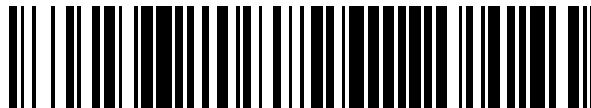


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 508 167**

51 Int. Cl.:

H01L 31/05 (2014.01)

H01L 31/18 (2006.01)

H01L 31/0392 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.03.2011 E 11708966 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.09.2014 EP 2545595**

54 Título: **Sistemas de interconexión de células solares flexibles y métodos**

30 Prioridad:

10.03.2010 US 312620 P

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

16.10.2014

73 Titular/es:

**DOW GLOBAL TECHNOLOGIES LLC (100.0%)
2040 Dow Center
Midland, MI 48674, US**

72 Inventor/es:

**PEARCE, DAVID B.;
HACHTMANN, BRUCE D.;
WALL, ARTHUR C.;
VALERI, THOMAS M. y
HOLLARS, DENNIS R.**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 508 167 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

Sistemas de interconexión de células solares flexibles y métodos.

5 Generalmente, la presente invención se refiere al campo de la interconexión eléctrica de células solares para formar un módulo solar, y más específicamente a células solares de película fina sobre sustratos flexibles. La invención divulga métodos automatizados para interconectar células solares flexibles.

Antecedentes de la invención

10 Actualmente, las células solares de película fina sobre sustratos flexibles se limitan a silicio amorfo sobre un papel metalizado fino (normalmente acero inoxidable) y diseleniuro de galio e indio (CIGS) sobre un metal o papeles metalizados de poliimida. Sin duda, existirán otros tipos de materiales de células solares apropiados para su uso sobre sustratos flexibles disponibles en un determinado momento del futuro. Actualmente, las células solares de telururo de cadmio se producen únicamente sobre vidrio. Para encontrar utilidad en cualquier sistema de energía solar, se debe interconectar eléctricamente cualquier tipo de célula solar en serie con otras células solares similares para elevar los niveles de voltaje y minimizar las pérdidas de I^2R debidas a las elevadas corrientes. Generalmente, las células depositadas sobre láminas rígidas de vidrio usan un sistema de rayas aplicadas entre diferentes etapas de proceso y en puntos específicos para interconectar las células por toda la lámina. Este procedimiento se denomina "integración monolítica". Dicho método es difícil de implementar sobre sustratos flexibles debido a la precisión que se requiere tanto para la colocación como para la profundidad de las rayas. Adicionalmente, los sustratos permiten el procesado de rollo-a-rollo que puede resultar menos deseable desde el punto de vista económico si el proceso se interrumpe para implementar las operaciones de rayado, incluso si resultan fáciles de llevar a cabo.

15 Se forman células solares de silicio policristalino o cristalino tradicional sobre obleas individuales, que posteriormente se deben interconectar. Normalmente, las rejillas de recogida de corriente y las barras colectoras se forman por medio de serigrafía de un patrón con tintas que contienen plata que posteriormente se someten a curado a temperaturas elevadas (del orden de 700 °C). El patrón de rejilla tradicional consiste en una serie de líneas paralelas y rectas finas separadas un pocos milímetros con dos o tres líneas más anchas (barras colectoras) que se extienden perpendiculares al patrón de las líneas finas. La estructura resultante proporciona una superficie sobre las barras colectoras a la cual se pueden unir aletas de interconexión por medio de métodos de soldadura convencional. Se recoge la corriente de célula por medio de rejillas relativamente estrechas y se transmite a las barras colectoras relativamente más anchas que posteriormente se convierten en los puntos de conexión con la siguiente célula. Una ventaja de este método con respecto a la integración monolítica es que las células se pueden someter a ensayo y se pueden adaptar en cuanto a rendimiento antes de la construcción del módulo. De este modo, el rendimiento del módulo no se encuentra limitado por la célula de rendimiento más bajo de la fila.

20 El mismo método aplicado a las células solares flexibles de película fina ha logrado únicamente un éxito limitado. Generalmente, se han encontrado al menos dos problemas. En primer lugar, las células de película fina no pueden aguantar las temperaturas elevadas para curar de manera adecuada las tintas de plata. Como consecuencia de las bajas temperaturas de curado, algunos de los vehículos de tinta y disolventes permanecen en la estructura de línea de la rejilla, lo que rebaja la conductividad y limita en gran medida la aptitud de soldadura de las barras colectoras impresas. Alternativamente, la interconexión se puede llevar a cabo con epoxis conductoras, pero el método es mecánica y eléctricamente inferior a la soldadura. En segundo lugar, debido a que la terminación superficial de los sustratos flexibles útiles es mucho más rugosa que la de vidrio o las obleas de silicio, existen muchos más defectos que pueden convertirse en puntos de derivación si se permite que la tinta conductora fluya en su interior. Este problema se puede solucionar en cierto modo por medio de impresión de un material mucho menos conductor, tal como una tinta de carbono, para rellenar inicialmente los defectos, y posteriormente sobre-imprimir con la tinta de plata. Los resultados consistentemente buenos son difíciles de conseguir, ya que cualquier tipo de registro perfecto provoca una pérdida de matiz extra así como también una mayor derivación potencial. Además el coste de los materiales y el equipo es relativamente elevado.

25 La patente de EE.UU. N° 5.474.622, muestra el uso de alambres metálicos como rejillas, pero con los alambres revestidos con fibras de carbono de longitud suficiente con el fin de evitar la presencia de defectos. En este método, los alambres se unieron al electrodo superior (óxido conductor transparente o TCO) de las células solares de silicio amorfo de película fina durante el proceso de laminado de las mismas para dar lugar a módulos. En efecto, la técnica anterior de impresión de un patrón de tinta basado en carbono se sustituye por fibras de carbono que tienen mucha menos oportunidad de provocar derivaciones en los defectos de película/sustrato y, al mismo tiempo, proporcionan un tipo de fusión de protección contra las corrientes de derivación intensas sostenidas. El tamaño del alambre y el espaciado se deben seleccionar para transportar la corriente generada por medio de la célula sin generar pérdidas resistivas significativas.

30 Las patentes de EE.UU. Nos. 4.260.429 y 4.283.591, muestran alambres conductores de revestimiento con un polímero que contenía partículas conductoras. Los problemas con las derivaciones inducidas por defectos podrían todavía existir debido a partículas conductoras más pequeñas en la distribución, y se llevaron a cabo mejoras

explicadas en la patente de EE.UU. Nº. 6.472.594. La solicitud de patente alemana DE 10109643 A1 divulga un método de fabricación de un módulo fotovoltaico a partir de tiras de células solares.

5 Independientemente de la manera detallada en la se traten las posibles trayectorias de derivación cuando se aplican rejillas conductoras a células solares flexibles, no se ha desarrollado un esquema de interconexión rentable, automatizado y exhaustivo para células solares flexibles que poseen muchas de las características automatizadas de integración monolítica sobre el vidrio rígido. Es una finalidad de la presente invención aportar un esquema de interconexión mejorado que podría ser denominado una "integración pseudo monolítica" apropiada para la implementación automatizada de células solares flexibles.

Compendio de la invención

10 En un aspecto de la invención, se proporcionan métodos mejorados para interconectar células solares flexibles. Los métodos mejorados incluyen características de automatización. En una realización, las características de automatización son similares a la integración monolítica.

En otro aspecto de la invención, se proporcionan métodos para interconectar células solares flexibles que son muy rentables, en comparación con los métodos convencionales menos automatizados.

15 En varias realizaciones de la invención, se proporcionan métodos mejorados para interconectar materiales de células solares de película fina y flexibles. En realizaciones, se pueden usar los métodos para formar lámina(s) a partir de las cuales se pueden cortar tiras integradas para crear módulos de diferentes tamaños.

En un aspecto, la presente invención se refiere a un método que preferentemente interconecta células solares y/o para formar láminas que comprenden un material de célula solar de película fina que comprende las etapas de:

20 a) proporcionar una pluralidad de tiras continuas de material de célula solar que comprenden cada una un sustrato flexible, una región de contacto negra conductora, una región foto-activa y una región conductora transparente;

25 b) transferir las tiras continuas de material de célula solar a una lámina de refuerzo continua de manera que el sustrato flexible entre en contacto con la lámina de refuerzo y se forme un hueco entre las tiras adyacentes;

c) aplicar un material aislante sobre una región predeterminada del borde de cada una de las tiras sobre cada lado del hueco, entrando en contacto dicho material aislante con al menos una parte de la lámina de refuerzo sobre cada lado del hueco;

30 d) formar una pluralidad de capas de unión sobre un extremo de cada una de las tiras dispuestas sobre un lado del hueco retirando de forma selectiva una parte del material aislante y la región foto-activa para exponer una parte de la región de contacto anterior;

e) proporcionar una pluralidad de alambres eléctricamente conductores en contacto con las capas de unión de la pluralidad de tiras de material de célula solar y la región conductora transparente;

35 f) formar una unión eléctrica entre la pluralidad de alambres eléctricamente conductores y cada una de las capas de unión; y

g) cortar los alambres sobre un lado de cada una de las capas de unión para formar regiones cortadas,

En otro aspecto, la presente invención se refiere a un sistema de procesado para formar células solares interconectadas que tienen tiras de material de célula solar, comprendiendo el sistema:

40 (a) un módulo de corte configurado para cortar un rollo o lámina de material de célula solar flexible para dar lugar a tiras de material de célula solar;

(b) un módulo abrasivo aguas abajo del módulo de corte, estando configurado el módulo abrasivo para tratar uno o más bordes de cada una de las tiras;

(c) un módulo de ensayo eléctrico aguas abajo del módulo abrasivo, estando configurado el módulo de ensayo eléctrico para someter a ensayo de forma continua las propiedades eléctricas de las tiras;

45 (d) un módulo de aplicación de material no conductor aguas abajo del módulo de ensayo eléctrico, estando configurado el módulo de aplicación de material no conductor para rellenar de forma continua un espacio que existe entre las tiras adyacentes con material aislante transparente;

50 (e) un módulo de aplicación de capa de unión aguas abajo del módulo de aplicación de material no conductor, estando configurado el módulo de aplicación de capa de unión para formar una pluralidad de capas de unión sobre una parte de borde de cada una de las tiras; y

(f) un módulo de aplicación de alambre aguas abajo del módulo de aplicación de capa de unión, estando configurado el módulo de aplicación de alambre para proporcionar un alambre eléctricamente conductor a través de una pluralidad de capas de unión de las tiras.

