

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 748 285**

51 Int. Cl.:

H01L 31/05 (2014.01)

H02S 40/36 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.11.2013 PCT/US2013/069161**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.05.2014 WO14074826**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.11.2013 E 13853830 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2019 EP 2917940**

54 Título: **Configuración de alta eficacia para secuencia de células solares**

30 Prioridad:

08.11.2012 US 201213672386
06.12.2012 US 201261734239 P
13.03.2013 US 201313801432

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.03.2020

73 Titular/es:

SUNPOWER CORPORATION (100.0%)
77 Rio Robles
San Jose, CA 95134, US

72 Inventor/es:

MORAD, RATSON;
BECKETT, NATHAN P.;
GANNON, JOHN ANTHONY y
ALMOGY, GILAD

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 748 285 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

Configuración de alta eficacia para secuencia de células solares

5 **Campo de la invención**

La invención se refiere generalmente a células solares y a su uso en colectores de energía solar de concentración.

10 **Antecedentes**

Se requieren fuentes de energía alternativas para satisfacer la demanda mundial creciente de energía. Los recursos de energía solar son suficientes en muchas regiones geográficas para satisfacer dicha demanda, en parte, mediante el suministro de energía eléctrica generada con células solares (por ejemplo, fotovoltaica).

15 El documento US-A-2010/0218799 describe un proceso para la conexión en serie de dos células fotovoltaicas. Las células tienen una capa semiconductor foto sensible provista de contactos frontal y trasero dispuestos sobre superficies opuestas. Las células están parcialmente superpuestas, lo que provoca una superposición parcial del contacto trasero de la primera célula sobre el contacto frontal de la segunda célula para establecer un contacto eléctrico entre ellas.

20 El documento US-A-2003/0121228 describe una configuración cinglada de célula solar de red dendrítica que comprende al menos dos células solares de red dendrítica. Las células se solapan parcialmente de manera que un contacto trasero de la primera célula interconecta con un contacto superior de la segunda célula. El espesor de las células es tal que permite la conexión directa entre el contacto trasero y el contacto superior de las dos células sin el uso de una barra colectora visible.

25 **Sumario**

De acuerdo con la primera realización de la presente invención, se proporciona una secuencia de células solares como se explica en la reivindicación 1.

Estas y otras realizaciones, características y ventajas de la presente invención resultarán evidentes para los expertos en la técnica cuando se toman con referencia a la siguiente descripción más detallada de la invención junto con los dibujos adjuntos que primero se describen con brevedad.

35 **Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1A muestra un diagrama esquemático de un patrón de metalizado de superficie frontal a modo de ejemplo de una célula solar.

40 La Figura 1B muestra un diagrama esquemático de un patrón de metalizado de superficie trasera a modo de ejemplo que se puede usar, por ejemplo, para una célula solar que tiene el patrón de metalizado de superficie frontal de la Figura 1A.

45 La Figura 1C muestra un diagrama esquemático de un patrón de metalizado de superficie trasera a modo de ejemplo para una célula solar de contacto trasero donde los contactos con ambos lados de la junta de diodo están formados sobre la superficie trasera y donde las polarizaciones pasan a través de la célula desde la superficie trasera hasta la superficie frontal para proporcionar conexión eléctrica en un borde de la superficie frontal hasta un lado de la junta de diodo.

50 La Figura 1D muestra un ejemplo de patrón de metalizado de superficie frontal para una célula solar de contacto trasero donde las polarizaciones pasan a través de la célula desde la superficie trasera hasta la superficie frontal para proporcionar las conexiones eléctricas desde un lado de la junta de diodo hasta una barra colectora a lo largo de un borde de la superficie frontal.

La Figura 1E muestra una vista en perspectiva de una célula solar de contacto trasero a modo de ejemplo que emplea patrones de metalizado de superficie frontal y superficie trasera a modo de ejemplo de la Figura 1C y la Figura 1D, respectivamente.

55 La Figura 1F muestra otro patrón de metalizado de superficie trasera a modo de ejemplo para una célula solar de contacto trasero donde los contactos con ambos lados de la junta de diodo están formados sobre la superficie trasera y donde las polarizaciones pasan a través de la célula desde la superficie trasera hasta la superficie frontal para proporcionar conexión eléctrica en un borde de la superficie frontal hasta un lado de la junta de diodo.

60 La Figura 2 muestra una vista fragmentada que ilustra esquemáticamente un extremo de un receptor de energía solar a modo de ejemplo que comprende una secuencia de células solares conectadas en serie dispuestas de manera solapada sobre un sustrato linealmente alargado. Cada célula solar tiene un patrón de metalizado de superficie frontal ilustrado en la Figura 1A.

La Figura 3A muestra un diagrama en corte transversal que ilustra el solapamiento de células solares adyacentes en la secuencia de células solares mostrada en la Figura 2.

65 La Figura 3B muestra un diagrama de corte transversal que ilustra el solapamiento de las células solares de contacto trasero adyacentes, con interconexión eléctrica entre las superficies traseras de las células solares

solapadas formadas con una interconexión eléctrica flexible.

La Figura 4 muestra un diagrama esquemático de una secuencia de células solares a modo de ejemplo que incluye un primer grupo de células solares solapadas conectadas eléctricamente a un segundo grupo de células solares solapadas por medio de una interconexión eléctricamente conductora y mecánicamente deformable.

5 La Figura 5A muestra un diagrama esquemático de la interconexión mecánicamente deformable a modo de ejemplo usada en la secuencia de células solares ilustrada en la Figura 4.

La Figura 5B muestra un diagrama esquemático de otro ejemplo de interconexión mecánicamente deformable que se puede usar, por ejemplo, en lugar de la interconexión mostrada en la Figura 5A.

10 Las Figuras 6A-6C muestran diagramas esquemáticos de corte transversal que ilustran ejemplos adicionales de secuencias de células solares solapadas conectadas en serie a modo de ejemplo.

Las Figuras 7A y 7B muestran vistas frontal y trasera, respectivamente, de otra secuencia de células solares solapadas conectadas en serie a modo de ejemplo.

Las Figuras 8A y 8B muestran vistas frontal y trasera, respectivamente, de otra secuencia de células solares solapadas conectadas en serie a modo de ejemplo.

15 La Figura 9 muestra una vista trasera de otra secuencia de células solares solapadas conectadas en serie a modo de ejemplo.

La Figura 10 muestra un diagrama esquemático fragmentario de una pila de laminado a modo de ejemplo, que comprende células solares, dispuestas sobre y adheridas a un sustrato.

20 La Figura 11 muestra un diagrama esquemático de un circuito conductor flexible de diodo de derivación a modo de ejemplo que se puede emplear, por ejemplo, con células solares cingladas tal y como se describe en la presente memoria descriptiva.

Descripción detallada

25 Las Figuras 1C, 1D, 1E, 1F y 3B muestran células solares de contacto trasero de acuerdo con los ejemplos comparativos, que no forman parte de la invención. La siguiente descripción detallada debería leerse con referencia a los dibujos, donde números de referencia idénticos hacen referencia a elementos similares a lo largo de las diferentes figuras. Los dibujos, que no necesariamente están a escala, muestran realizaciones selectivas y no se pretende que limiten el alcance de la invención. La descripción detallada ilustra a modo de ejemplo, no por medio de limitación, los principios de la invención. La descripción permite claramente al experto en la técnica preparar y usar la invención y describe diversas realizaciones, adaptaciones, variaciones, alternativas y usos de la invención, incluyendo lo que se piensa actualmente que es el mejor modo de llevar a cabo la invención.

35 Tal y como se usa en la presente memoria descriptiva y las reivindicaciones adjuntas, las formas en singular "un", "una", "el" y "la" incluyen referentes en plural a menos que el contexto indique claramente lo contrario. También se pretende que el término "paralelo" signifique "paralelo o sustancialmente paralelo" y englobe desviaciones menores de las geometrías paralelas y no requiere que ninguna de las configuraciones paralelas descritas en la presente memoria sea exactamente paralela. Se pretende que el término "perpendicular" signifique "perpendicular o sustancialmente perpendicular" y englobe desviaciones menores de las geometrías paralelas y no requiere que ninguna de las configuraciones perpendiculares descritas en la presente memoria sea exactamente perpendicular.

45 La presente memoria descriptiva divulga configuraciones de alta eficacia para secuencias de células solares, así como también células solares (por ejemplo, células fotovoltaicas), e interconexiones eléctricamente conductoras para células solares, que se pueden usar en dichas secuencias. Como se describe de forma adicional a continuación, las secuencias de configuración de alta eficacia se pueden emplear de manera ventajosa en colectores de energía solar de concentración en los cuales la radiación solar se concentra sobre las células solares con reflectores, lentes u otros componentes ópticos. Dichos colectores pueden concentrar la luz sobre las células solares para proporcionar una iluminación mayor o igual que aproximadamente siete "soles", por ejemplo.

50 La Figura 1A muestra un diagrama esquemático de un patrón de metalizado de superficie frontal eléctricamente conductora sobre la superficie frontal de una célula solar 10 a modo de ejemplo. La superficie frontal de la célula solar 10 es rectangular o sustancialmente rectangular. También se pueden usar otras formas, de manera apropiada. El patrón de metalizado de superficie frontal incluye una barra colectora 15 ubicada en posición adyacente al borde de uno de los lados largos de la célula solar 10 y que discurre en paralelo a los lados largos, sustancialmente a lo largo de la longitud de los lados largos, y dedos 20 unidos perpendicularmente a la barra colector que discurren paralelos unos a otros y hasta los lados cortos de la célula solar 10 sustancialmente a lo largo de la longitud de los lados cortos.

60 La célula solar 10 comprende una estructura de diodo de semiconductor sobre la cual se dispone el patrón de metalizado de superficie frontal. El patrón de metalizado de superficie trasera se dispone sobre la superficie trasera de la célula solar 10 como se muestra, por ejemplo, en la Figura 1B y se describe de forma adicional a continuación. La estructura de semiconductor puede ser, por ejemplo, una estructura convencional de diodo de silicio cristalino que comprende una unión n-p, siendo la capa de semiconductor superior sobre la cual se dispone el metalizado de superficie frontal, por ejemplo, de conductividad tipo-n o tipo-p. También se puede usar cualquier otra estructura apropiada de semiconductor en cualquier otro sistema de material apropiado.

65 En referencia ahora a la Figura 1B, el patrón de metalizado de superficie trasera eléctricamente conductora sobre la

superficie trasera de la célula solar 10 comprende un contacto trasero 25 y una almohadilla 30 de contacto trasero ubicada en posición adyacente al borde de uno de los lados largos de la célula solar 10 y que discurre paralela a los lados largos sustancialmente a lo largo de la longitud de los lados largos. La Figura 1B muestra el lado trasero de una célula solar 10 como si se observara a través de la superficie frontal de la célula solar 10. Como se muestra por medio de la comparación de la Figura 1A y la Figura 1B, la almohadilla 30 de contacto trasero y la barra 15 colectora de superficie frontal están ubicadas a lo largo de los lados largos opuestos de la célula solar 10.

Los patrones de metalizado de superficie frontal y trasera de célula solar 10 proporcionan contactos eléctricos a la estructura de diodo de semiconductor por medio de los cuales se puede proporcionar la corriente generada en célula solar 10 cuando es iluminada por la luz a una carga externa. Además, los patrones de metalizado de superficie frontal y trasera ilustrados permiten la colocación de dos células solares 10 con una geometría solapada con sus lados largos paralelos unos a otros y con la almohadilla 30 de contacto trasero de una de las células solares solapando y conectada física y eléctricamente a la barra 15 colectora de superficie frontal de la otra célula solar. Como se describe de forma adicional a continuación, el presente patrón se puede continuar, de manera similar a la colocación de tejas en un tejado, para construir una secuencia de dos o más células 10 solares solapadas conectadas eléctricamente en serie. Dicha configuración se denomina a continuación, por ejemplo, células solares solapadas conectadas en serie.

En el ejemplo ilustrado la célula solar 10 tiene una longitud de aproximadamente 156 milímetros (mm), una anchura de aproximadamente 26 mm, y una relación de aspecto (longitud de lado corto/longitud de lado largo) de aproximadamente 1:6. Se pueden preparar seis células solares sobre una oblea convencional de silicio de dimensiones 156 mm x 156 mm, posteriormente se pueden separar (trocear) para proporcionar las células solares tal y como se ilustran. En otras variaciones, se pueden preparar ocho células solares 10 que tienen dimensiones de aproximadamente 19,5 mm x 156 mm, y con ello una relación de aspecto de aproximadamente 1:8, a partir de una oblea de silicio convencional. Más generalmente, las células solares 10 pueden tener relaciones de aspecto de, por ejemplo, aproximadamente 1:3 a aproximadamente 1:20 y se pueden preparar a partir de obleas de tamaño convencional o a partir de obleas de cualesquiera otras dimensiones. Como se explica de forma adicional a continuación, las células solares que tienen relaciones de aspecto largas y estrechas, como se ilustra, se pueden emplear de manera ventajosa en colectores de energía solar fotovoltaicos de concentración en los cuales se concentra la radiación solar sobre las células solares.

