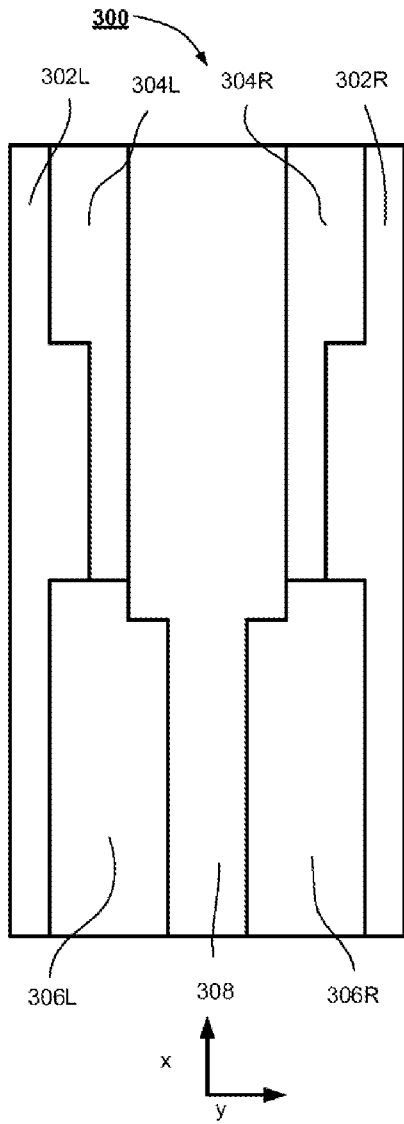


FIG. 3A

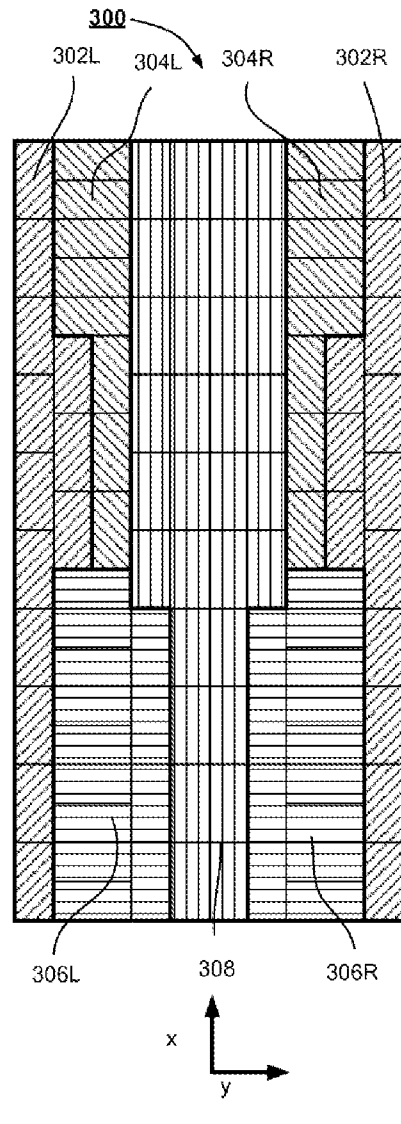


FIG. 3B