En otro aspecto, la presente invención se refiere a un artículo fotovoltaico que comprende:

- 5 a) tiras continuas de material de célula solar que comprenden cada una un sustrato flexible, una región de contacto negro conductora, una región foto-activa y una región conductora transparente;
- b) una lámina de refuerzo continua configurada de manera que el sustrato flexible entre en contacto con la lámina de refuerzo y se forme un hueco entre las tiras adyacentes;
- 10 c) material aislante que entra en contacto con ambos bordes de cada una de las tiras sobre cada lado del hueco y al menos una parte de la lámina de refuerzo sobre cada lado del hueco;
- d) una pluralidad de capas de unión en un extremo de cada una de las tiras dispuestas en un lado del hueco, en el que las capas de unión se forman por medio de retirada selectiva de una parte del material aislante y la región foto-activa para exponer una parte de la región de contacto anterior;
- 15 e) una pluralidad de alambres eléctricamente conductores en contacto eléctrico con las capas de unión de la pluralidad de tiras de material de célula solar y la región conductora transparente;
- f) regiones de corte formadas en un lado de cada una de las capas de unión que comprenden extremos adyacentes de alambres eléctricamente conductores y material aislante en contacto por un lado con las capas de unión y por otro, con los extremos adyacentes de los alambres eléctricamente conductores separados.

20 En otra realización, el método comprende

- a) cortar el material de célula solar de película fina en tiras continuas de una anchura pre-determinada bien a partir de un rollo o directamente y de forma continua a partir de un sistema de deposición;
- b) pulir de forma continua cada borde de cada tira para retirar cualquier material de derivación que haya quedado en la operación de corte (en un realización retirar de forma continua un área pequeña del material de célula solar solo en un borde de cada tira);
- 25 c) someter a ensayo de forma continua el rendimiento foto-eléctrico del material a lo largo de cada tira;
- d) laminar de forma continua una serie de tiras hasta una lámina de refuerzo con un pequeño espacio entre las tiras;
- 30 e) aplicar y curar una perla de material eléctricamente aislante transparente sobre el espacio pequeño entre las tiras;
- f) retirar una pequeña cantidad de material de célula solar y material aislante en puntos discretos solo en un borde de cada tira para formar capas de unión;
- g) suministrar un alambre de rejilla conductor a través de la serie de tiras y unir el alambre al sustrato (o electrodo trasero) en los puntos discretos en los cuales se haya retirado el material de célula solar;
- 35 h) unir el alambre con un patrón pre-determinado a través del electrodo superior (óxido conductor transparente, o TCO) de cada célula.
- i) cortar el alambre entre la rejilla de unión de alambre y la célula siguiente, y proporcionar una pequeña cantidad de polímero apto para curado con el fin de formar una barrera aislante;
- j) repetir el proceso para el próximo alambre de rejilla con un espaciado pre-determinado;
- 40 k) cortar el material de célula interconectado en filas de anchura apropiada para diversos diseños de módulo;
- l) unir las filas para dar lugar a patrones de módulo de tamaño pre-determinado; y
- m) someter a laminado una lámina superior flexible y transparente sobre las series para mantener los alambres conductores en contacto firme con el electrodo superior de célula.

45 **Breve descripción de los dibujos**

Las nuevas características de la invención se explican con particularidad en las reivindicaciones adjuntas. Se obtiene una mejor comprensión de las características y ventajas de la presente invención por medio de la referencia

a la siguiente descripción detallada que explica realizaciones ilustrativas, en la cuales se utilizan los principios de la invención, y los dibujos adjuntos en los cuales:

5 La Figura 1 es un diagrama esquemático que muestra el corte de un rollo (o lámina continua) de material de célula solar en tiras individuales que se tratan en la zona del borde y se someten a ensayo para formar rollos de material de célula solar con propiedades uniformes, de acuerdo con una realización de la invención;

La Figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra un método alternativo para formar tiras de material de célula solar en las que se retira automáticamente una banda estrecha de material de un borde de cada tira, de acuerdo con una realización de la invención;

10 La Figura 3A es una vista esquemática de una pluralidad de tiras que se laminan hasta una lámina anterior y se interconectan por medio de soldadura con detalles proporcionados en una vista ampliada, de acuerdo con una realización de la invención;

La Figura 3B es un corte transversal de una representación secuencial de los detalles de interconexión de células, de acuerdo con una realización de la invención;

15 La Figura 4 es una vista esquemática de un método alternativo al descrito en la Figura 3A, de acuerdo con una realización de la invención;

La Figura 5 es una vista esquemática de otro método alternativo de interconexión apropiado para el uso de adhesivos conductores en lugar de soldadura, de acuerdo con una realización de la invención; y

20 La Figura 6 es una ilustración esquemática que muestra un ejemplo del modo en el que pueden cortarse las células interconectadas para dar lugar a filas y se pueden conectar para dar lugar a módulos, de acuerdo con una realización de la invención.

Descripción detallada de la invención

25 Se aprecian y comprenden varias ventajas de la invención cuando se consideran junto con la siguiente descripción y los dibujos adjuntos. Aunque la siguiente memoria descriptiva puede contener detalles específicos que describen realizaciones particulares de la invención, no deberían interpretarse como limitaciones del alcance de la invención, sino más bien como un ejemplo de las realizaciones preferidas. Para cada aspecto y realización de la invención, son posibles muchas variaciones tal y como se sugiere en la presente memoria y resultan conocidas por los expertos en la técnica. Se puede llevar a cabo una variedad de cambios y modificaciones dentro del alcance de la invención sin apartarse de su espíritu.

30 Ahora se hace referencia a las figuras, en las cuales los números similares se refieren a partes similares en todo momento. Se aprecia que las figuras no necesariamente están dibujadas a escala.

35 La Figura 1 muestra una vista en perspectiva superior/lateral esquemática que ilustra un corte continuo automatizado y procesado de áreas grandes de material de célula solar flexible para dar lugar a tiras individuales de un tamaño predeterminado. Generalmente, el material de célula solar comprende un sustrato flexible, una región de contacto negra conductora sobre la superficie superior del sustrato, una región foto-activa que comprende una o más capas depositadas sobre la región de contacto anterior y una región conductora transparente depositada sobre la región foto-activa. El sustrato flexible puede estar formado por un material no conductor, normalmente un material polimérico tal como poliimida o un material conductor. Sustratos conductores ejemplares incluyen papeles metalizados tales como acero inoxidable o aluminio o papel metalizado de titanio. Existe una región de contacto anterior sobre la superficie del sustrato. Normalmente, la región de contacto anterior es un metal conductor tal como molibdeno, cobre, tungsteno o tántalo, no obstante, en los casos en los cuales se usa un sustrato conductor, la región de contacto anterior puede ser una superficie superior de dicho sustrato. En otros casos en los que se usa un sustrato conductor, se puede aplicar una región de contacto anterior adicional (normalmente Mo) a la superficie superior del sustrato. Se deposita la región foto-activa sobre la región de contacto negra y comprende un material absorbente de película fina que convierte la energía solar en energía eléctrica. Ejemplos incluyen CIGS, CdTe, 40 GaAs, silicio amorfo y similares. La región foto-activa también incluye capas adicionales que facilitan la conversión eficaz de energía solar, incluyendo capas de amortiguamiento y capas de ventana. En una realización ilustrativa, la región foto-activa comprende una capa absorbente de CIGS, una capa de amortiguamiento de CdS y una capa de ventana intrínseca de ZnO. La región conductora transparente existe sobre la parte superior de la región foto-activa. Los materiales ejemplares para la región conductora transparente incluyen óxidos conductores transparentes tales como óxido de estaño e indio u óxido de cinc y aluminio.