En referencia de nuevo a la Figura 1A, en el ejemplo ilustrado, el patrón de metalizado de superficie frontal sobre la célula solar 10 también comprende un conductor de derivación 40 que discurre paralelo a, y separado de, la barra colectora 15. El conductor de derivación 40 interconecta los dedos 20 para poner en derivación eléctrica las fisuras que se puedan formar entre la barra colectora 15 y el conductor de derivación 40. Dichas fisuras, que pueden cortar los dedos 20 en puntos próximos a la barra colectora 15, pueden de otro modo aislar regiones de la célula solar 10 de la barra colectora 15. El conductor de derivación proporciona una trayectoria eléctrica alternativa entre dichos dedos cortados y la barra colectora. Un conductor de derivación 40 puede tener una anchura, por ejemplo, menor o igual que aproximadamente 1 mm, menor o igual que aproximadamente 0,5 mm, o entre aproximadamente 0,05 mm y aproximadamente 0,5 mm. El ejemplo ilustrado muestra un conductor de derivación 40 ubicado en paralelo a la barra colectora 15, que se extiende aproximadamente en la longitud completa de la barra colectora, y que interconecta todos los dedos 20. Esta configuración puede resultar preferida pero no es necesaria. El conductor de derivación no necesita discurrir en paralelo a la barra colectora y no necesita extenderse por toda la longitud completa de la barra colectora. Además, el conductor de derivación interconecta al menos dos dedos, pero no necesita interconectar todos los dedos. Se pueden usar dos o más conductores de derivación cortos en lugar de un conductor de derivación más largo, por ejemplo. Se puede usar cualquier configuración apropiada de conductores de derivación. El uso de dichos conductores de derivación se describe con más detalle en el documento US-A-2013/0206221 titulado "Solar Cell With Metallization Compensating For Or Preventing Cracking," y presentado el 13 de febrero de 2012.

El patrón de metalizado de superficie frontal a modo de ejemplo de la Figura 1A también incluye un conductor terminal 42 que interconecta los dedos 20 en sus extremos lejanos, en posición opuesta a la barra colectora 15. La anchura del conductor 42 puede ser aproximadamente la misma que la del dedo 20, por ejemplo. El conductor 42 interconecta los dedos 20 para poner en derivación eléctrica las fisuras que se puedan formar entre el conductor de derivación 40 y el conductor 42 y, de este modo, proporcionar una trayectoria de corriente hasta la barra colectora 15 para las regiones de la célula solar 10 que, de lo contrario, podrían quedar eléctricamente aisladas debido a dichas fisuras.

La barra colectora 15, los dedos 20, el conductor de derivación 40 y el conductor terminal 42 del patrón de metalizado de superficie frontal pueden estar formados, por ejemplo, de pasta de plata convencionalmente usada para dichos fines y depositada, por ejemplo, mediante métodos de serigrafía convencionales. Alternativamente, estas características pueden estar formadas a partir de cobre electrometalizado. También se pueden usar cualesquiera otros materiales apropiados y procesos. La barra colectora 15 puede tener una anchura perpendicular a su eje largo, por ejemplo, menor o igual que aproximadamente 3 mm, y en el ejemplo ilustrado tiene una anchura de aproximadamente 1,5 mm. Los dedos 20 pueden tener anchuras, por ejemplo, de aproximadamente 10 micrómetros a aproximadamente 100 micrómetros. En el ejemplo ilustrado, el patrón de metalizado de superficie frontal incluye aproximadamente 125 dedos separados de manera uniforme a lo largo de una longitud de aproximadamente 154 mm de la barra colectora 15. Otras variaciones pueden emplear, por ejemplo, menos que aproximadamente 125, aproximadamente 150, aproximadamente 175, aproximadamente 200, aproximadamente 225, de aproximadamente

125 a aproximadamente 225, o más que aproximadamente 225 dedos separados de manera uniforme a lo largo de la barra colectora 15 de aproximadamente la misma longitud (aproximadamente 154 mm). Generalmente, la anchura de la barra colectora y la anchura, número y separación de los dedos puede variar, dependiendo de la intensidad de la radiación solar que se concentra sobre la célula solar. Típicamente, las concentraciones más elevadas de radiación solar sobre la célula solar requieren más dedos y/o dedos más anchos para adaptarse a la mayor corriente resultante generada en la célula solar. En algunas variaciones, los dedos pueden tener anchuras que sean cerca de la barra colectora mayores que el valor lejos de la barra colectora.

En referencia de nuevo al patrón de metalizado de superficie trasera a modo de ejemplo mostrado en la Figura 1B, el contacto trasero 25 puede ser un contacto de aluminio depositado convencionalmente, por ejemplo, y puede cubrir sustancialmente la superficie trasera de la célula solar 10. Alternativamente, el contacto trasero 25 puede dejar islas u otras partes de la superficie trasera de la célula solar 10 sin metalizar. Como otra alternativa, el contacto trasero 25 puede comprender dedos similares a los del patrón de metalizado de superficie frontal, que discurren en paralelo uno con respecto al otro hasta los lados cortos de la célula solar 10 a lo largo de sustancialmente toda la longitud de los lados cortos. También se puede usar cualquier otra configuración de contacto trasero 25. La almohadilla 30 de contacto trasero puede estar formada, por ejemplo, por pasta de plata convencionalmente usada para dichos fines y depositada, por ejemplo, por medio de métodos convencionales de serigrafía. Alternativamente, el contacto 25 y/o la almohadilla 30 de contacto trasero puede estar formada por cobre electrometalizado. También se pueden usar cualesquiera otros materiales apropiados y procesos para el contacto trasero 25 y la almohadilla 30 de contacto trasero. La almohadilla 30 de contacto trasero puede tener una anchura perpendicular a su eje largo, por ejemplo, menor o igual que aproximadamente 3 mm, y en el ejemplo ilustrado tiene una anchura de aproximadamente 2 mm. La almohadilla 30 de contacto trasero puede tener una anchura, por ejemplo, que coincide o aproximadamente coincide con la anchura de la barra colectora 15. En tales casos la almohadilla 30 de contacto trasero puede tener una anchura, por ejemplo, de aproximadamente 1 a aproximadamente 3 veces la anchura de la barra colectora 15.

Las células solares 10 pueden ser células solares de silicio HIT (heterojunta con capa fina intrínseca). En tales casos, las células HIT pueden emplear, por ejemplo, patrones de metalizado de superficie frontal descritos anteriormente con respecto a la Figura 1A o cualesquiera variaciones de esos patrones de metalizado de superficie frontal descritos en la misma. Las células HIT pueden emplear, por ejemplo, patrones de metalizado de superficie frontal descritos anteriormente con respecto a la Figura 1B o cualesquiera variaciones de esos patrones de metalizado de superficie frontal descritos en la misma. El patrón de metalizado de superficie trasera de célula HIT puede comprender dedos (por ejemplo, dedos de plata) similares a los del patrón de metalizado de superficie frontal de la Figura 1A. En tales casos los dedos del patrón de metalizado de superficie trasera pueden estar dispuestos sobre una capa de óxido conductor transparente (TCO) que, a su vez, se dispone sobre la superficie trasera de la estructura de diodo semiconductor. Alternativamente, el patrón de metalizado de superficie trasera para células HIT puede comprender una capa fina de cobre dispuesta sobre una capa de TCO, que a su vez está dispuesta sobre una superficie trasera de la estructura de diodo de semiconductor. La capa de cobre se puede depositar mediante electrometalizado, por ejemplo. El TCO en esta variación o en la variación previa puede ser o comprender óxido de estaño e indio, por ejemplo. También se puede usar cualquier otro patrón de metalizado de superficie trasera.

Para células HIT empleadas en secuencias de célula solar como se describe en la presente memoria, un patrón de metalizado de superficie trasera de capa fina de cobre puede controlar una densidad de corriente elevada con baja resistencia y, por tanto, tiene como resultado una pérdida baja de I^2R en el contacto trasero. Típicamente, la luz que pasa no absorbida a través de la célula HIT es absorbida por la capa de cobre, no obstante, lo que conduce a pérdida óptica. Las células HIT donde el patrón de metalizado de superficie trasera comprende dedos depositados sobre una capa de TCO pueden estar ubicadas con sus superficies traseras sobre o por encima de la superficie reflejante, tal como una superficie blanca. La luz que pasa no absorbida a través de la célula HIT puede, por tanto, reflejarse de nuevo en la célula HIT, pasar los dedos y a través de TCO, ser absorbida en la célula HIT y generar corriente adicional. No obstante, la pérdida de I^2R en los dedos puede ser mayor que la variación de metalizado de superficie trasera de capa fina de cobre. La elección del patrón de metalizado de superficie trasera generalmente depende de qué patrón se comporte mejor cuando las células HIT se iluminan al nivel de concentración deseado (por ejemplo, igual o más que aproximadamente siete "soles").

En referencia ahora a la Figura 2, un receptor 45 de energía solar a modo de ejemplo comprende una secuencia de células 10 solares conectadas en serie dispuestas de manera solapada sobre un sustrato 50 linealmente alargado. Cada célula solar 10 del receptor 45 de energía solar tiene patrones de metalizado de superficie frontal y trasera ilustrados en las Figuras 1A y 1B, respectivamente. La Figura 3A muestra una vista en corte transversal que ilustra el solapamiento de células solares adyacentes en el receptor 45 de energía solar. Como se muestra en la Figura 3A, para cada par de células solares solapadas la almohadilla 30 de contacto inferior de una célula solar se solapa con la barra 15 colectora de superficie frontal de la otra célula solar. La barra 15 colectora de superficie frontal expuesta en un extremo de la secuencia y la almohadilla 30 de contacto inferior expuesta en el otro extremo de la secuencia se pueden usar para conectar eléctricamente a otros componentes eléctricos según se desee. En el ejemplo ilustrado en la Figura 2, los conductores de derivación 40 se ocultan por medio de las partes solapadas de células adyacentes. Alternativamente, las células solares que comprenden conductores de derivación 40 se pueden solapar de forma similar a como se muestra en la Figura 2 y la Figura 3A sin cubrir los conductores de derivación.

La barra 15 colectora de superficie frontal y la almohadilla 30 de contacto inferior de un par de células 10 solares solapadas se pueden unir de forma conjunta usando cualquier material de unión eléctricamente conductor apropiado. Los materiales de unión conductores apropiados pueden incluir, por ejemplo, un soldador de reflujo convencional eléctricamente conductor y adhesivos eléctricamente conductores. Los adhesivos eléctricamente conductores apropiados pueden incluir, por ejemplo, pastas interconectadas, películas conductoras y películas conductoras anisótropas de Hitachi Chemical y otros suministradores, así como también cintas eléctricamente conductoras disponibles en Adhesives Research Inc., de Glen Rock Pennsylvania y otros suministradores. Los adhesivos eléctricamente conductores apropiados también pueden incluir epoxis conductores rellenos con plata u otros epoxis conductores. Algunas variaciones dichos adhesivos eléctricamente conductores pueden estar seleccionadas, por ejemplo, para permanecer flexibles en un intervalo de temperaturas entre aproximadamente -40 °C y aproximadamente 115 °C, tienen una resistividad eléctrica menor o igual que aproximadamente 0,04 ohm-centímetro, exhiben un estiramiento hasta rotura mayor o igual que aproximadamente un 20 %, tienen una viscosidad prescindible, o tienen cualquier combinación de las características anteriores.

La ilustración de la Figura 3A etiqueta barras 15 colectoras frontales con un signo negativo (-) y almohadillas 30 de contacto inferior con un signo positivo (+), para indicar el contacto eléctrico con capas de conductividad de tipo-n y tipo-p en la célula solar, respectivamente. No se pretende que esta etiqueta sea limitante. Como se ha comentado anteriormente, las células solares 10 pueden tener cualquier estructura de diodo apropiada.

En referencia de nuevo a la Figura 2, el sustrato 50 de receptor 45 de energía solar puede ser, por ejemplo, un sustrato de aluminio u otro metal, un sustrato de vidrio o un sustrato formado a partir de cualquier otro material apropiado. Las células solares 10 pueden estar unidas al sustrato 50 de cualquier manera. Por ejemplo, las células solares 10 se pueden laminar hasta un sustrato 50 de aluminio u otro metal con la intervención de un adhesivo, encapsulante y/o capas eléctricamente aislantes dispuestas entre las células solares 10 y la superficie del sustrato metálico. Opcionalmente, el sustrato 50 puede comprender canales a través de los cuales puede fluir un líquido para extraer calor del receptor 45 de energía solar y, de este modo, enfriar las células solares 10, en cuyo caso el sustrato 50 puede preferentemente ser un sustrato metálico sometido a extrusión. El receptor 45 de energía solar puede emplear, por ejemplo, estructuras de laminado, configuraciones de sustrato y otros componentes de receptor o características tales como se divulga en el documento US-A-2011/0017267, titulado "Receiver for Concentrating Solar Photovoltaic-Thermal System", y presentado el 19 de noviembre de 2009. Aunque en el ejemplo ilustrado el sustrato 50 está linealmente estirado, también se puede usar cualquier otra forma apropiada de sustrato 50.

El receptor 45 puede incluir solo una única fila de células solares que discurren a lo largo de su longitud, como se muestra en la Figura 2. Alternativamente, el receptor 45 puede incluir dos o más filas paralelas de células solares que discurren a lo largo de su longitud.

Se pueden usar secuencias de células solares conectadas en serie solapadas como se divulga en la presente memoria, y receptores linealmente alargados que incluyen dichas secuencias, por ejemplo, en colectores de energía solar que concentran la radiación solar en un foco lineal a lo largo de la longitud del receptor, en paralelo a la secuencia de células solares. La concentración de colectores de energía solar que ventajosamente puede emplear secuencias de células solares solapadas conectadas en serie como se divulga en la presente memoria puede incluir, por ejemplo, los colectores de energía solar divulgados en el documento US-A-2011/0279918 titulado "Concentrating Solar Energy Collector" presentado el 17 de mayo de 2010 y los colectores de energía solar divulgados en el documento US-A-2014/0196764 titulado "Concentrating Solar Energy Collector" presentado el 14 de enero de 2013. Dichos colectores de energía solar de concentración, por ejemplo, puede emplear espejos lisos estrechos y largos dispuestos en aproximación parabólica a través de los cuales la radiación solar se concentra en un foco lineal sobre el receptor.

En referencia de nuevo a las Figuras 1A y 1B, aunque los ejemplos ilustrados muestran la barra 15 colectora frontal y la almohadilla 30 de contacto trasero que se extienden cada una sustancialmente a lo largo de la longitud de los lados largos de la célula 10 con anchuras uniformes, esto puede resultar ventajoso, pero no necesario. Por ejemplo, la barra 15 colectora frontal se puede sustituir por dos o más almohadillas de contacto discretas que pueden estar dispuestas, por ejemplo, en línea una con respecto a la otra a lo largo de un lado de la célula solar 10. Dichas almohadillas de contacto discretas pueden estar opcionalmente interconectadas por medio de conductores finos que discurren entre ellas. Puede existir una almohadilla de contacto por separado (por ejemplo, pequeña) para cada dedo en el patrón de metalizado de superficie frontal, o cada almohadilla de contacto puede estar conectada a dos o más dedos. La almohadilla 30 de contacto trasero se puede sustituir similarmente por dos o más almohadillas de contacto discretas. La barra 15 colectora frontal puede ser continua como se muestra en la Figura 1A y la almohadilla 30 de contacto trasero puede estar formada a partir de almohadillas de contacto discretas como se acaba de describir. Alternativamente, la barra 15 colectora frontal puede estar formada por almohadillas de contacto discretas y la almohadilla 30 de contacto trasero puede estar formada como se muestra en la Figura 1B. Como otra alternativa, tanto la barra 15 colectora frontal como la almohadilla 30 de contacto trasero se pueden sustituir por dos o más almohadillas de contacto discretas. En estas variaciones, las funciones de recogida de corriente que de lo contrario serían llevadas a cabo por la barra 15 colectora frontal, la almohadilla 30 de contacto trasero o la barra 15 colectora frontal y la almohadilla 30 de contacto trasero, se pueden llevar a cabo, en cambio, o se pueden llevar a cabo de forma parcial, por el material conductor usado para unir las dos células solares 10 de manera conjunta en la configuración solapada descrita con anterioridad.

Aunque la Figura 1B y la Figura 3A muestren la almohadilla 30 de contacto trasero ubicada en posición adyacente al lado largo de la superficie trasera de la célula solar 10, la almohadilla de contacto 30 puede tener cualquier ubicación apropiada sobre la superficie trasera de la célula solar. Por ejemplo, las Figuras 6A-6C, 7B y 8B, como se describen de forma adicional a continuación, muestran células 10 solares a modo de ejemplo que tienen cada una de ellas una almohadilla de contacto 30 ubicada cerca del centro de la superficie trasera de la célula solar y que discurre en paralelo al eje largo de la célula solar.

Además, la célula solar 10 puede carecer de almohadilla 30 de contacto trasero e incluir únicamente el contacto 25 en el patrón de metalizado de la superficie trasera. En esta variación también, las funciones de recogida de corriente que de lo contrario serían llevadas a cabo por la barra 15 colectora trasera se pueden llevar a cabo en cambio por el material conductor usado para unir las dos células solares 10 de manera conjunta en la configuración solapada descrita con anterioridad.

Hasta el momento, se han descrito células solares 10 que tienen patrones de metalizado de superficie frontal y trasera que proporcionan contacto eléctrico a los lados opuestos de una junta de diodo. En los ejemplos comparativos, que no forman parte de la invención, las células solares 10 puede ser células solares de contacto trasero en las cuales un conjunto de contactos sobre la superficie trasera de la célula solar entra en contacto eléctrico con un lado de la junta de diodo, y otro conjunto de contactos sobre la superficie trasera de la célula solar entra en contacto eléctrico con el otro lado de la junta de diodo. Cuando las células solares se despliegan de forma convencional, típicamente no se hace contacto eléctrico con la superficie frontal de las células solares. De manera ventajosa, la geometría de contacto trasero aumenta la cantidad de partes activas de incidencia de luz de la célula solar mediante la eliminación del metalizado de superficie trasera que bloquearía la luz. Dichas células solares de contacto trasero se encuentran disponibles, por ejemplo, en SunPower Inc.

Cuando se usa en secuencias cingladas de células solares como se describe en la presente memoria, dicha célula solar de contacto trasero de acuerdo con los ejemplos comparativos que no forma parte de la invención puede además incluir derivaciones conductoras que pasan a través de la célula solar desde su superficie trasera hasta su superficie frontal para proporcionar, en un borde de la superficie frontal, una o más conexiones eléctricas en un lado de la junta de diodo. Cuando se dispone la célula solar de manera cingulada con una célula solar configurada de forma similar adyacente, las conexiones eléctricas de la superficie frontal en el borde de una célula se solapan con, y pueden estar eléctricamente conectadas a, los contactos de superficie trasera de la otra célula para conectar eléctricamente las dos células solares de contacto trasero solapadas en serie.

Las Figuras 1C-1E muestran esquemáticamente un ejemplo de célula 10 solar de contacto trasero configurada para su uso en una secuencia conectada en serie de células solares solapadas (es decir, cingladas) de acuerdo con los ejemplos comparativos, que no forma parte de la invención. El patrón de metalizado de superficie trasera a modo de ejemplo mostrado en la Figura 1C y la Figura 1E incluye una línea-p 22 opcional que discurre paralela y adyacente a un lado largo de la célula solar, una pluralidad de dedos-p 24 conectados a la línea-p y que discurren paralelos a los lados cortos de la célula solar, una línea-n opcional 26 que discurre paralela y adyacente al otro lado largo de la célula solar, y una pluralidad de dedos-n 28 conectados a la línea-n, que discurren paralelos a los lados cortos de la célula solar, e interdigitados con los dedos-p 24. Las regiones de la estructura de semiconductor debajo y en contacto por medio de los dedos-n y los dedos-p están por consiguiente impurificadas de tipo-n o tipo-p para formar una junta de diodo.

Como se puede apreciar en la Figura 1C-1E, la célula 10 solar de contacto trasero a modo de ejemplo comparativo también incluye derivaciones conductoras 32 que pasan a través de la célula solar 10 para proporcionar contacto eléctrico desde la línea-n 26 y los dedos-n 28 sobre la célula 10 solar de superficie trasera hasta una barra colectora 34 opcional que discurre en paralelo y adyacente al lado largo de la célula solar sobre la superficie frontal de la célula solar. La Figura 1D muestra la célula solar 10 como si esa superficie frontal se observara a través de la superficie trasera de las células solares de acuerdo con los ejemplos comparativos, que no forman parte de la invención. Como se muestra a modo de comparación de las Figuras 1C-1E, en el ejemplo comparativo la barra colectora 32 y la línea-n 26 están ubicadas a lo largo del mismo lado largo de la célula solar, con la línea-p 22 ubicada a lo largo del lado largo opuesto. Las células solares configuradas de este modo pueden estar colocadas con la línea-p 22 sobre la superficie trasera de una célula solar que se solapa y estar eléctricamente conectada con la barra colectora sobre la superficie frontal de una célula solar adyacente para conectar las células solares en serie. En esta configuración, la barra colectora 34 está cubierta por una parte activa de la célula solar solapada. De este modo, no existe metalizado de superficie frontal expuesta que bloquea la luz a partir de las regiones activas de la célula solar.

Alternativamente, las polaridades n y p de la descripción anterior se pueden intercambiar de manera que las polarizaciones 32 proporcionen contacto eléctrico desde los contactos-p sobre la superficie trasera de la célula solar 10 hasta la barra colectora 34 sobre la superficie frontal. Las células solares de acuerdo con los ejemplos comparativos, que no forman parte de la invención configurada de esta manera se pueden posicionar con la línea-n sobre la superficie trasera de una célula solar que se solapa y eléctricamente conectada a la barra colectora sobre la superficie frontal de una célula solar adyacente para conectar las células solares en serie.

Aunque los ejemplos comparativos ilustrados muestran una vía para cada dedo sobre la superficie trasera que tiene

que estar eléctricamente conectada a la superficie frontal, puede haber más o menos polarizaciones que dedos con tal de que los dedos objeto de conexión con la superficie frontal estén interconectados sobre la superficie trasera de manera tal que cada uno esté eléctricamente conectado a una o más polarizaciones. Aunque la barra colectora 34 se muestra como extendiéndose sustancialmente a lo largo de la longitud de los lados largos de la célula solar 10 con anchura uniforme, esto puede resultar ventajoso, pero no necesario. Por ejemplo, la barra colectora 34 se puede sustituir por dos o más almohadillas de contacto discretas que pueden estar dispuestas, por ejemplo, en línea una con respecto a la otra a lo largo de un lado de la célula solar 10. Dichas almohadillas de contacto discretas pueden estar opcionalmente interconectadas por medio de conductores finos que discurren entre ellas. Puede existir una almohadilla de contacto por separado (por ejemplo, pequeña) sobre la superficie frontal para cada polarización, o cada contacto puede estar conectado a dos o más polarizaciones. La barra colectora 34 también puede estar presente. La línea-p 22 y/o la línea-n 26 se pueden sustituir similarmente por dos o más almohadillas de contacto discretas o pueden estar ausentes. Algunas variaciones carecen de barra colectora 34 en el extremo de superficie terminal de las polarizaciones, o carecen de un conductor de interconexión tal como una línea-p o una línea-n en el extremo de superficie trasera de las polarizaciones, o carecen de una barra colectora 34 en la superficie superior de las polarizaciones y también carecen de un conductor de interconexión en el extremo de la superficie trasera de las polarizaciones. En las variaciones donde se forman la barra colectora 34, la línea-p 22 y/o la línea-n 26 a partir de almohadillas de contacto discretas, las funciones de recogida de corriente que se llevarían a cabo por medio de estas características se pueden llevar a cabo, en lugar de ello, o se pueden llevar a cabo parcialmente, por medio del material conductor usado para unir las células solares de manera conjunta en la configuración solapada descrita con anterioridad.

Para acortar la trayectoria de corriente entre las células solares de contacto trasero solapadas a través de las polarizaciones descritas anteriormente, puede resultar deseable configurar y/o disponer las células solares para que cada polarización esté alineada en un extremo con el extremo de un dedo (n o p) sobre la superficie trasera de una célula solar y alineada en su otro extremo con el extremo de un dedo (p o n) de polaridad opuesta sobre la superficie trasera de una célula solar solapada adyacente. Con los dedos configurados como se muestra en la Figura 1C (ejemplo comparativo), las polarizaciones se pueden alinear de esta forma colocando las células solares solapadas de manera que una esté trasladada con respecto a la otra a lo largo de sus lados largos solapados en una distancia igual al paso existente entre los dedos. Alternativamente, los dedos pueden estar configurados como se muestra en la Figura 1F (ejemplo comparativo), por ejemplo, para que se extiendan con un ángulo a través de la superficie trasera de la célula solar tal que los extremos opuestos de cada dedo estén compensados a lo largo de los lados largos de la célula solar en una distancia igual al paso existente entre los dedos. Las células solares configuradas de este modo se pueden solapar con sus lados cortos alienados para proporcionar la alineación de polarización deseada con los dedos sobre las células solares solapadas. Aunque la Figura 1F muestre el patrón de metalizado de superficie trasera que incluye la línea-p 22 y la línea-n 26, cualquiera de ellas o ambas están ausentes.

Las polarizaciones 32 pueden, de este modo, interconectar dos células solares de contacto trasero solapadas dedo a dedo, dedo a línea (por ejemplo, barra colectora, línea-p o línea-n) o línea a línea, de acuerdo con los ejemplos comparativos, que no forman parte de la invención.

La formación de polarizaciones 32 se puede integrar en los procedimientos de fabricación convencionales para todas las células solares de contacto trasero. Se pueden formar orificios para las polarizaciones, por ejemplo, por medio de perforación con láser convencional y se pueden rellenar, por ejemplo, con un material conductor convencional apropiado depositado por medio de cualquier método apropiado. El material conductor puede ser un metal electrometalizado o una pasta metálica conductora impresa, por ejemplo.

Las células solares de contacto trasero de acuerdo con los ejemplos comparativos, que no forman parte de la invención, también se pueden emplear en secuencias de células solares solapadas y conectadas en serie sin el uso de las polarizaciones descritas con anterioridad. En referencia a la vista en corte transversal de la Figura 3B, por ejemplo, dos células solares de contacto trasero solapadas pueden estar eléctricamente conectadas en serie por medio de una interconexión 90 eléctrica mecánicamente deformable que interconecta un contacto trasero sobre una de las células solares y un contacto trasero de polaridad opuesta sobre la otra célula solar.

Las secuencias de células solares conectadas en serie solapadas divulgadas en la presente memoria, y los receptores linealmente alargados que incluyen dichas secuencias pueden operar con una eficacia mayor que las configuraciones convencionales, en particular bajo iluminación concentrada. En algunas variaciones, las secuencias de células solares solapadas divulgadas en la presente memoria proporcionan, por ejemplo, > 15 % más de energía producida que las secuencias de células solares análogas dispuestas de forma convencional.

El troceado de una oblea para proporcionar células solares que tienen áreas más pequeñas reduce la corriente "I" generada en las células solares y puede, de este modo, reducir las pérdidas energéticas " I^2R " que son el resultado de la resistencia interna "R" de las células solares y la resistencia en las conexiones entre las células solares en una secuencia. No obstante, las secuencias convencionales de células solares conectadas en serie requieren separación entre células solares adyacentes. Para una secuencia de longitud física concreta, el número de dichas separaciones aumenta a medida que las células solares se hacen más cortas. Cada separación reduce la energía generada por medio de la secuencia, frustrando de este modo de forma parcial la ventaja que, de lo contrario, podría resultar del uso

de células solares de áreas más pequeñas. Además, la pérdida de energía que es el resultado de las separaciones aumenta cuando se emplea dicha secuencia convencional en un colector de energía solar de concentración.