50 En otra realización, por cuestiones de simplicidad, se muestra la entrada 1 de material de célula solar flexible y terminado en forma de rollo, y viene indicado de forma que tiene anchura suficiente, W, para albergar una pluralidad de tiras individuales 2. En otras realizaciones, no se requiere que el material de fuente esté en forma de rollo, sino que podría provenir directamente del equipo que lleva a cabo la etapa final en la producción de células, o puede ser 55 la entrada de una serie de láminas individuales de alguna longitud conveniente. El procesado transcurre en la dirección de la flecha indicada. Adicionalmente, las tiras procesadas 3 se pueden alimentar a la siguiente zona de

procesado o estación sin enrollarse primero para dar lugar a rollos individuales 4 como se ilustra en la Figura 4 por motivos de conveniencia. No obstante, dependiendo de los requisitos de las etapas de procesado aguas abajo, la manipulación de las tiras en forma de rollo podría resultar deseable o incluso necesaria. Para los fines de discusión o ilustración, se considera que el material de célula solar de película fina se tiene que depositar sobre el lado del sustrato que está en el exterior del rollo indicado (sobre la parte superior de la figura), pero el material de células solar se podría depositar en cualquier lado del rollo.

En una realización, el procesado comienza por medio del uso de un módulo de corte que tiene una serie de cuchillas 5 (por ejemplo, cuchillas rotatorias) u otros dispositivos de corte (o miembros de corte) con el fin de producir una pluralidad de bandas 2. Los bordes de corte de las tiras de célula solar pueden tener defectos desde la operación de corte que deja cantidades pequeñas de material conductor o partículas unidas a través de la junta p-n. Esto puede provocar cierto cortocircuito eléctrico (o derivación) en diversos puntos a lo largo de los bordes de la célula, lo que puede resultar perjudicial para el rendimiento de la célula solar. Con el fin de garantizar que esto no suceda, en una realización, se usa un módulo abrasivo que tiene miembros abrasivos para tratar uno o más bordes de cada una de las tiras para retirar cualquier material, tal como un material residual que pueda provocar un cortocircuito eléctrico entre las tiras. En una realización, se ubica una serie de cuchillas abrasivas 6 para provocar la abrasión de cada borde de cada tira. La colocación de las cuchillas abrasivas en un ángulo θ de menos que 90 grados con respecto al plano de las células, como viene indicado, contribuye a garantizar que la abrasión comienza sobre el lado de deposición de la célula (es decir, la parte superior) del sustrato y transcurre hacia la parte anterior. Este movimiento relativo entre la célula y la cuchilla tiende a plegar el lado superior del revestimiento de las células de debajo, creando un ángulo ligero que favorece la abrasión en el borde revestido de la célula. Se puede usar un dispositivo de vacío o sistema (no mostrado) para retirar las partículas perdidas de las tiras que se crean por medio de la abrasión. Esto elimina cualquier materia que podría provocar un corto a través de la unión p-n de la célula.

Haciendo referencia continuada a la Figura 1, después de haber limpiado los bordes de las tiras de células y haberlos liberado de cualesquiera derivaciones eléctricas, se hacen pasar las bandas a un módulo de ensayo eléctrico y bajo un medio de ensayo eléctrico o dispositivo indicado como elemento 7. En este momento, se registran de forma continua la corriente de corto circuito y el voltaje de circuito abierto para un área de alcance limitado, tal como un área definida por una abertura iluminada. Se puede usar este historial registrado de rendimiento de la célula para optimizar la construcción del módulo solar. Se pueden hacer pasar las tiras de células sometidas a ensayo a la siguiente estación de procesado sobre los rollos 4, o se pueden alimentar directamente al interior de la siguiente estación sin enrollarse con anterioridad. En cualquier caso resulta ventajoso hacer una clasificación de los datos de rendimiento de la célula entre la estación de ensayo y la estación de laminado en rollos. No se muestra con detalle en el dibujo, pero 3a indica una etapa en la que se puede cortar el material infra-funcional (es decir, un material que no cumple los requisitos de rendimiento predeterminados) a partir de la tira y se puede juntar de nuevo la tira. En su realización más elegante, esta operación de corte y unión se puede usar para producir rollos completos de material clasificado en depósitos apropiados para el laminado posterior que dé lugar a módulos. Para esta operación, los rollos 4 no se montan de forma rígida a lo largo de un eje común como se sugiere en el dibujo. En lugar de ello, se pueden descentrar los rollos, unos con respecto a otros (por ejemplo, alternativamente arriba y abajo usando los rodillos apropiados) y se pueden intercambiar durante la operación de corte y unión. De esta forma, cualquier rollo puede acumular material de célula que se ha sometido a ensayo en un intervalo estrecho de rendimiento, procediendo dicho material de cualquiera de las tiras, dependiendo de los datos de ensayo.

La Figura 2 indica un dispositivo de corte alternativo y un proceso. El dispositivo de corte alternativo incluye un conjunto de ruedas abrasivas 8 configuradas para retirar una línea estrecha de material de célula en cualquier otra posición de corte. La anchura de esta línea de material retirado puede ser del orden de varias decenas de milésimas de pulgada (también "mili-pulgas" en la presente memoria). En determinadas realizaciones, la anchura de esta línea de material retirado puede estar entre aproximadamente 0,021" y 0,080". El dispositivo de corte produce las tiras de material de célula como se ha descrito previamente, estando el corte en el medio de las líneas sometidas a abrasión creadas por las ruedas 8. Los bordes de la tira de las células se limpian de puntos de derivación por medio de cuchillas abrasivas 6, exceptuando que ahora únicamente se necesita otra cuchilla ya que las ruedas abrasivas 8 ya han desempeñado su función en la región de la retirada de material de célula. Esta operación produce tiras de material de célula solar, cada una de las cuales tiene una región estrecha de material retirada a lo largo de uno de sus bordes. Las tiras se enrollan de manera más conveniente sobre ruedas 4 para alimentar en la siguiente estación, ya que es necesario orientar el borde con el material retirado en el mismo sentido. Es decir, es necesario girar cada rollo. Se puede clasificar el material en una operación de corte y unión para producir de nuevo rollos con rendimiento uniforme, como se ha descrito anteriormente.

En una realización, las tiras de células que se crean como se muestra en la Figura 1 pueden a continuación alimentarse a una estación de montaje como se muestra en la Figura 3A para el procesado posterior. El procesado transcurre en la dirección indicada por la flecha bien de forma continua o en etapas discretas. En este caso, no es necesario enrollar la tiras de células en rollos 4, sino que se pueden alimentar de forma alterna directamente al interior de la estación a partir de la anterior. No obstante, se pueden optimizar la eficacias de módulo por medio del uso de rollos de material de la misma calidad como se describe por medio de la operación 3a. Independientemente de la forma en la que se introducen las tiras de células, se laminan las tiras de células 3 (es decir, se adhieren) sobre una lámina de refuerzo 10 con un pequeño hueco predeterminado 11 (visión ampliada) que queda entre cada tira. La lámina de refuerzo 10 puede incluir, por ejemplo, una membrana fina de un material polimérico, tal como, por

ejemplo, poli(terefatalato de etileno) (PET), que transporta una capa fina de adhesivo termoplástico que se suministra a partir del rollo. Se pueden usar otros materiales de lámina de refuerzo también, y no es necesario que sean transparentes ya que están detrás del material de célula activo. Si se usan sustratos de papel metalizado, se deben aislar eléctricamente de manera apropiada del electrodo anterior de las células o la lámina de refuerzo debe ser aislante para evitar el cortocircuito de las células juntas. La finalidad de la lámina de refuerzo 10 es albergar las tiras de células ubicadas de forma segura unas con respecto a otras, con un espacio pequeño 11 entre las tiras. Es necesario que las tiras de células estén lo más próximas posibles entre ellas para minimizar la pérdida de luz, pero no pueden tocarse y producir el cortocircuito eléctrico (es decir, preferentemente las tiras de células deberían estar eléctricamente aisladas unas de otras). Si el sustrato flexible es un material magnético, es posible eliminar la lámina de refuerzo y llevar a cabo la operación de interconexión usando una tabla magnética para mantener las tiras en su sitio. En este caso, las tiras de células tienen un material aislante transparente pre-revestido a lo largo de cada borde y curado para evitar el cortocircuito accidental. También podrían cambiar otros detalles con respecto al ejemplo general comentado a continuación, pero resultarán evidentes para los expertos en la técnica. Se aprecia que el dibujo no está a escala, y los detalles a lo largo del hueco 11 están exagerados con respecto a la anchura de la tira.