Al contrario que las secuencias convencionales de células solares, las secuencias de células solares solapadas en serie divulgadas en la presente memoria no tienen separaciones entre las células solares. Las células solares de dichas secuencias, por tanto, se pueden trocear en áreas más pequeñas para reducir las pérdidas I^2R sin acumular pérdidas de energía debidas a las separaciones. Por ejemplo, puede resultar ventajoso usar células solares que tengan el lado más largo que tenga una longitud que abarque una oblea convencional, como en las células solares 10 mostradas en diversas figuras de la presente memoria, debido a que dichas células solares pueden estar orientadas con sus lados más largos en dirección perpendicular al eje largo de la secuencia para proporcionar una región focal más amplia en un colector de energía solar de concentración de foco lineal. (Haciendo la región focal más ancha se relajan las tolerancias sobre los elementos ópticos en el colector de energía solar de concentración, y es posible facilitar el uso ventajoso de espejos lisos). Para las secuencias de células solares convencionales, la longitud óptima del lado corto de las células solares se tendría que determinar a continuación en parte por medio de intercambio entre las pérdidas energéticas I^2R y las pérdidas debidas a las separaciones entre las células. Para las secuencias de células solares solapadas divulgadas en la presente memoria, la longitud de los lados cortos de las células solares (y con ello de las áreas de las células solares) pueden estar seleccionadas para reducir las pérdidas de I^2R hasta un nivel deseado sin tener que preocuparse de las pérdidas debidas a las separaciones.

Típicamente, las células solares convencionales emplean dos o más barras colectoras de superficie frontal paralelas que dan sombra a las partes subyacentes de las células solares y, con ello, reducen la energía generada por cada célula solar. Este problema se ve exacerbado por las tiras de cobre, típicamente más anchas que las barras colectoras, que se usan en las secuencias convencionales para conectar eléctricamente las barras colectoras de superficie frontal de una célula solar con el contacto de superficie trasera de una célula solar adyacente en la secuencia. Típicamente, las tiras de cobre de dichas secuencias convencionales discurren a través de la superficie frontal de las células solares, en paralelo a la secuencia y superponiéndose a las barras colectoras. Las pérdidas energéticas que son el resultado del sombreado por parte de las barras colectoras y por parte de las tiras de cobre aumentan cuando dichas células solares convencionales se emplean en un colector de energía solar de concentración. Por el contrario, las células solares divulgadas en la presente memoria pueden emplear únicamente una barra colectoras individual sobre sus superficies frontales, como se ilustra, o ninguna barra colectoras, y no precisan tiras de cobre que discurren a través de la superficie frontal de las células solares. Además, en las secuencias de células solares solapadas que se divulgan en la presente memoria, la barra colectoras de superficie frontal sobre cada célula solar, si es que está presente, se puede ocultar por medio del área superficial activa de una célula solar solapada, exceptuando en un extremo de la secuencia. Las células solares y secuencias de células solares divulgadas en la presente memoria pueden, de este modo, reducir significativamente las pérdidas debidas al sombreado de las partes subyacentes de las células solares por medio de metalizado de la superficie frontal, en comparación con las configuraciones convencionales.

Un componente de las pérdidas energéticas I^2R se debe a las trayectorias de corriente a través de los dedos en el metalizado de la superficie frontal. En las secuencias de células solares dispuestas de forma convencional, las barras colectoras sobre las superficies frontales de las células solares están orientadas en paralelo con respecto a la longitud de la secuencia, y los dedos están orientados en perpendicular con respecto a la longitud de la secuencia. La corriente dentro de la célula solar de dicha secuencia convencional fluye principalmente en perpendicular con respecto a la longitud de la secuencia a lo largo de los dedos para alcanzar las barras colectoras. Las longitudes de los dedos necesarias en dichas geometrías pueden ser suficientemente largas para dar como resultado pérdidas energéticas I^2R significativas en los dedos. Por el contrario, los dedos del metalizado de superficie frontal de las células solares divulgadas están orientados en paralelo con respecto a los lados cortos de las células solares y en paralelo con respecto a la longitud de la secuencia, y la corriente de la célula solar fluye principalmente en paralelo con respecto a la longitud de la secuencia a lo largo de los dedos. Las longitudes de los dedos necesarias en esta configuración pueden ser más cortas que las que se requieren para las células convencionales, reduciendo de este modo las pérdidas energéticas.

Otro componente de pérdidas energéticas I^2R se debe a la longitud de la trayectoria de corriente entre las células solares adyacentes a través de las interconexiones de tiras de cobre. Las trayectorias de corriente entre las células solares adyacentes en las configuraciones solapadas divulgadas en la presente memoria pueden ser más cortas en las configuraciones convencionales, reduciendo de este modo las pérdidas I^2R .

Los patrones de metalizado de célula solar y/o las geometrías de célula solapada divulgados en la presente memoria se pueden usar ventajosamente con células solares de silicio cristalino dispuestas sobre un sustrato metálico, como en el receptor 45 de la Figura 2, por ejemplo. No obstante, el experto en la técnica puede encontrar esto de manera sorprendente. Si se forma usando un soldador de reflujo convencional, por ejemplo, la unión entre la barra colectoras de superficie frontal y la almohadilla de contacto de superficie trasera de las células solares solapadas en una secuencia como se divulga en la presente memoria puede ser significativamente más rígida que las conexiones eléctricas entre células solares adyacentes proporcionadas por el tabulado de tiras de cobre en las secuencias tabuladas convencionales de células solares. Por consiguiente, en comparación con el tabulado de tiras de cobre, las conexiones de soldador entre células solares adyacentes en dicha secuencia pueden proporcionar significativamente menos liberación de tensión para amortiguar el desajuste entre el coeficiente de expansión térmica (CTE) de las células

solares de silicio y el del sustrato metálico. Ese desajuste puede ser bastante grande. Por ejemplo, el silicio cristalino tiene un valor de CTE de $\sim 3 \times 10^{-6}$, y aluminio tiene un valor de CTE de $\sim 23 \times 10^{-6}$. El experto en la técnica puede esperar, por tanto, que dichas secuencias de células solares de silicio solapadas dispuestas sobre un sustrato metálico experimenten fallo a través de fisuración de las células solares de silicio. Esta expectativa sería mucho mayor para dichas secuencias de células solares solapadas empleadas en un colector de energía solar de concentración donde pueden experimentar ciclado durante intervalos de temperatura más prolongados, y por tanto experimentar una tensión mayor a partir del desajuste de expansión térmica con el sustrato, que la que típicamente se experimenta en colector de energía solar que no es de concentración.

Al contrario que dichas expectativas, no obstante, los inventores han determinado que las secuencias de células solares solapadas conectadas en serie se pueden unir unas a otras con un soldador de reflujo convencional, se pueden unir a aluminio u otro sustrato metálico, y se pueden operar de forma fiable bajo radiación solar concentrada. Dichas secuencias pueden tener una longitud, por ejemplo, mayor o igual que aproximadamente 120 mm, mayor o igual que aproximadamente 200 mm, mayor o igual que aproximadamente 300 mm, mayor o igual que aproximadamente 400 mm, o mayor o igual que aproximadamente 500 mm, o entre aproximadamente 120 mm y aproximadamente 500 mm.

Además, los inventores también han determinado que los sustitutos de soldador tales como los descritos anteriormente, incluyendo cintas eléctricamente conductoras, películas conductoras, pastas de interconexión, epoxis conductores (por ejemplo, epoxis conductores rellenos con plata) y otros adhesivos conductores similares, por ejemplo, se pueden usar para unir las células solares unas a otras con el fin de formar secuencias más largas de células solares solapadas conectadas en serie sobre un sustrato metálico. En dichas variaciones, el material conductor de unión que une las células solapadas de manera conjunta está seleccionado para ser mecánicamente deformable, lo que significa que el material de unión es elástico - se deforma elásticamente de forma sencilla. (Deformación mecánica es lo contrario de rigidez). En particular, las uniones conductoras entre las células solares en dichas secuencias están seleccionadas para ser mecánicamente más deformables que las células solares 10, y mecánicamente más deformables que las conexiones de soldador de reflujo convencional de las que, de otro modo, se podrían usar entre células solares solapadas. Dichas uniones mecánicamente deformables entre las células solares solapadas se deforman sin fisuración, separándose de las células solares adyacentes, o provocando fallo bajo tensión que es el resultado del desajuste de expansión térmica entre las células solares 10 y el sustrato 50. Por tanto, las uniones mecánicamente deformables pueden proporcionar una liberación de tensión a la secuencia de células solares solapadas interconectadas, amortiguando de este modo el desajuste de CTE entre las células solares 10 y el sustrato 50 y evitando el fallo de la secuencia. La diferencia entre el CTE de la célula solar (por ejemplo, silicio) y el sustrato puede ser, por ejemplo, mayor o igual que aproximadamente 5×10^{-6} , mayor o igual que aproximadamente 10×10^{-6} , mayor o igual que aproximadamente 15×10^{-6} , o mayor o igual que aproximadamente 20×10^{-6} . Dichas secuencias de células solares de silicio solapadas conectadas en serie dispuestas sobre un sustrato con CTE desajustado pueden tener una longitud, por ejemplo, mayor o igual que aproximadamente 1 metro, mayor o igual que aproximadamente 2 metros, o mayor o igual que aproximadamente 3 metros.

Aún más, los inventores han desarrollado interconexiones eléctricas mecánicamente deformables que se pueden usar para interconectar dos o más secuencias de células solares solapadas conectadas en serie para formar secuencias más largas de células solares conectadas en serie. Las secuencias más largas resultantes se pueden disponer sobre un sustrato metálico u otro sustrato y se pueden operar de manera fiable bajo radiación solar concentrada. En referencia ahora a la Figura 4, una secuencia 55 de células solares conectadas en serie a modo de ejemplo comprende un primer grupo 60 de células 10 solares solapadas conectadas en serie que están eléctrica y físicamente conectadas a un segundo grupo de 65 células 10 solares conectadas en serie por medio de una interconexión 70 eléctricamente conductora mecánicamente deformable. Dichas interconexiones 70 adicionales están ubicadas en los extremos de la secuencia 55 para permitir la adición de grupos adicionales de células solares solapadas conectadas en serie a cualquier extremo de la secuencia 55 para ampliar la longitud de la secuencia. Alternativamente, las interconexiones 70 ubicadas en los extremos de la secuencia se pueden usar para conectar la secuencia a otros componentes eléctricos o a una carga externa. Las células solares solapadas dentro de los grupos 60 y 65 se pueden unir unas a otras con un soldador de reflujo eléctricamente conductor o con adhesivos eléctricamente conductores, como se ha descrito anteriormente, o de cualquier otra manera apropiada.

La separación entre los extremos adyacentes de los dos grupos de células 10 solares solapadas conectadas en serie interconectadas con una interconexión 70 mecánicamente deformable puede ser, por ejemplo, menor o igual que aproximadamente 0,2 mm, menor o igual que aproximadamente 0,5 mm, menor o igual que aproximadamente 1 mm, menor o igual que aproximadamente 2 mm, menor o igual que aproximadamente 3 mm, menor o igual que aproximadamente 4 mm, o menor o igual que aproximadamente 5 mm.

También se muestra la variación de interconexión eléctrica mecánicamente deformable mostrada en la Figura 4, con más detalle, en la Figura 5A. Otra variación de la interconexión 70 eléctrica mecánicamente deformable que tiene características similares se muestra en la Figura 5B. En referencia ahora a la Figura 5A y la Figura 5B, así como también a la Figura 4, las interconexiones 70 eléctricas mecánicamente deformables son de tipo tira y tienen una relación de aspecto larga y estrecha con una longitud aproximadamente igual o mayor que la longitud de los lados largos de las células solares 10. Cada interconexión 70 comprende dos conjuntos de pestañas 75, estando cada

conjunto de pestañas ubicado en el lado opuesto del eje largo de la interconexión. Como se muestra en la Figura 4, se puede ubicar una interconexión 70 entre dos secuencias de células solares solapadas conectadas en serie con sus pestañas 75 de un lado haciendo contacto eléctrico con la barra colectora 15 de la superficie frontal de la célula solar terminal de una secuencia de células solares solapadas, y con su pestaña 75 del otro lado haciendo contacto eléctrico con la almohadilla de contacto 30 sobre la superficie trasera de una célula terminal de la otra secuencia de células solares solapadas. Las pestañas 75 se pueden unir a una barra colectora 15 o almohadilla de contacto 30 con un soldador convencional eléctricamente conductor, adhesivos eléctricamente conductores como se ha descrito anteriormente, o por medio de cualquier otro método apropiado.

En el ejemplo de la Figura 4, las interconexiones 70 en el extremo de la secuencia 55 también incluyen cada una de ellas una pestaña 80 de diodo de derivación en un extremo, además de las pestañas 75. Las pestañas 80 de diodo de derivación proporcionan puntos de conexión para los diodos de derivación. En el ejemplo ilustrado, el diodo de derivación 85 está configurado para formar derivación de ambos grupos de células solares solapadas conectadas en serie en caso de que falle la célula solar de la secuencia 55. Alternativamente, las interconexiones 70 que tienen pestañas 80 de diodo de derivación se pueden usar en cualquier intervalo deseado en una secuencia para formar derivación de uno, dos o más grupos de células solares solapadas conectadas en serie. El número máximo de células solares que se pueden disponer para formar derivación por medio de un diodo de derivación viene determinado por las características de rendimiento del diodo de derivación. Los diodos de derivación pueden estar configurados para formar derivación, por ejemplo, de aproximadamente 25 células solares 10, que pueden estar distribuidas en cualquier número deseado de grupos conectados en serie de células solares solapadas conectadas en serie. Por ejemplo, cada diodo de derivación puede estar configurado para formar derivación de aproximadamente 25 células solares, todas ellas parten de un grupo individual de células solares solapadas conectadas en serie. Aunque en el ejemplo ilustrado el diodo de derivación está conectado a la secuencia con interconexiones 70, también se pueden usar configuraciones alternativas. Por ejemplo, los diodos de derivación pueden estar conectados a la secuencia por medio de un conductor (diferente de la interconexión 70) que está eléctricamente conectado al patrón de metalizado inferior de una célula solar, y mediante otro conductor (diferente de la interconexión 70) que está eléctricamente conectado a una barra colectora en la superficie frontal de otra célula solar. Dichas conexiones se pueden hacer con las células solares que no estén en el extremo de un grupo de células solares conectadas en serie, sino en algún punto entre ellas.