Haciendo referencia continua a la Figura 3A, una vez que se han unido las tiras células (por ejemplo, laminado) a la lámina de refuerzo, en un módulo de aplicación de material no conductor, el medio 12 de aplicación de material no conductor (o miembro) aplica una capa 13 estrecha y fina de un material no conductor (o que no conduce) sobre al menos una parte de la región del hueco 11. En realizaciones, este material debería ser transparente al flujo solar y ser susceptible de curado rápido. En una realización, el material no conductor es un material dieléctrico. En otra realización, el material no conductor es un material eléctricamente aislante (también "aislante" en la presente memoria). Por ejemplo, el material se puede curar con ayuda de luz ultravioleta (UV) o un nivel bajo de calentamiento, tal como se podría aplicar con un láser de baja potencia. En una realización, el material es un polímero transparente y no conductor (o aislante). En otra realización, el material es un material dieléctrico, tal como un adhesivo dieléctrico. En algunas realizaciones, el material dieléctrico puede incluir Edge Protection Sealant (#0812) fabricado por Bekaert que se puede curar en varios segundos. En la visión ampliada de la Figura 3A, la capa fina de material no conductor (adhesivo) 13 viene indicada como que está unida (o definida) por las líneas de trazos 13a. Debido a que el material es transparente, existe cierta apreciación sobre la anchura exacta de la aplicación. Debería abarcar al menos una parte de la región de la lámina de refuerzo en el hueco 11 y una región pre-determinada del borde de cada una de las bandas en cada lado del hueco para evitar que las tiras se toquen o produzcan un cortocircuito juntas con la manipulación posterior, y debería proporcionarse una región protectora y aislante para las operaciones posteriores de unión de células. Preferentemente, de acuerdo con una realización, se rellena el hueco. En una realización, la anchura del material no conductor (la anchura de la región definida por las líneas de trazos 13a) puede estar entre aproximadamente 1 milímetro a varios milímetros, tal como 10 milímetros.

A continuación, haciendo referencia continuada a la Figura 3A, en un módulo de aplicación de capa de unión, el medio de aplicación de capa de unión o miembro 14 crea un área 15 de capa de unión pequeña a lo largo de un borde de cada tira. Esto se puede conseguir con un tipo de dispositivo de corte de molino terminal rotatorio de pequeño tamaño, o un disco abrasivo pequeño u otra herramienta similar. Normalmente, el diámetro podría ser del orden de unas pocas decenas de milésimas de pulgada. Los molinos terminales de carburo en miniatura se encuentran fácilmente disponibles con diámetros que varían de 5 a 60 milésimas de pulgada, aunque los molinos de 1/64" y 1/32" son estándar en las herramientas normales para acero. Alternativamente, la región de capa de unión se puede formar por medio del uso de un láser. El uso de un láser proporciona la ventaja de un control mucho mejor de las dimensiones de la región de capa de unión y puede también reducir la cantidad de fragmentos formados en esa región que podrían provocar el cortocircuito (o derivación) del material de célula solar. Nótese que la capa se muestra colocada ligeramente fuera del borde de la célula para formar una trayectoria libre de material de célula a lo largo del borde de la célula. Esto es más por motivos de conveniencia que por necesidad. La capa (y el punto de corte del alambre, véase a continuación) se pueden colocar en cualquier punto dentro del lado más amplio del área 13. El intervalo de colocación se ilustra en la figura por medio de los elementos 15a y 23a.

A continuación, una vez que se han formado las capas de unión, en un módulo de aplicación de alambre, se alimenta un alambre eléctricamente conductor, 16, a partir de una bobina 17 (u otro miembro de aplicación de alambre) a través de las filas de tiras de células solares sobre las capas de unión y se sujeta y se somete a tensión por medio de una pinza 18 esquemática. Para tamaños deseables de células solares con espaciado de rejilla común, de manera ventajosa el diámetro se encuentra dentro del intervalo de 3 a 6 milésimas de pulgada, no obstante se puede usar un amplio intervalo de diámetros de alambre o espesores para la presente aplicación. Se muestra un único alambre de suministro en la figura, pero se pueden usar una pluralidad de estaciones de suministro de alambre. A continuación, un medio 19 de aplicación de material adhesivo y transparente (o miembro) aplica una serie de gotas 20 adhesivas y transparentes al alambre 16 y produce el curado rápido de las gotas para que el alambre (o alambres) se mantenga en su sitio. Una vez que se ha fijado en su sitio, se cortan los dos extremos del alambre hasta la anchura de la lámina. La lámina avanza hasta el medio de soldadura (o miembro) 21 en el que los cabezales de soldadura múltiples unen el alambre a las capas de unión 15 en los puntos predeterminados 22, indicados por Xs en la vista ampliada de la Figura 3A. Se debe prestar atención para garantizar que el punto de soldadura no invada las paredes laterales del material de célula alrededor de la capa de unión, de modo que se crearía una trayectoria de cortocircuito eléctrico. Justo antes de unir el alambre a la capa de unión, una serie de cuchillas pequeñas, o un láser, corta los alambres adyacentes a las posiciones de unión, 23, y se aplica una

pequeña gota de adhesivo transparente (tal como un material 13 no conductor) tanto al área unida como al área cortada y se curan para garantizar que no tiene lugar cortocircuito o re-conexión alguna del alambre. Esto completa la interconexión de las células a lo largo del alambre suministrado. Se puede repetir el proceso con un espaciado "S" preseleccionado para crear una lámina de células solares interconectadas.

5 La Figura 3B ilustra la progresión (formación de capa a capa) de etapas interconectadas en el corte transversal de la frontera de célula a célula (A-A en la Figura 3A) como secuencia de cuatro dibujos marcados (1) a través (4), de acuerdo con una realización de la invención. Se aprecia que la Figura 3B y los dibujos no están a escala, estando la dimensión de espesor (vertical) muy exagerada con respecto a la dimensión de longitud (horizontal). Haciendo referencia a la Figura 3B, el dibujo (1) muestra una parte de la lámina de refuerzo 10 con un hueco pequeño 11 que separa las dos tiras de células 3. En este caso, las dos partes principales de las tiras vienen indicadas como el sustrato 31 (por ejemplo, un papel metalizado, tal como un papel metalizado de acero inoxidable o aluminio o papel metalizado de tantalio) y la pila 32 de células solares activas, tal como la pila de células solares CIGS o CdTe. En el dibujo (2), se ha aplicado el material 13 no reductor a la región de interconexión y se ha curado, y se ha formado la capa de unión 15. El material no conductor 13 también rellena el hueco 11. En la realización ilustrada, en el área de capa 15, se ha retirado el material 32 de célula solar activa hasta el sustrato 31 (un papel metalizado en este caso), y la capa se extiende ligeramente al interior de la región de hueco 11, como se ha descrito previamente en la Figura 3A. En el caso en el que el sustrato flexible sea un sustrato no conductor, se puede retirar el material 32 de células solar activo hasta la región de contacto anterior aplicada sobre el sustrato flexible. En el dibujo (3), se proporciona un alambre 16 (por ejemplo, estirado) a través de las células, y se lleva a cabo una soldadura o conexión de soldadura 22 entre el alambre 16 y el sustrato 31. La conexión 22 se ilustra de forma muy esquemática. A escala real, la capa 15 es muchas veces más ancha que el sustrato 3a, de manera que el alambre 16 es empujado hacia abajo en el centro de la capa para producir el contacto. Se debe prestar atención en esta etapa con el fin de garantizar que no se permite el contacto del alambre 16 con el material de célula 32 en ninguna posición de la capa. El dibujo (4) muestra el alambre 16 cortado en la posición 23 (véase la Figura 3A) y tanto la región cortada como la capa/región unida se rellenan con un material 13 no conductor y transparente y se someten a curado. Esto evita que los elementos experimenten cortocircuito durante la manipulación posterior.

Haciendo referencia a la Figura 4, en una realización, se muestra un método alternativo de interconexión de células cuando se procesa la lámina original como se describe en la Figura 2. Los elementos comunes a los de la Figura 3A se marcan de forma similar. Como se ha comentado anteriormente, se deben girar los rollos alternos 4 mostrados en la Figura 2 para orientar de forma correcta el laminado sobre la lámina de refuerzo. Esto tiene como resultado una línea estrecha a lo largo de un borde de cada tira que se limpia de material de célula solar, con el fin de exponer una área en forma de región de unión continua, es decir, capa continua. En la Figura 4, esta región viene representada por el área entre la línea 24 y el hueco 11 en la vista ampliada. El procesado es el mismo que el ejemplo anterior exceptuando que no se expone una capa discreta. En lugar de ello, se lleva a cabo la soldadura o conexión de soldadura 22 a través de la capa estrecha de material dieléctrico curado (o no conductor). La ventaja de este método es que elimina la necesidad de una precisión elevada en la colocación del alambre sobre la capa de unión pequeña, pero a costa de retirar aproximadamente de 1 % a 2 % del área de la célula que, de otro modo, podría recoger luz y generar energía. Por este motivo, al menos en algunos casos, el método de la Figura 3A podría resultar preferido, incluso si se requiere una mayor precisión en la colocación.

40 La Figura 5 ilustra otro método alternativo. En este método, se añade otra etapa para permitir el uso de adhesivos conductores, por ejemplo, epoxi relleno con plata, para preparar la interconexión. Esto es una alternativa al uso de soldadura para formar las interconexiones entre las células. No obstante, el método es el mismo que el descrito para la Figura 3A. La Figura 5 muestra un medio 14a de aplicación de capa de unión adicional (o miembro). El medio 14 genera una capa de unión similar como se ha descrito anteriormente, pero el área se rellena inmediatamente con un adhesivo asilante y se somete a curado de forma rápida. En el medio 14a de etapa siguiente se genera una capa de unión ligeramente más pequeña centrada en el primero. En la vista ampliada, esto viene indicado por 25. Los tamaños de las capas están sometidos a apreciación dependiendo de la capacidad de precisión del equipo; no obstante, la idea es crear una capa más pequeña dentro de una capa más grande y proporcionar una cubierta aislante sobre las paredes laterales del material de célula que se ha quedado expuesto en la preparación de la primera capa.

Cuanto más preciso sea el equipo, más pequeña puede ser la característica, dando como resultado una pérdida de luz menor y una eficacia y rendimiento de célula solar mejorados. No obstante, la capa abierta 25 no debería ser pequeña, en comparación con el diámetro del alambre 16. Por ejemplo, si el alambre 16 tiene un diámetro de aproximadamente 0,005 pulgadas, entonces el diámetro de la capa 25 debería ser de unas pocas veces más grande, tal como entre aproximadamente 2 y 10 veces más grande, o entre aproximadamente 4 y 6 veces más grande. En una realización, un intervalo aceptable podría estar entre aproximadamente 0,020 y 0,030 pulgadas. En lugar de soldadura, ahora el medio 21 suministra y cura un pequeña gota de adhesivo conductor sobre el alambre 16, que rellena el área de la capa 25. Debido a que los adhesivos conductores no presentan una resistencia tan baja como los metales puros, el área de contacto extra sobre el alambre y la capa (en comparación con la soldadura) rebaja la resistencia total del contacto lo suficiente para que resulte aceptable y, de hecho, sea comparable en cuanto a rendimiento a las operaciones de soldadura. La construcción de la "capa doble" con las paredes laterales aislantes evita que el adhesivo conductor provoque un cortocircuito a través de la junta de célula solar. El alambre 16 se corta en las posiciones 23 y se aísla como se ha comentado previamente.

Con referencia a la Figura 6, en una realización de la invención, se ilustra el principio de corte de una lámina continua de células interconectadas 24 para dar lugar a tiras de células interconectadas. Los cortes 26 están formados con anchuras de tira predeterminadas (SW), y los corte se proyectan paralelos a y entre los alambres 16. Una vez que se han añadido las barras colectoras 27 a cada uno de los extremos de cada fila, se pueden invertir dos filas, una con respecto a la otra, y se pueden conectar en un extremo para preparar el módulo básico 28. Posteriormente, se somete a laminado una lámina 29 superior y transparente sobre el módulo. Esto lleva a cabo dos funciones. En primer lugar, sella la lámina superior a la lámina anterior y proporciona más resistencia mecánica para la manipulación. En segundo lugar, empuja los alambres contra el electrodo superior de las células para generar un buen contacto eléctrico. En una realización preferida, el contacto eléctrico entre el electrodo superior y las células es tal que se minimiza la re-captura de electrones por parte de la célula solar, contribuyendo de este modo a un rendimiento óptimo del dispositivo.

Este esquema de interconexión permite una gran flexibilidad tanto en el tamaño de los módulos como en las características eléctricas. A modo de ejemplo, el módulo 28 puede tener su voltaje doblado (pero el mismo área total y forma) por medio del uso de 4 filas conectadas en serie con una anchura de SW/2. Alternativamente, se puede preparar un módulo de tamaño doble usando 4 filas de anchura SW y el voltaje se doblaría si se encuentran conectadas en serie. Si se desearan módulos incluso más grandes, sin tener un aumento de voltaje, se podría conectar un conjunto apropiado de sub-módulos en paralelo. De este modo, por medio del uso de una configuración de lámina continua, se puede diseñar un intervalo muy amplio de módulos que tienen diferentes tamaños y características eléctricas. Con un cambio en la anchura de rendija del material de célula y un cambio en la anchura y número de rollos de material interconectados, se podrían preparar numerosos módulos.

En varias realizaciones, se proporciona un sistema de control para vigilar (o automatizar) la formación de láminas que comprenden un material de célula solar de película fina. Se puede configurar el sistema de control para controlar la progresión del material de célula solar en un proceso de rollo-a-rollo, además del miembro de aplicación de material no conductor, los miembros de aplicación de la capa de unión, los miembros de aplicación del material adhesivo transparente, la soldadura o miembro de soldadura y el miembro de ensayo eléctrico o dispositivo. Por ejemplo, el sistema de control puede controlar la velocidad a la cual se alimenta el material de célula solar o se dirige a diversos módulos de diversas realizaciones de la invención. Como otro ejemplo, el sistema de control puede controlar el punto y la manera en que el miembro 14 de aplicación de capa de unión crea el área 15 de capa de unión. El sistema de control también puede controlar diversos robots y equipos de vacío para mover los componentes entre los sistemas de procesado o módulos.

Aunque se han mostrado realizaciones preferidas de la presente invención y se han descrito en la presente memoria, resultará obvio para los expertos en la técnica que dichas realizaciones se proporcionan únicamente a modo de ejemplo. Ahora, a los expertos en la técnica, se les ocurrirán numerosas variaciones, cambios y sustituciones. Debe entenderse que se pueden emplear varias alternativas a las realizaciones de la invención en la presente memoria en la práctica de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un método para preparar láminas de células solares interconectadas, que comprende:
- 5 a) proporcionar una pluralidad de tiras continuas (3) de material de célula solar que comprenden cada una un sustrato flexible, una región de contacto negra conductora, una región foto-activa y una región conductora transparente;
 - b) adherir las tiras continuas de material de célula solar a una lámina (10) de refuerzo continua de manera que el sustrato flexible entre en contacto con la lámina de refuerzo y se forme un hueco (11) entre las tiras adyacentes;
 - 10 c) aplicar un material aislante (13) sobre una región predeterminada del borde de cada una de las tiras sobre cada lado del hueco (11), entrando en contacto dicho material aislante con al menos una parte de la lámina de refuerzo (10) sobre cada lado del hueco;
 - d) formar una pluralidad de capas de unión (15) sobre un extremo de cada una de las tiras dispuestas sobre un lado del hueco por medio de la retirada selectiva de una parte del material aislante (13) y la región foto-activa para exponer una parte de la región de contacto negra;
 - 15 e) proporcionar al menos un alambre (16) eléctricamente conductor en contacto eléctrico con capas de unión (15) de la pluralidad de tiras de material de célula solar y la región conductora transparente, y;
 - f) cortar los alambres (16) sobre cada lado de cada una de las capas de unión para formar regiones cortadas.
2. El método de la reivindicación 1, que además comprende una etapa de aplicar un material aislante a las capas de unión y regiones cortadas después de la etapa de corte de los alambres.
3. El método de la reivindicación 1 ó 2, que además comprende una etapa de curado del material aislante una vez que se ha aplicado a las tiras.
4. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que el material aislante es un material aislante transparente.
- 25 5. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, que además comprende cortar las láminas de material de célula solar interconectada en las regiones entre una parte de dichos alambres eléctricamente conductores para formar filas de células solares de anchura pre-determinada.
6. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, que además comprende una etapa de unir la pluralidad de alambres eléctricamente conductores a barras terminales en cada extremo de las láminas de células solares interconectadas, para conectar al circuito externo.
- 30 7. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, que además comprende una etapa de proporcionar una lámina flexible transparente superior sobre las láminas de células solares interconectadas y someter a laminado dicha lámina flexible transparente superior.
8. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-7, que además comprende la etapa de cortar un rollo relativamente ancho o lámina larga de material de célula solar flexible para dar lugar a una pluralidad de tiras de material de célula solar.
- 35 9. El método de la reivindicación 8, que además comprende una etapa de tratamiento de uno o más bordes de la pluralidad de tiras de material de célula solar tras la etapa de corte para retirar los defectos y fragmentos.
10. El método de la reivindicación 8, que además comprende enrollar las tiras de material de célula solar sobre un rollo tras la etapa de corte.
- 40 11. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-10, que además comprende una etapa de someter a ensayo las propiedades eléctricas a lo largo de cada una de las tiras continuas de material de célula solar.
12. El método de la reivindicación 11, en el que las tiras continuas de material de célula solar están clasificadas de acuerdo con sus propiedades eléctricas antes de la etapa de transferencia de las tiras continuas de material de célula solar a una lámina de refuerzo continua.
- 45 13. Un sistema de procesado que comprende formar células solares interconectadas que tienen tiras de material de célula solar, comprendiendo el sistema: :
- un módulo de corte (5) configurado para cortar un rollo o lámina de material de célula solar flexible para dar lugar a tiras de material de célula solar;

un módulo abrasivo aguas abajo del módulo de corte, estando configurado el módulo abrasivo para tratar uno o más bordes de cada una de las tiras;

un módulo (7) de ensayo eléctrico aguas abajo del módulo abrasivo, estando configurado el módulo de ensayo eléctrico para someter a ensayo de forma continua las propiedades de las tiras;

5 un módulo (12) de aplicación de material no conductor aguas abajo del módulo de ensayo eléctrico, estando configurado el módulo de aplicación de material no conductor para rellenar de forma continua un espacio entre las tiras adyacentes con material aislante y transparente;

10 un módulo (14) de aplicación de capa de unión aguas abajo del módulo de aplicación de material no conductor, estando configurado el módulo de aplicación de la capa de unión para formar una pluralidad de capas de unión sobre una parte de borde de cada una de las tiras; y

un módulo de aplicación de alambre aguas abajo del módulo de aplicación de la capa de unión, estando configurado el módulo de aplicación para proporcionar un alambre eléctricamente conductor a través de la pluralidad de capas de unión de las tiras.