En referencia ahora a la Figura 11, el diodo de derivación 85 puede estar montado en un circuito flexible 87 que comprende dos contactos 92 eléctricos separados físicamente intercalados entre dos láminas aislantes. Las láminas aislantes tienen un patrón para exponer las regiones adyacentes 93 de los dos contactos a las cuales está unido el diodo para interconectar eléctricamente los contactos, y exponer las regiones 97 de los contactos permitiendo que el circuito flexible esté eléctricamente conectado para formar derivación de una parte de la secuencia de célula solar. Cada uno de los contactos 92 tiene una forma o un patrón para aumentar su deformación mecánica. En particular, los contactos 92 incluyen cuellos estrechos y regiones con forma ovalada que hacen que los contactos sean muy deformables. Los contactos 92 pueden estar formados, por ejemplo, a partir de la tira metálica revestida con soldadura (por ejemplo, cobre). Las láminas aislantes pueden estar formadas, por ejemplo, a partir de una poliimida. El circuito flexible 87 puede comprender además una capa adhesiva inferior por medio de la cual se puede unir a un sustrato que soporta una secuencia de células solares.

En referencia de nuevo a la Figura 4, Figura 5A y Figura 5B las interconexiones 70 son mecánicamente deformables. En particular, son más mecánicamente deformables que las células solares 10 y más mecánicamente deformables que las conexiones de soldadura entre la barra colectora 15 y la almohadilla 30 de contacto trasera de las células 10 solares solapadas. Las interconexiones 70 también pueden ser mecánicamente más deformables que las uniones entre las células solares solapadas formadas a partir de adhesivos eléctricamente conductores como se ha descrito con anterioridad. Las interconexiones 70 se deforman sin fisuras, separándose de las células solares adyacentes, o provocando fallo bajo tensión que es el resultado del desajuste de expansión térmica entre las células solares 10 y el sustrato 50. Las interconexiones 70 por tanto pueden proporcionar una liberación de tensión a la secuencia de grupos interconectados de células solares solapadas, adaptando de este modo el desajuste de expansión térmica entre las células solares 10 y el sustrato 50 y evitando el fallo de la secuencia.

En los ejemplos ilustrados, cada interconexión 70 es una tira metálica revestida con soldadura (por ejemplo, cobre) que se ha conformado o sometido a patronaje para mejorar su deformación mecánica. En particular, la interconexión ilustrada 70 de la Figura 5A incluye una parte central que tiene la forma de una serie de dos o más óvalos aplanados vinculados en sus extremos. Cada óvalo aplanado incluye un par de pestañas 75 sobre los lados opuestos aplanados del óvalo, para hacer contacto con las células solares como se ha descrito con anterioridad. Los óvalos aplanados hacen que cada interconexión 70 sea muy deformable ("elástico") en las direcciones paralela y perpendicular al eje largo de la interconexión. En el ejemplo ilustrado, las tiras de metal que forman las paredes de los óvalos tienen una anchura W1 de aproximadamente 1,5 mm, pero se puede usar cualquier anchura apropiada. La interconexión ilustrada 70 de la Figura 5B incluye una serie de rendijas que discurren debajo del centro de la tira metálica paralela a su eje largo. Las ranuras hacen que la interconexión de la presente variación sea también muy deformable. Las interconexiones 70 pueden estar formadas a partir de materiales altamente conductores tales como cobre, por ejemplo, y/o de materiales tales como Invar (una aleación de níquel-hierro) y Kovar (una aleación de níquel-cobalto-hierro) que tienen un bajo coeficiente de expansión térmica. Cada tira metálica puede estar intercalada entre láminas aislantes finas de material para formar un circuito flexible, presentando las láminas aislantes un

patronaje para exponer las partes de la tira metálica (por ejemplo, las pestañas 75) destinadas a establecer contacto eléctrico con las células solares. Las láminas aislantes pueden estar conformadas a partir de poliimida, por ejemplo.

5 También se pueden usar cualesquiera otros materiales apropiados para las interconexiones 70 que interconectan dos secuencias de células solares solapadas conectadas en serie. Por ejemplo, las interconexiones 70 pueden ser similares o idénticas a cualesquiera de las interconexiones 90 mecánicamente deformables descritas a continuación con respecto a las Figuras 6A-6, 7A, 7B, 8A, 8B o 9. De igual forma, dos o más interconexiones 70 pueden estar dispuestas en paralelo de forma similar a como se muestra en las Figuras 7A y 7B descritas a continuación para interconectar dos grupos de secuencias de células solares conectadas en serie.

10 Aunque el uso de las interconexiones 70 se describe anteriormente con respecto a las células solares 10 que incluyen barras 15 colectoras de superficie frontal y almohadillas 30 de contacto trasero, dichas interconexiones 70 se pueden usar en combinación con cualquiera de las variaciones de célula solar 10 descritas en la presente memoria. En las variaciones que carecen de barras colectoras 15, almohadillas 30 de contacto trasero, o ambas, las interconexiones 70 pueden estar unidas a las células solares 10 usando adhesivos eléctricamente conductores como se ha descrito anteriormente, por ejemplo.

20 Las interconexiones eléctricas mecánicamente deformables similares o idénticas a las interconexiones 70 también se pueden usar entre la célula solar en una secuencia de células solares conectadas en serie, o entre cada célula solar en una parte contigua de tres células solares o más de una secuencia de células solares conectadas en serie. Como se muestra en las Figuras 6A-6C, 7A, 7B, 8A, 8B y 9, por ejemplo, cada par de células 10 solares solapadas de una secuencia de células solares conectadas en serie puede estar física y eléctricamente conectada por medio de interconexiones 90 mecánicamente deformables, cada una de las cuales interconecta el metalizado de superficie frontal de una célula solar con el metalizado de superficie trasera de una célula solar adyacente. Dichas secuencias difieren de las secuencias tabuladas convencionalmente al menos porque las células solares limítrofes en el solapamiento de secuencias ilustradas, y porque las ubicaciones en las cuales se unen las interconexiones 90 a las superficies frontales de las células solares 10 se pueden ocultar de la iluminación por medio de una célula solar solapada. Las interconexiones 90 mecánicamente deformables se pueden unir a células solares 10 con, por ejemplo, soldadura convencional eléctricamente conductora, adhesivos eléctricamente conductores, películas adhesivas, o cintas adhesivas como se ha descrito anteriormente, o por medio de otro método apropiado.

30 Las interconexiones 90 son mecánicamente deformables. En particular, son más mecánicamente deformables que las células solares 10 y más mecánicamente deformables que las conexiones de soldadura entre la barra colectoras 15 y la almohadilla 30 de contacto trasera de las células 10 solares solapadas. Las interconexiones 90 también pueden ser mecánicamente más deformables que las uniones entre las células solares solapadas formadas a partir de adhesivos eléctricamente conductores como se ha descrito con anterioridad. Las interconexiones 90 se deforman sin fisuras, separándose de las células solares adyacentes, o provocando fallo bajo tensión que es el resultado del desajuste de expansión térmica entre las células solares 10 y un sustrato al cual se encuentran unidas. Las interconexiones 90 por tanto pueden proporcionar una liberación de tensión a una secuencia de grupos interconectados de células solares solapadas, adaptando de este modo el desajuste de expansión térmica entre las células solares 10 y el sustrato 50 y evitando el fallo de la secuencia.

45 Las interconexiones 90 se pueden formar, por ejemplo, a partir de materiales altamente conductores tales como cobre, por ejemplo, y/o a partir de materiales tales como Invar y Kovar que tienen un bajo coeficiente de expansión térmica. Las interconexiones 90 pueden ser o comprender tiras de cobre revestidas con soldadura, por ejemplo. Alternativamente, las interconexiones 90 pueden ser o comprender tiras de cobre intercaladas entre capas de poliimida (por ejemplo, películas de Kapton) u otras capas aislantes, presentando las capas intercaladas un patrón para exponer la tira de cobre en las ubicaciones objeto de unión a las células solares. Se pueden usar cualesquiera otros materiales y configuraciones para las interconexiones 90, además de las divulgadas en la presente memoria.

50 Las Figuras 6A-6C muestran un ejemplo de vistas en corte transversal que ilustran la interconexión de una secuencia de células 10 solares solapadas con interconexiones 90 mecánicamente deformables. Como se ilustra en los presentes ejemplos, las interconexiones 90 pueden tener un perfil de corte transversal plano (Figura 6A), un perfil de corte transversal doblado (Figura 6B) o un perfil de corte transversal con forma de bucle (Figura 6C). También se puede usar cualquier otro perfil de corte transversal apropiado. Los perfiles de corte transversal doblado o con forma de bucle pueden aumentar la deformación mecánica, en comparación con el perfil de corte transversal plano.

60 En los ejemplos ilustrados en las Figuras 6A-6C y en las figuras siguientes, la almohadilla 30 de contacto trasero está ubicada fuera del borde de la célula solar 10, cerca de la posición media de la superficie trasera. Esto no es necesario. La almohadilla de contacto 30 puede estar ubicada en cualquier ubicación sobre la superficie trasera de la célula solar. Por ejemplo, la almohadilla de contacto 30 puede estar ubicada en posición adyacente al borde solapado de la célula solar 10, como se muestra en la Figura 1B, o en posición adyacente el borde opuesto al borde solapado.

65 Las Figuras 7A y 7B muestran vistas frontal y trasera, respectivamente, de otra secuencia de células solares solapadas conectadas en serie a modo de ejemplo. Como se muestra en estas figuras, dos o más interconexiones 90 pueden estar dispuestas en paralelo una con respecto a la otra para interconectar células solares solapadas

adyacentes. En el ejemplo ilustrado, las interconexiones 90 tienen la forma de tiras con sus ejes largos orientados en perpendicular a los bordes solapados o adyacentes a las células solares. A modo de otro ejemplo (no mostrado), las interconexiones 90 en paralelo pueden adoptar la forma de dos o más tiras dispuestas en línea una con respecto a la otra con sus ejes largos orientados en paralelo con respecto a los bordes de las células solares adyacentes.

Las Figuras 8A y 8B muestran vistas frontal y trasera, respectivamente, de otra secuencia de células solares solapadas conectadas en serie a modo de ejemplo. La Figura 9 muestra una vista trasera de otra secuencia de células solares solapadas conectadas en serie a modo de ejemplo. Como se muestra en las Figuras 8A, 8B y 9, las interconexiones 90 pueden adoptar la forma de tiras orientadas en paralelo y que se extienden a lo largo de la longitud de los bordes solapados de células solares adyacentes.

Las interconexiones 90 a modo de ejemplo ilustradas en las Figuras 8A y 8B son similares o idénticas las interconexiones 70 ilustradas en la Figura 4 y la Figura 5. En la variación ilustrada en las Figuras 8A y 8B, cada interconexión 90 incluye dos conjuntos de pestañas 75, con cada conjunto de pestañas ubicado sobre el lado opuesto del eje largo de la interconexión. Se puede ubicar dicha interconexión 90 entre dos células solares solapadas con sus pestañas 75 de un lado haciendo contacto eléctrico con la barra colectora 15 sobre la superficie frontal de una de las células solares, y con sus pestañas 75 del otro lado haciendo contacto eléctrico con la almohadilla de contacto 30 sobre la superficie trasera de la otra célula solar. También como se ilustra en las Figuras 8A y 8B, las interconexiones 90 pueden incluir opcionalmente pestañas 80 de diodo de derivación que proporciona puntos de conexión para los diodos de derivación configurados para poner en derivación una o más células solares en caso de producirse fallo de una de las células solares.

Las interconexiones 90 a modo de ejemplo ilustradas en la Figura 9 adoptan la forma de tiras rectangulares con un patrón de rendijas o aberturas 95 que aumenta su deformación mecánica. Las interconexiones 90 ilustradas también incluyen almohadillas de contacto 100 objeto de unión a las células solares. Dichas interconexiones 90, por ejemplo, pueden ser o comprender tiras de cobre intercaladas entre las capas de poliimida (por ejemplo, películas de Kapton) u otras capas aislantes, presentando las capas de intercalado un patrón para exponer la tira de cobre en las ubicaciones de las almohadillas de contacto 100.

Aunque el uso de las interconexiones 90 se describe anteriormente con respecto a las células solares 10 que incluyen barras 15 colectoras de superficie frontal y almohadillas 30 de contacto trasero, dichas interconexiones 90 se pueden usar en combinación con cualquiera de las variaciones de célula solar 10 descritas en la presente memoria. En las variaciones que carecen de barras colectoras 15, almohadillas 30 de contacto trasero, o ambas, las interconexiones 90 pueden estar unidas a las células solares 10 usando adhesivos eléctricamente conductores como se ha descrito anteriormente, por ejemplo.

En referencia ahora a la Figura 10, se puede disponer una secuencia de células solares sobre un sustrato 50 en una pila de laminado 105 que se adhiere al sustrato. La pila de laminado puede comprender, por ejemplo, una capa 110 de encapsulado térmicamente conductora dispuesta entre las células solares y el sustrato, una capa de encapsulado 115 dispuesta sobre la capa de encapsulado térmicamente conductora, y una lámina 120 superior transparente dispuesta sobre la capa 115 de encapsulado transparente. Las células solares están dispuestas típicamente dentro de la capa 115 de encapsulado transparente en su frontera con la capa 110 de encapsulado térmicamente conductora.