14. Un artículo fotovoltaico que comprende:

15 a) tiras continuas (3) de material de célula solar que comprenden cada una un sustrato flexible, una región de contacto negra conductora, una región foto-activa y una región conductora transparente;

b) una lámina (10) de refuerzo continua configurada de manera que el sustrato flexible entre en contacto con la lámina de refuerzo y se forme un hueco entre las tiras adyacentes;

20 c) material aislante (13) que entra en contacto con ambos bordes de cada una de las tiras sobre cada lado del hueco y al menos una parte de la lámina de refuerzo sobre cada lado del hueco;

d) una pluralidad de capas de unión (15) en un extremo de cada una de las tiras dispuestas sobre un lado del hueco, en el que las capas de unión se forman por medio de retirada selectiva de una parte del material aislante y la región foto-activa para exponer una parte de la región de contacto negra;

25 e) una pluralidad de alambres (16) eléctricamente conductores en contacto eléctrico con las capas de unión de la pluralidad de tiras de material de célula solar y la región conductora transparente;

f) regiones de corte formadas sobre un lado de cada una de las capas de unión que comprenden extremos adyacentes de alambres eléctricamente conductores y material aislante en contacto por un lado con las capas de unión y por otro, con los extremos adyacentes de los alambres eléctricamente conductores separados.