La capa 110 de encapsulado térmicamente conductora comprende uno o más materiales que están seleccionados para facilitar la transferencia térmica desde las células solares 10 hasta un sustrato 50 y/o para adherir el sustrato 50 a las células solares 10 y la capa 115 de encapsulado transparente. El material de la capa de encapsulado 110 puede estar seleccionado para adherirse a aluminio o aleaciones basadas en aluminio, por ejemplo. La capa 110 de encapsulado térmicamente conductora puede presentar un espesor, por ejemplo, de aproximadamente 0,1 milímetros a aproximadamente 2,0 milímetros.

En el ejemplo ilustrado, la capa 110 de encapsulado térmicamente conductora comprende una primera capa 125 adhesiva térmicamente conductora, una capa de dieléctrico 130 y una segunda capa 135 adhesiva térmicamente conductora. Típicamente, la capa de dieléctrico 130 se funde a una temperatura más elevada que las capas adhesivas circundantes, y por consiguiente proporciona una barrea para el contacto físico y eléctrico entre las células solares 10 y el sustrato 50 que aguanta un proceso de laminado, descrito a continuación de forma adicional, por medio del cual la pila de laminado 105 se une al sustrato 50. La capa adhesiva 125 puede comprender, por ejemplo, una o más poliolefinas térmicamente conductoras y puede presentar un espesor, por ejemplo, de aproximadamente 0,1 milímetros a aproximadamente 2,0 milímetros. La capa de dieléctrico 130 puede comprender, por ejemplo, uno o más fluoropolímeros. Los fluoropolímeros pueden estar seleccionados, por ejemplo, entre el grupo que incluye, pero sin limitación, poli(fluoruro de vinilo) (PVF), poli(fluoruro de vinilideno) (PVDF), etilen tetrafluoroetileno y mezclas de los mismos. La capa de dieléctrico 130 puede presentar un espesor, por ejemplo, de aproximadamente 0,1 milímetros a aproximadamente 2,0 milímetros. La capa adhesiva 135 puede comprender, por ejemplo, una o más poliolefinas térmicamente conductoras y puede presentar un espesor, por ejemplo, de aproximadamente 0,1 milímetros a aproximadamente 2,0 milímetros.

Se pueden usar cualesquiera otros materiales y configuración apropiados para la capa 110 de encapsulado

térmicamente conductora y sus capas de componente 125, 130 y 135 descritas con anterioridad. Por ejemplo, en algunas variaciones la capa de dieléctrico 130 se encuentra ausente. En dichas variaciones, la capa de encapsulado 115 puede ser, por ejemplo, una capa individual de poliolefina térmicamente conductora.

La capa 110 de encapsulado térmicamente conductora puede ser sustancialmente reflejante de la radiación solar incidente sobre la misma. Por ejemplo, los materiales de la capa de encapsulado 110 pueden incluir pigmentos que hacen que la capa de encapsulado 110 parezca blanca. Dicha capa 110 de encapsulado reflejante puede reducir el calor absorbido por la pila de laminado 105, lo que de manera ventajosa mejora la eficacia de operación de las células solares 10. Además, si las células solares 10 son células solares HIT con metalizado de superficie trasera que comprende dedos, como se ha descrito anteriormente, entonces dicha capa de encapsulado reflejante puede reflejar la luz que ha pasado sin absorción a través de la célula solar HIT de nuevo a la célula solar, donde puede ser absorbida para generar corriente adicional, aumentando la eficacia de operación de las células solares. Alternativamente, la capa 110 de encapsulado térmicamente conductora puede sustancialmente absorber la radiación solar que incide sobre la misma. Por ejemplo, los materiales de la capa de encapsulado 110 pueden incluir pigmentos que hacen que la capa de encapsulado 110 parezca negra. Dicha capa 110 de encapsulado de absorción puede aumentar el calor absorbido por la pila de laminado 105 y posteriormente puede transferirlo al sustrato 50, lo cual puede resultar ventajoso si el calor recogido resulta comercialmente valioso.

En referencia de nuevo a la Figura 10, la capa de encapsulado 115 puede comprender, por ejemplo, una poliolefina transparente, una poliimida transparente, o una mezcla de las mismas, y puede presentar un espesor, por ejemplo, de aproximadamente 0,1 milímetros a aproximadamente 2,0 milímetros. Se pueden usar cualesquiera otros materiales apropiados para la capa 115 de encapsulado transparente.

La lámina 120 superior transparente puede comprender, por ejemplo, uno o más fluoropolímeros transparentes. Los fluoropolímeros pueden estar seleccionados, por ejemplo, entre el grupo que incluye, pero sin limitación, poli(fluoruro de vinilo) (PVF), etilen tetrafluoroetileno y mezclas de los mismos. La lámina 120 superior transparente puede estar seleccionada para presentar una tasa de transmisión de humedad menor o igual que aproximadamente 0,01 gramos/metro-día, por ejemplo. La lámina 120 superior transparente puede presentar un espesor, por ejemplo, de aproximadamente 0,1 milímetros a aproximadamente 1,0 milímetros. Se pueden usar cualesquiera otros materiales apropiados y espesores para la lámina 120 superior transparente.

Las células solares 10 de la pila de laminado 105 pueden ser o comprender cualesquiera de las células solares divulgadas en la presente memoria, y pueden estar dispuestas en cualesquiera de las configuraciones de secuencias de células solares solapadas conectadas en serie divulgadas en la presente memoria. No obstante, también se puede usar cualesquiera otras células solares apropiadas y configuraciones de secuencia en la pila de laminado 105. Por ejemplo, aunque las células solares 10 de la Figura 10 se muestren solapadas con un patrón de cinglar, las células solares dispuestas en la pila 105 pueden estar configuradas de forma no solapada y con tabulación convencional.

Las capas de componente de pila de laminado 105 pueden estar ubicadas sobre un sustrato 50 y a continuación unidas al sustrato 50 en un laminado convencional, por ejemplo, a temperatura elevada y con aplicación de presión dirigida a forzar que la pila de laminado 105 y el sustrato 50 estén juntos. Durante este proceso de laminado, la temperatura del sustrato 50 y/o la pila de laminado 105 se puede incrementar, por ejemplo, hasta un valor entre 130 °C y aproximadamente 160 °C. Si las células solares de la pila de laminado 105 están configuradas de manera no solapada, la presión aplicada durante el proceso de laminado puede ser de aproximadamente 1,0 atmósfera, por ejemplo. Los inventores han determinado, no obstante, que si las células solares de la pila de laminado 105 están configuradas de manera solapada, como se describe por ejemplo en la presente memoria, la presión máxima aplicada durante el proceso de laminado puede preferentemente ser menor o igual que aproximadamente 0,6 atmósferas, menor o igual que aproximadamente 0,5 atmósferas, menor o igual que aproximadamente 0,4 atmósferas, menor o igual que aproximadamente 0,3 atmósferas, o entre aproximadamente 0,2 atmósferas y aproximadamente 0,6 atmósferas.

En las variaciones donde las células solares solapadas se unen unas a otras con epoxi conductor tal como epoxi conductor relleno con plata, por ejemplo, puede resultar preferido curar el epoxi al tiempo que se aplica presión para hacer que las células se mantengan una contra la otra. El curado de la unión conductora bajo presión de esta forma puede reducir el espesor de la unión conductora, reduciendo de este modo la trayectoria de corriente entre las células solares y por consiguiente reducción de las pérdidas de I^2R en la secuencia de células solares. En un enfoque, las uniones no conductoras se someten a curado bajo presión para proporcionar una secuencia de células solares solapadas conectadas en serie antes de laminar la secuencia a un sustrato. En el presente enfoque, las uniones conductoras se pueden someter a curado a una temperatura de, por ejemplo, aproximadamente 150 °C a aproximadamente 180 °C, y una presión de, por ejemplo, aproximadamente 0,1 atmósferas a aproximadamente 1,0 atmósfera, o de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 0,5 atmósferas, o de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 0,2 atmósferas. En otro enfoque, las uniones conductoras se someten a curado bajo presión durante el proceso de laminado similar al descrito con anterioridad. En el presente enfoque, las uniones conductoras se pueden someter a curado a una temperatura de, por ejemplo, aproximadamente 140 C a aproximadamente 170 C, y bajo presión de, por ejemplo, aproximadamente 0,1 atmósferas a aproximadamente 1,0 atmósfera, o de aproximadamente 0,3 atmósferas a aproximadamente 1 atmósfera, o de aproximadamente 0,5 atmósferas a aproximadamente 1,0 atmósfera. Generalmente, cuanto mayor es la temperatura a la cual se lleva a cabo el curado del

epoxi conductor, más conductor es el enlace.

5 En algunas variaciones, el sustrato y/o una o más capas de laminado dispuestas debajo de la secuencia conectada en serie de células solares solapadas está configurada para presentar una superficie que da lugar a la forma hasta la parte inferior de la secuencia cinglada de células solares. Por ejemplo, se puede someter a patronaje un sustrato metálico para que tenga una superficie con un corte transversal de diente de sierra que da lugar a la forma de la parte inferior de la secuencia cinglada de células solares. Además, o alternativamente, una o más láminas de dieléctrico dispuestas entre el sustrato y las células solares pueden estar dispuestas o presentar un patronaje para proporcionar dicha superficie de conformación. Por ejemplo, dichas láminas de dieléctrico se pueden solapar con un patrón cinglado proporcionando una superficie superior que conforma la parte inferior de las células solares cingladas. La dotación de la secuencia cinglada de células solares con una superficie de soporte de conformación puede mejorar el contacto entre las células solares y el sustrato.

15 Los colectores de energía solar que comprenden secuencias de células solares solapadas conectadas en serie tal y como se describe en la presente memoria preferentemente pueden estar orientados con los bordes expuestos de las células solares (por ejemplo, bordes 12 en la Figura 3A) fuera del ecuador. Con las células solares cingladas orientadas de esta manera, la radiación solar incidente sobre las células ilumina únicamente las superficies superiores de las células, no los bordes expuestos. Esto puede aumentar la eficacia con la cual el colector convierte la radiación solar incidente en energía eléctrica, debido a que la radiación solar incidente sobre los bordes expuestos de las células solares podría no convertirse de manera eficiente en electricidad.

25 Las características de rendimiento de las células solares pueden variar entre las células solares incluso cuando las células tienen diseños esencialmente idénticos. Además, dos células solares de idéntico diseño que están iluminadas de forma idéntica pueden producir corrientes a dos magnitudes diferentes. En una secuencia de células solares conectadas en serie, no obstante, todas las células deben albergar una corriente idéntica. Los desajustes entre los rendimientos de las células en la secuencia disminuyen la eficacia global de la secuencia. Este problema se puede abordar de forma sencilla con secuencias de células solares solapadas conectadas en serie como se describe en la presente memoria. En cualesquiera variaciones descritas anteriormente, el área de cada célula solar no solapada por células solares adyacentes puede estar seleccionada para ajustar o sustancialmente ajustar el rendimiento eléctrico (por ejemplo, la corriente) de todas las células solares de la secuencia. Es decir, el solapamiento entre las células solares adyacentes se puede ajustar para variar el área iluminada de cada célula solar de manera que el rendimiento eléctrico de cada célula solar coincida sustancialmente con el de las otras células solares. Esto puede mejorar la eficacia global de la secuencia.

35 La presente divulgación es ilustrativa y no limitante. Modificaciones adicionales resultarán evidentes para el experto en la técnica a la luz de la divulgación y se pretende que se encuentren dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una secuencia (55) de células solares (10) que comprende:

5 una primera célula (10) solar de silicio que tiene una superficie frontal a iluminar por la luz, una superficie trasera y un patrón de metalizado de superficie frontal eléctricamente conductora dispuesto sobre la superficie frontal; y una segunda célula (10) solar de silicio que tiene una superficie frontal a iluminar por la luz, una superficie trasera y un patrón de metalizado de superficie trasera eléctricamente conductora dispuesto sobre la superficie trasera; donde la primera y la segunda células (10) solares de silicio están ubicadas con un borde de la superficie trasera de la segunda célula solar de silicio solapando con un borde de la superficie frontal de la primera célula solar de silicio; donde el patrón de metalizado de superficie frontal de la primera célula solar de silicio comprende una barra colectora (15) o una pluralidad de almohadillas de contacto (30) ubicadas en posición adyacente y que discurren en paralelo con respecto al borde solapado de la superficie frontal de la primera célula solar de silicio sustancialmente a lo largo de la longitud de ese borde, una pluralidad de dedos (20) orientados perpendicularmente con respecto al borde solapado de la superficie frontal de la primera célula solar y eléctricamente conectados a la barra colectora (15) o almohadillas de contacto (30); y

20 donde una parte del patrón de metalizado de superficie frontal de la primera célula (10) solar de silicio que comprende la barra colectora (15) o las almohadillas de contacto (30) está oculta por la segunda célula solar (10) y unida a la parte del patrón de metalizado de superficie trasera de la segunda célula solar de silicio para conectar eléctricamente la primera y la segunda células solares (10) en serie, caracterizada por un conductor de derivación (40) que presenta una anchura perpendicular a su eje largo más estrecha que la anchura de la barra colectora (15) o las almohadillas de contacto (30) y que interconecta dos o más dedos para proporcionar múltiples trayectorias de corriente desde cada uno de los dos o más dedos interconectados (20) hasta la barra colectora (15) o las almohadillas de contacto (30), y un conductor terminal (42) que interconecta los dedos (20) en sus extremos distales opuestos con respecto a la barra colectora (15) o las almohadillas de contacto (30); donde el conductor de derivación (40) interconecta los dedos (20) para formar derivación eléctrica en las fisuras que se puedan formar entre el conductor de derivación (40) y la barra colectora (15) o las almohadillas de contacto (30); y donde el conductor terminal (42) interconecta los dedos (20) para formar derivación eléctrica en las fisuras que se puedan formar entre el conductor de derivación (40) y el conductor terminal (42).

2. La secuencia (55) de células solares (10) de la reivindicación 1, donde:

35 la primera y segunda células (10) solares de silicio presentan formas idénticas o sustancialmente idénticas con sus superficies frontal y trasera rectangulares o sustancialmente rectangulares y definidas por dos lados largos que ocupan posición opuesta y dos lados cortos que ocupan oposición opuesta; y los bordes solapados de las células (10) solares de silicio están definidos por los lados largos de las células solares.

40 3. La secuencia (55) de células solares (10) de la reivindicación 1, donde la parte del patrón de metalizado de superficie frontal de la primera célula (10) solar de silicio está unida a la parte del patrón de metalizado de superficie trasera de la segunda célula (10) solar de silicio con una película eléctricamente conductora.

45 4. La secuencia (55) de células solares (10) de la reivindicación 1, donde la parte del patrón de metalizado de superficie frontal de la primera célula (10) solar de silicio está unida a la parte del patrón de metalizado de superficie trasera de la segunda célula (10) solar de silicio con una pasta eléctricamente conductora.

50 5. La secuencia (55) de células solares (10) de la reivindicación 1, donde la parte del patrón de metalizado de superficie frontal de la primera célula (10) solar de silicio está unida a la parte del patrón de metalizado de superficie trasera de la segunda célula (10) solar de silicio con una cinta eléctricamente conductora.

55 6. La secuencia (55) de células solares (10) de la reivindicación 1, donde la parte del patrón de metalizado de superficie frontal de la primera célula (10) solar de silicio está unida a la parte del patrón de metalizado de superficie trasera de la segunda célula (10) solar de silicio con un adhesivo eléctricamente conductor.

60 7. La secuencia (55) de células solares (10) de la reivindicación 1, donde la parte del patrón de metalizado de superficie frontal de la primera célula (10) solar de silicio está unida a la parte del patrón de metalizado de superficie trasera de la segunda célula (10) solar de silicio con un material de unión eléctricamente conductor que proporciona más deformación mecánica que la que proporciona una unión de soldadura eléctricamente conductora.

65 8. La secuencia (55) de células solares (10) de la reivindicación 1, donde el patrón de metalizado de superficie trasera eléctricamente conductora sobre la segunda célula (10) solar de silicio comprende una barra colectora (15) o una pluralidad de almohadillas de contacto (30) alineadas con y unidas de manera conductora a la barra colectora (15) o una pluralidad de almohadillas de contacto (30) en el patrón de metalizado de superficie frontal de la primera célula

(10) solar de silicio.

5 9. La secuencia (55) de células solares (10) de la reivindicación 1 que comprende un patrón de metalizado de superficie frontal eléctricamente conductora dispuesto sobre la superficie frontal de la segunda célula solar de silicio y una interconexión (90) eléctrica mecánicamente deformable unida de manera conductora al patrón de metalizado de superficie frontal de la segunda célula solar de silicio a lo largo de un borde de la segunda célula solar de silicio opuesto a la primera célula solar de silicio.

10 10. La secuencia (55) de células solares (10) de la reivindicación 9, donde la interconexión (90) eléctrica mecánicamente deformable está conectada eléctricamente a un diodo de derivación (85).

15 11. La secuencia (55) de células solares (10) de la reivindicación 1 que comprende un patrón de metalizado de superficie frontal eléctricamente conductora dispuesto sobre la superficie trasera de la primera célula (10) solar de silicio y una interconexión eléctrica (90) mecánicamente deformable unida de manera conductora al patrón de metalizado de superficie trasera de la primera célula (10) solar de silicio a lo largo de un borde de la primera célula (10) solar de silicio opuesto a la segunda célula (10) solar de silicio.

12. La secuencia (55) de células solares (10) de la reivindicación 11, donde la interconexión (90) eléctrica mecánicamente deformable está conectada eléctricamente a un diodo de derivación (85).

20 13. La secuencia (55) de células solares (10) de la reivindicación 1, donde el conductor terminal (42) tiene una anchura perpendicular a su eje largo que es la misma que la anchura de un dedo (20).