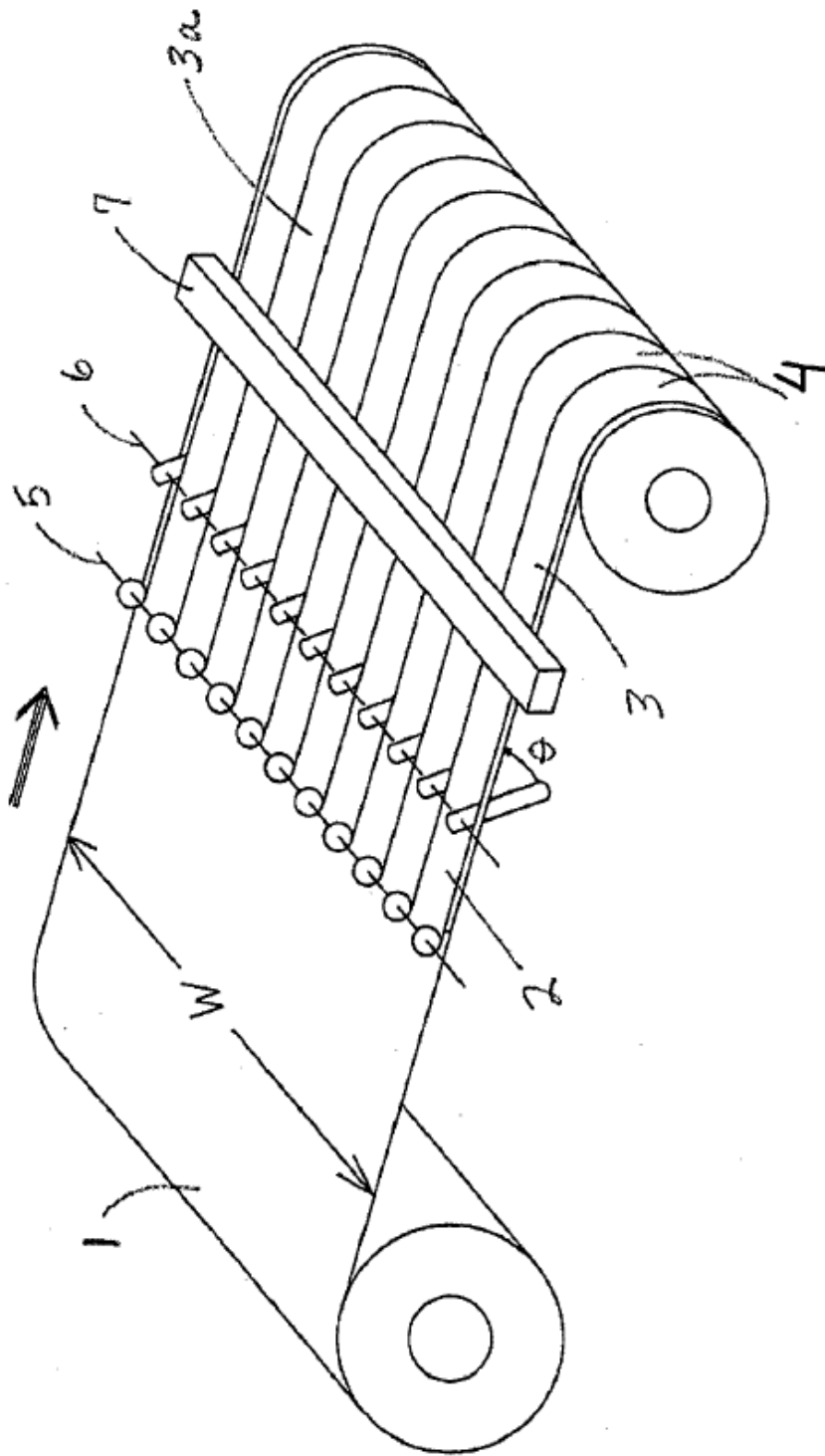


FIG. 1

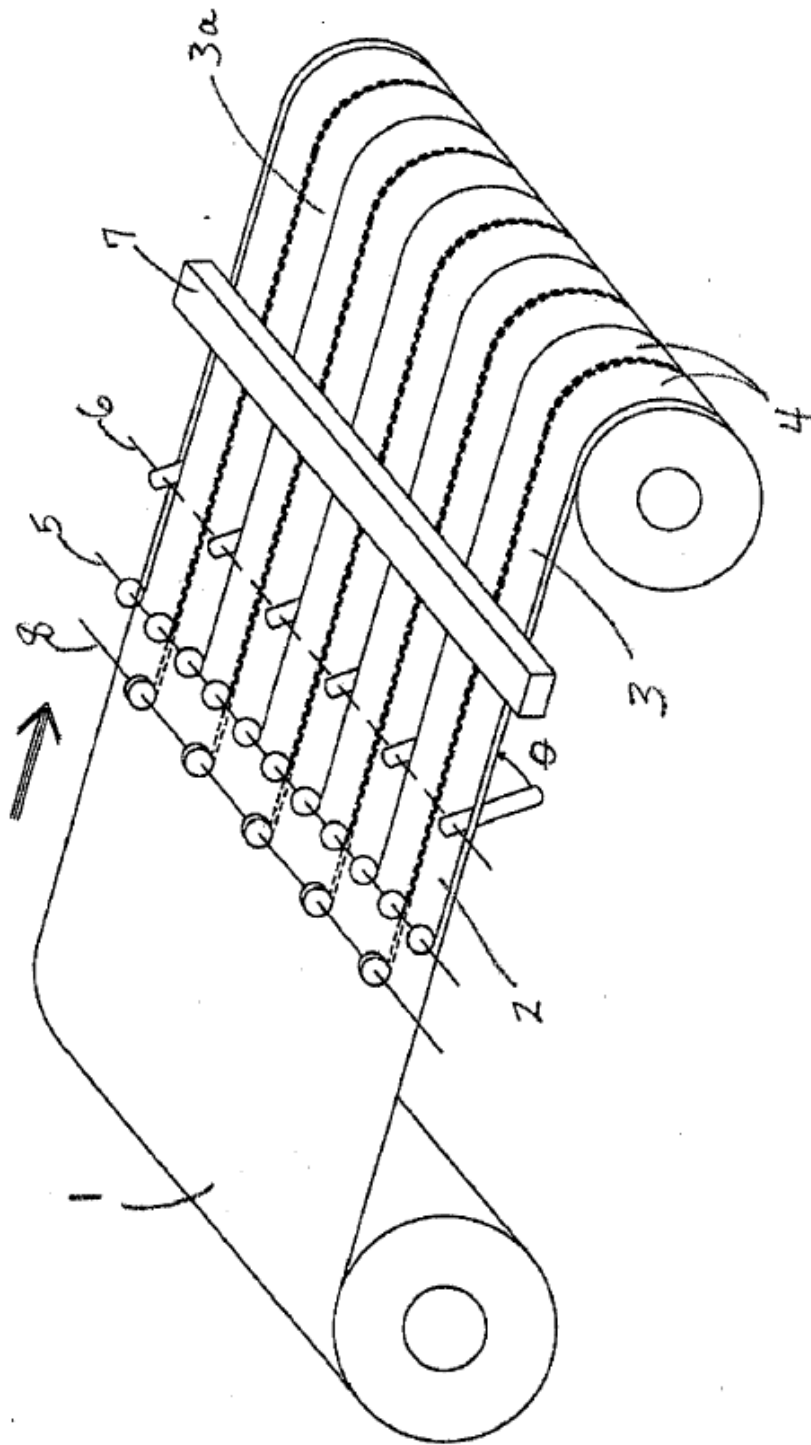


FIG. 2

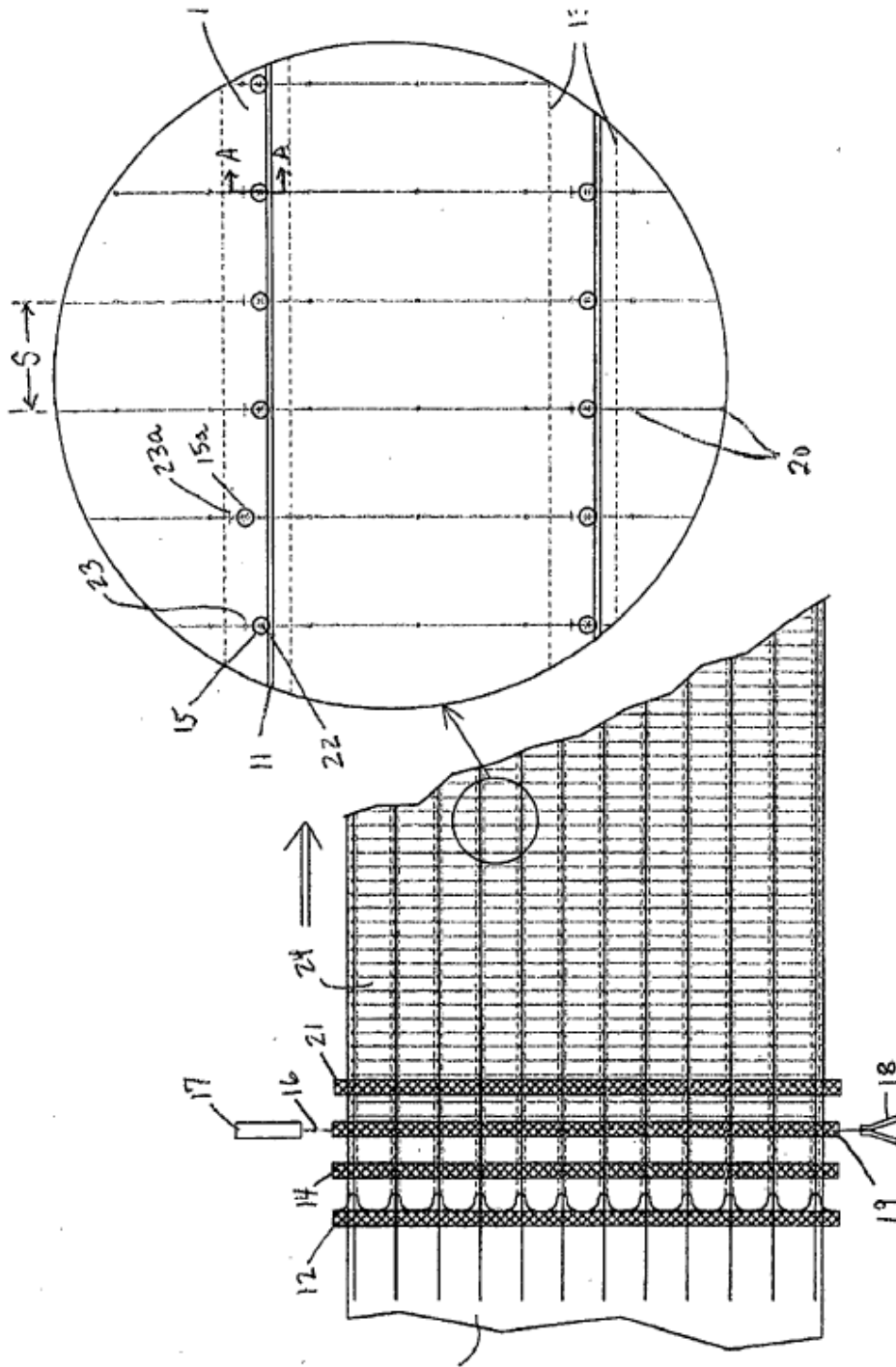


FIG. 3A

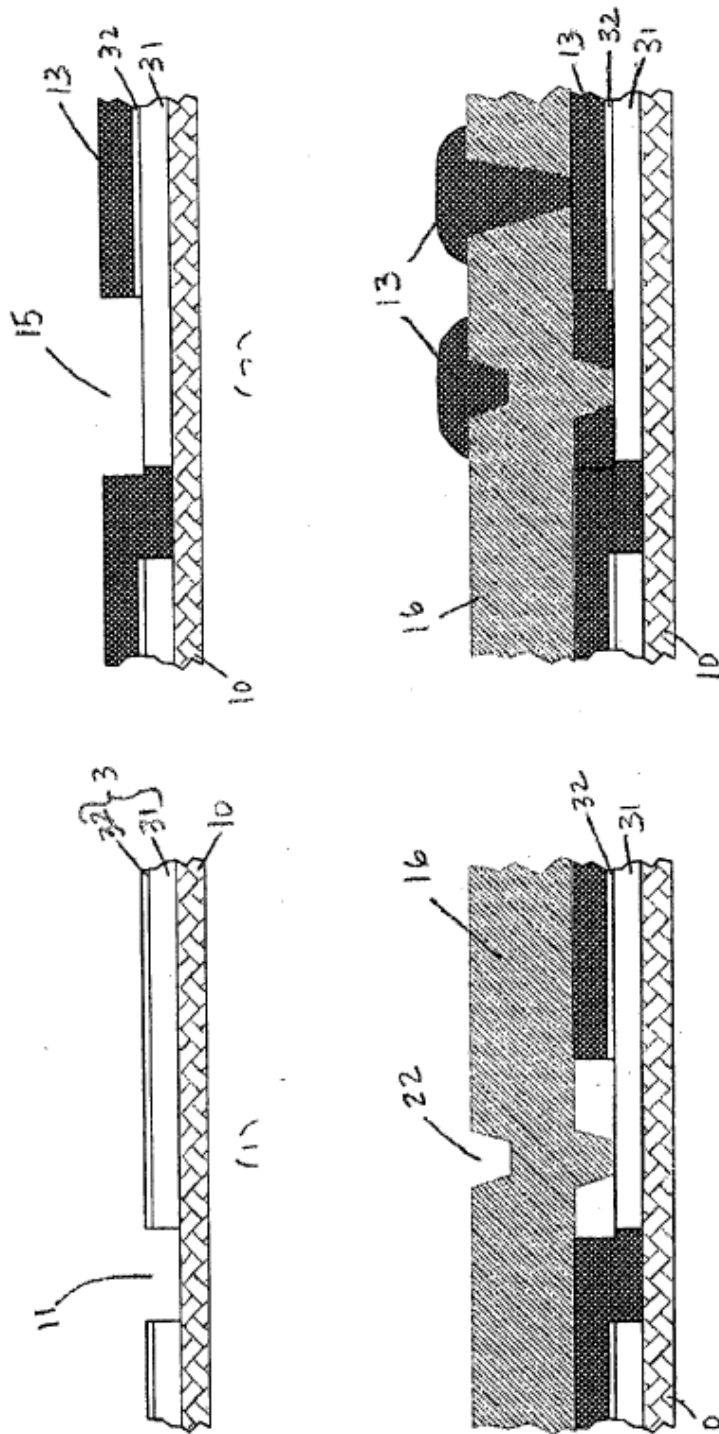


FIG. 3B

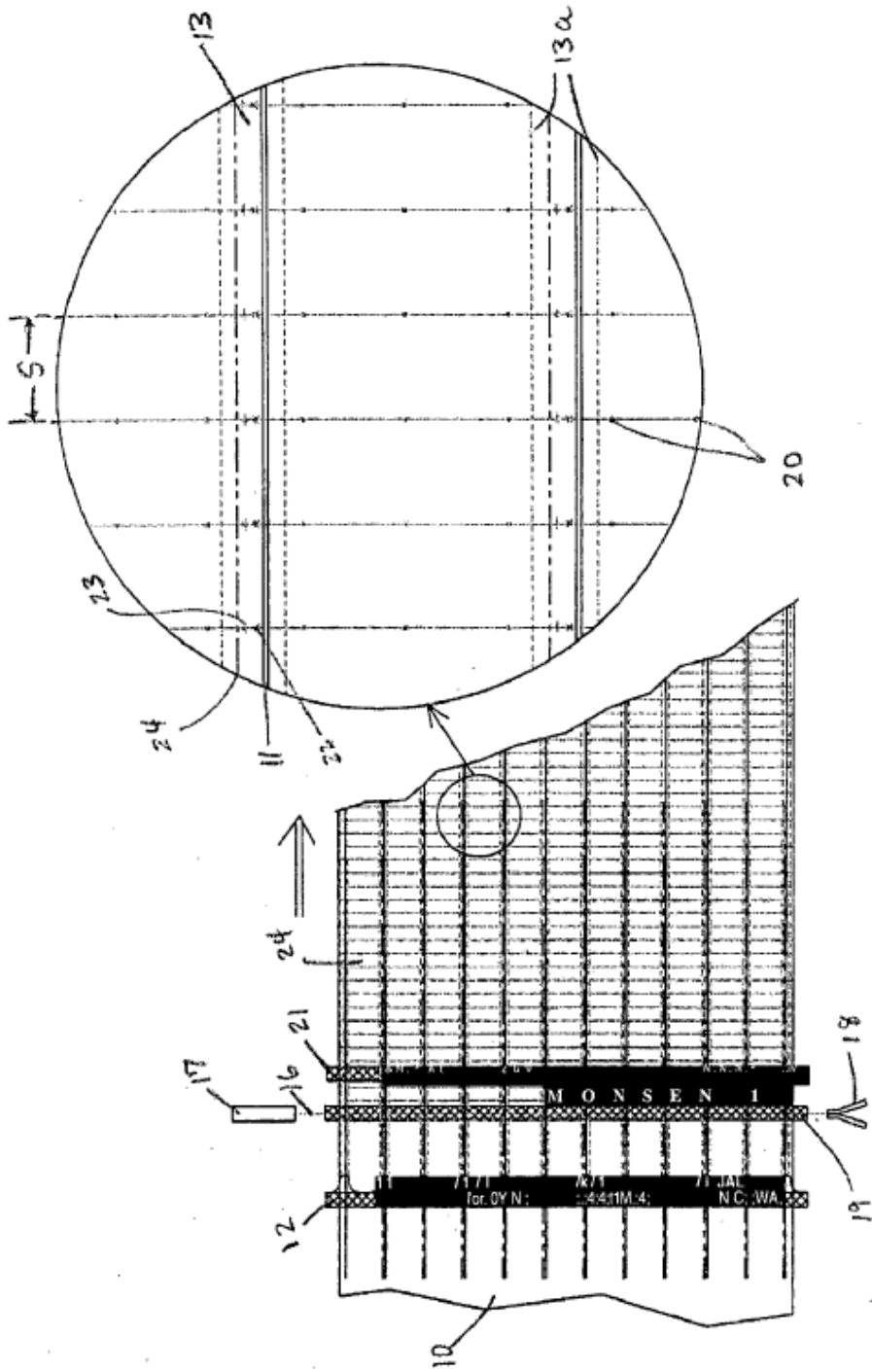


FIG. 4

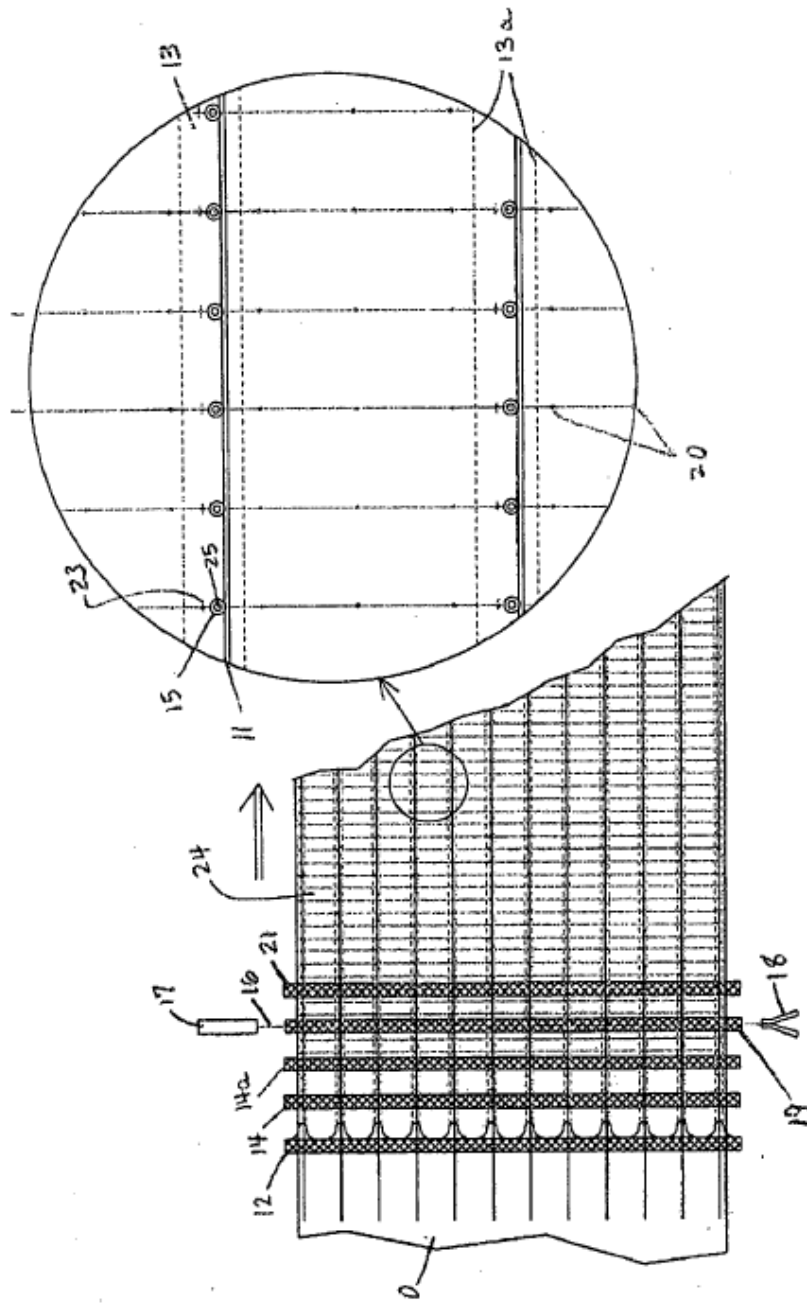


FIG. 5

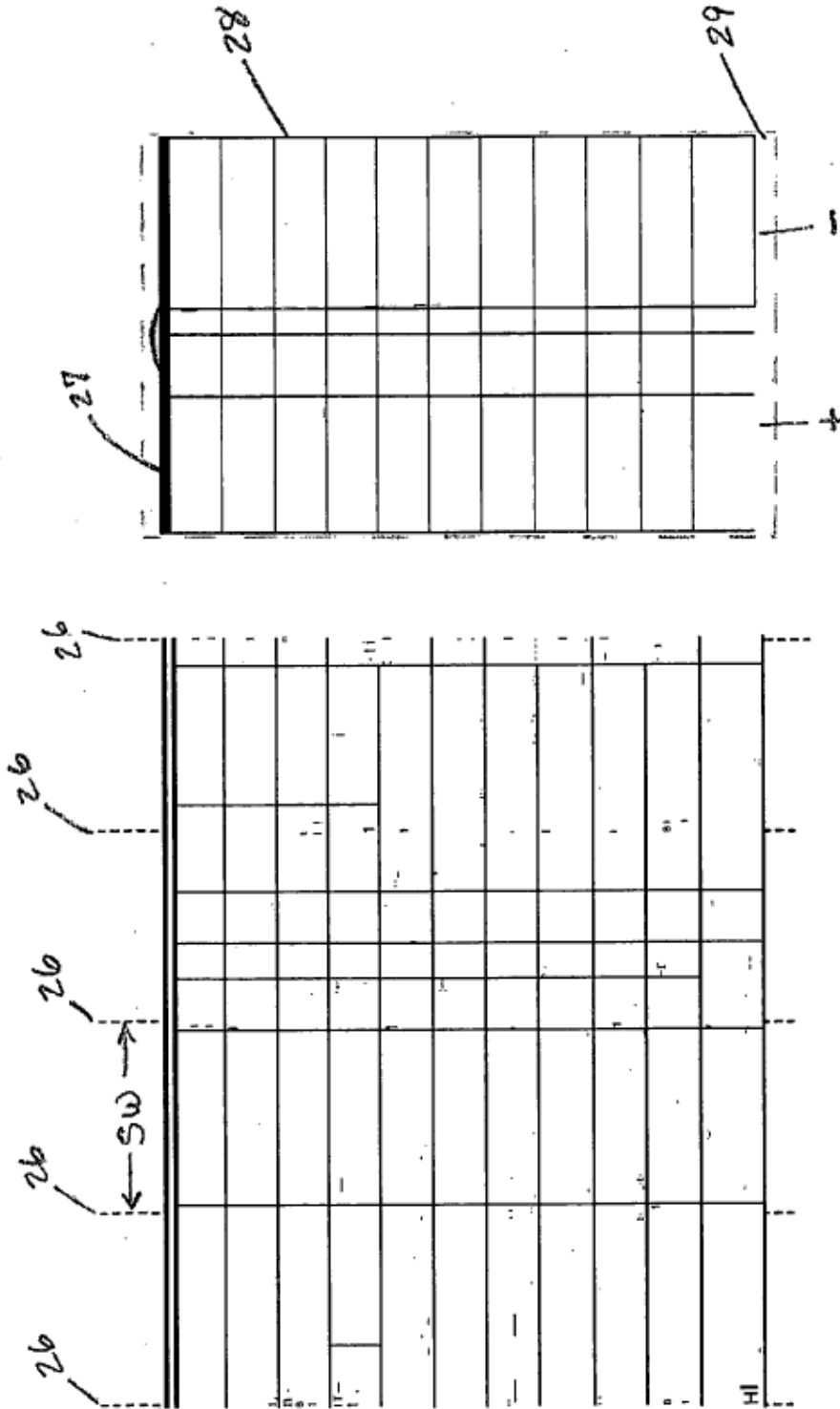


FIG. 6