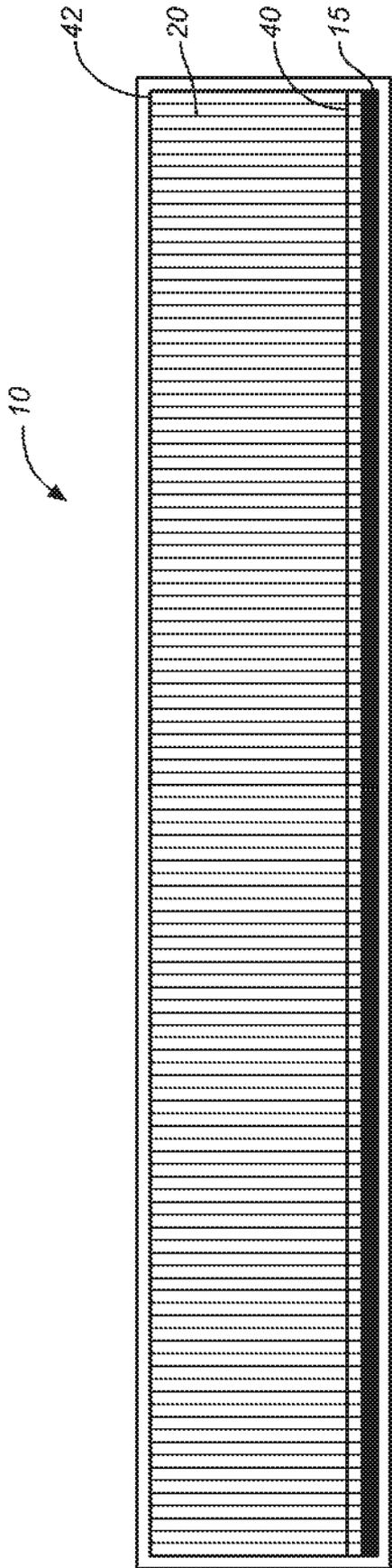


FIG. 1A

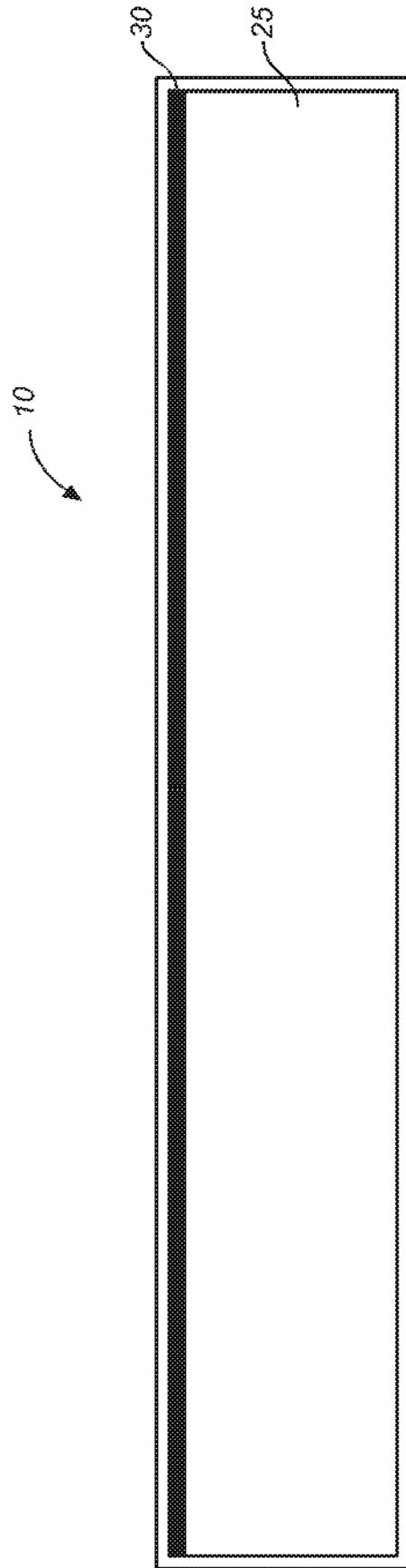


FIG. 1B

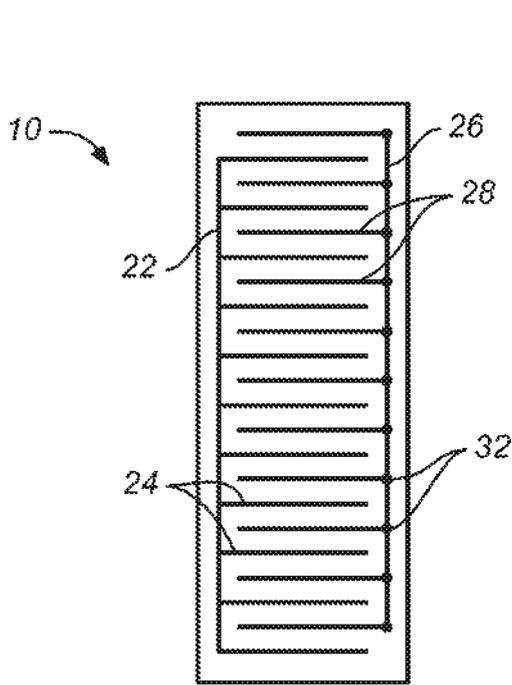


FIG. 1C

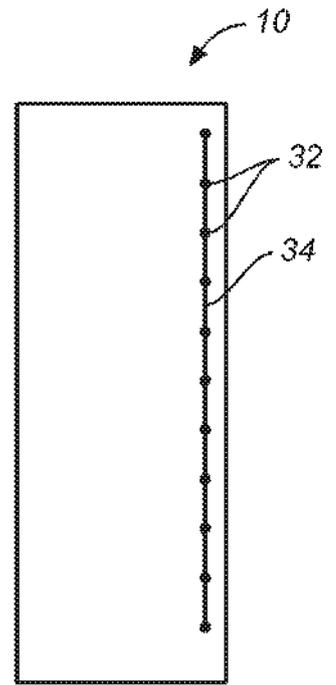


FIG. 1D

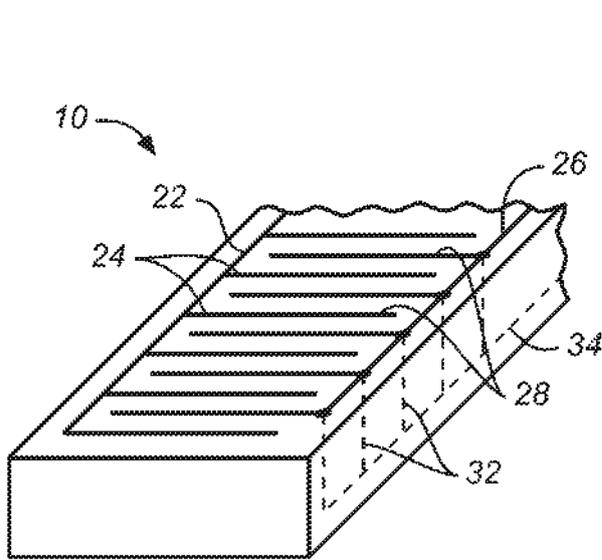


FIG. 1E

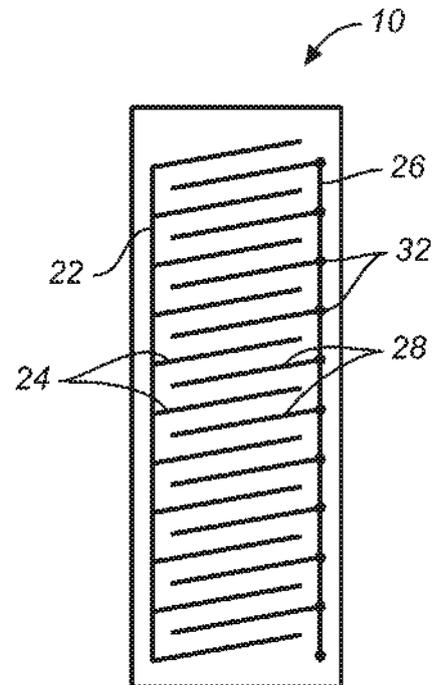


FIG. 1F

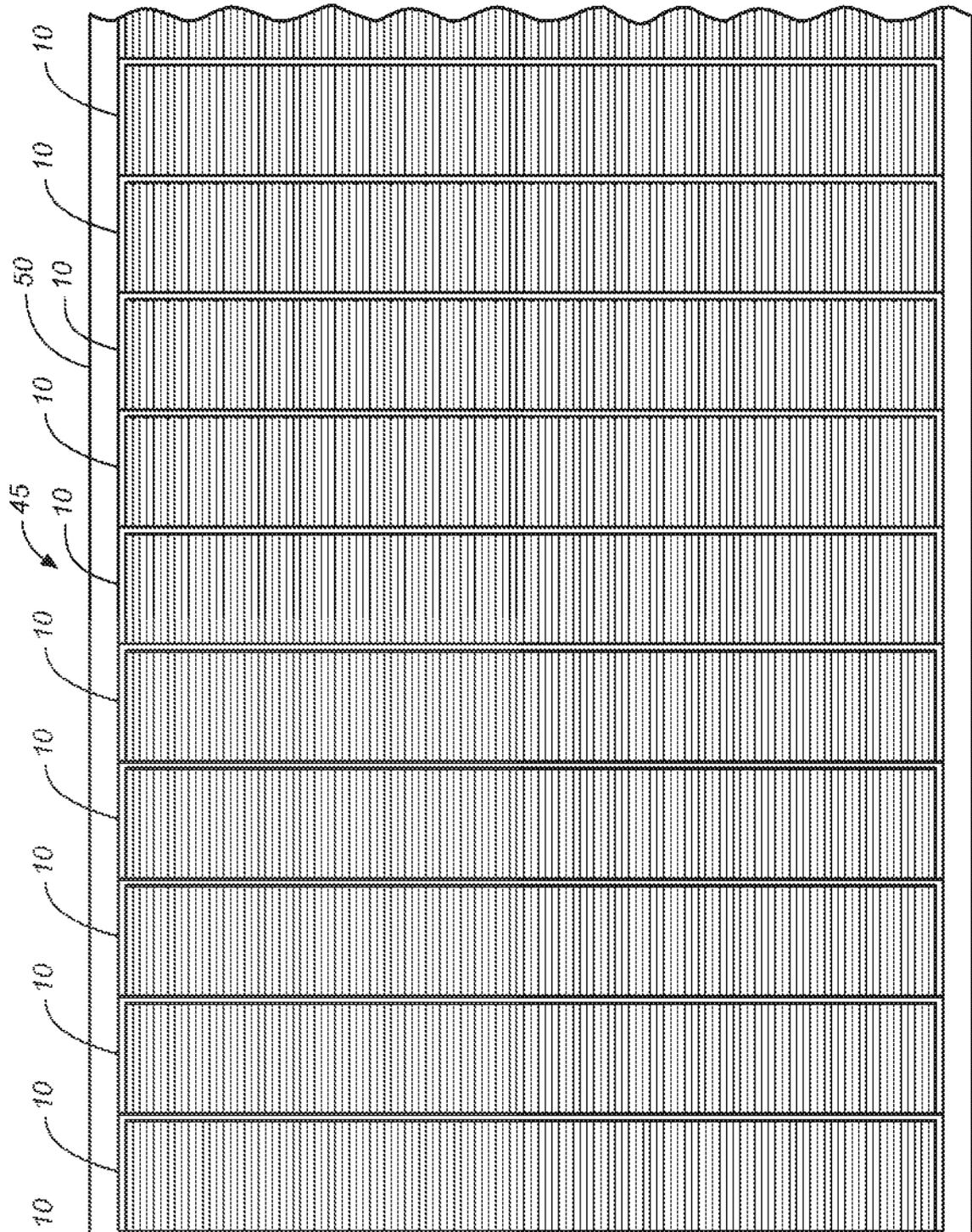


FIG. 2

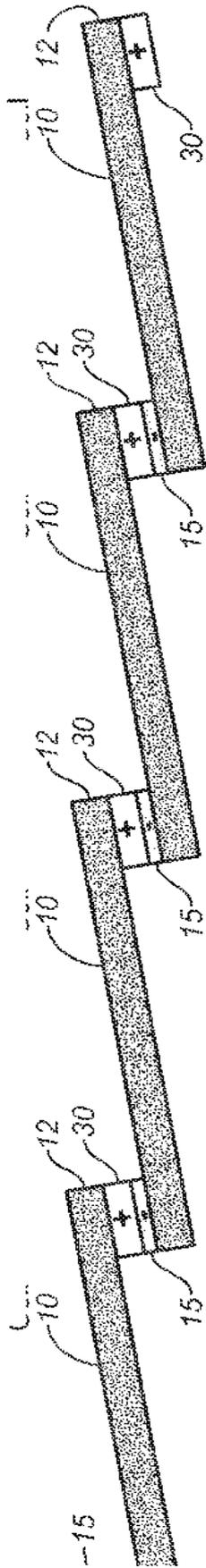


FIG. 3A

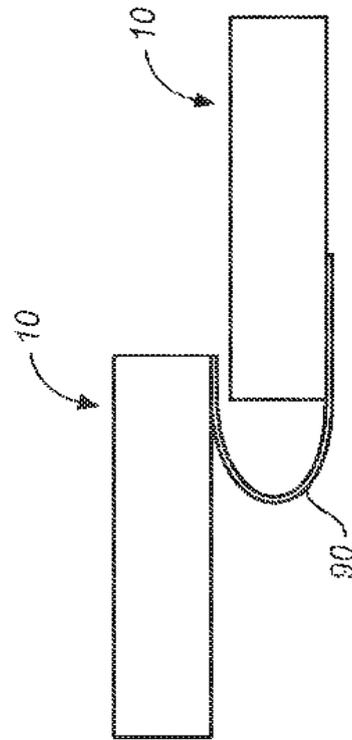


FIG. 3B

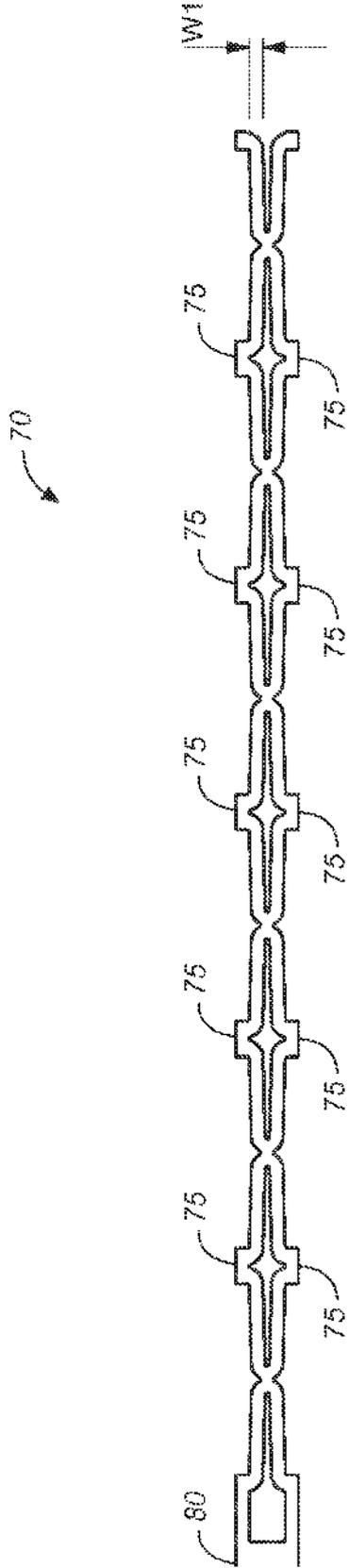


FIG. 5A

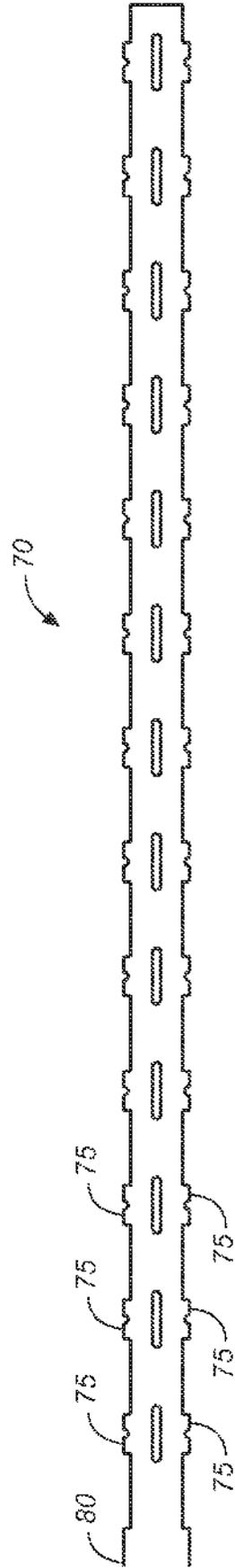


FIG. 5B

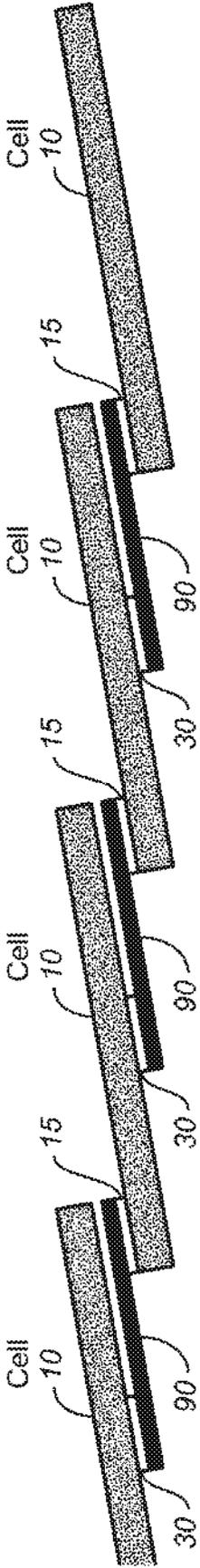


FIG. 6A

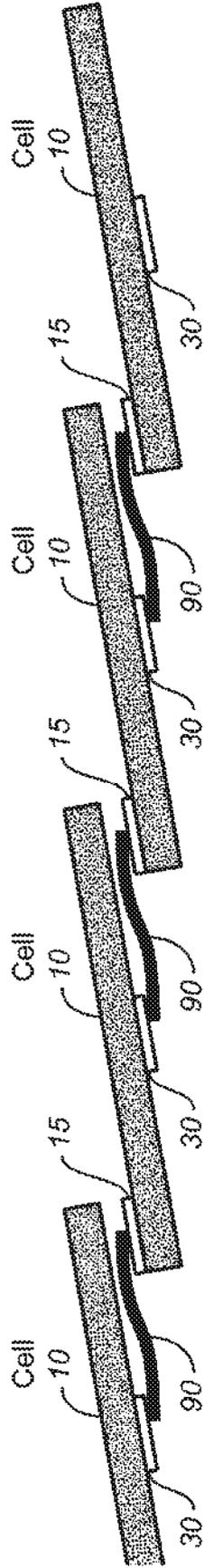


FIG. 6B

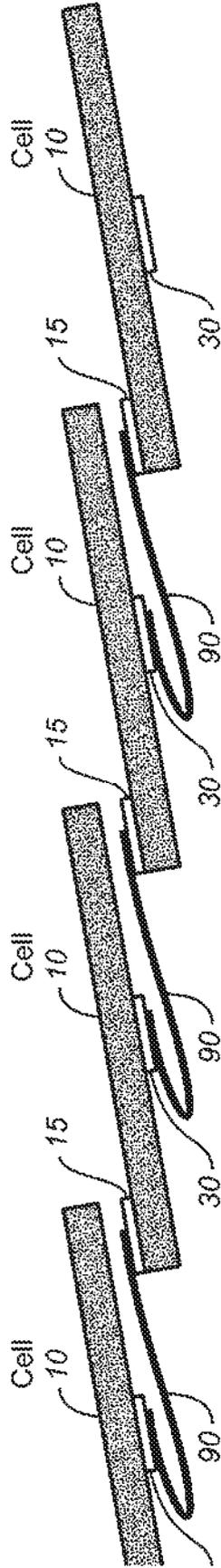


FIG. 6C

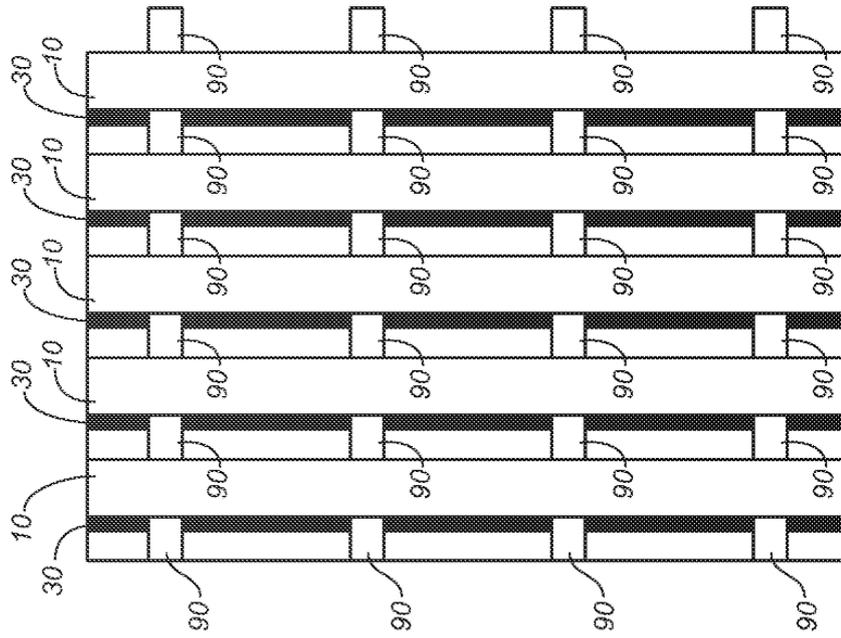


FIG. 7B

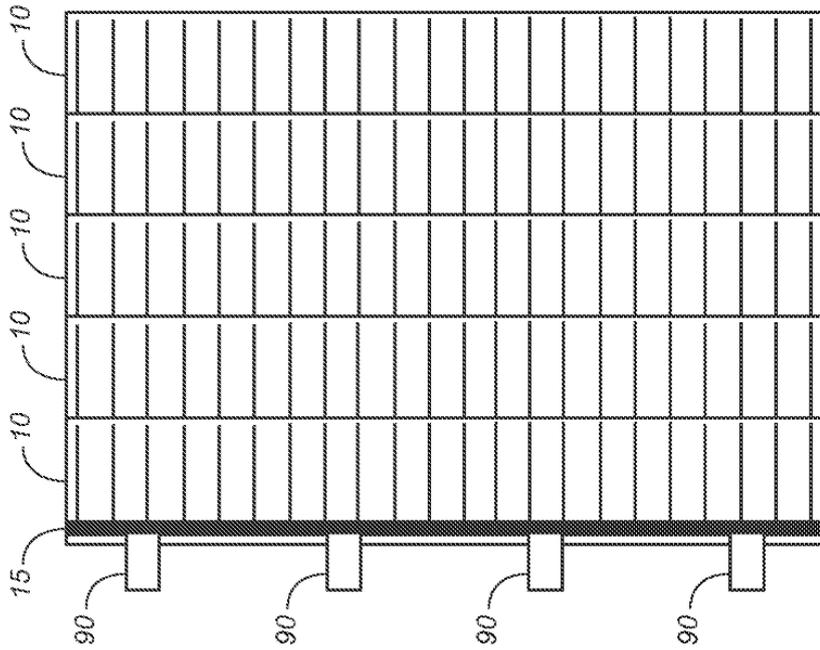


FIG. 7A

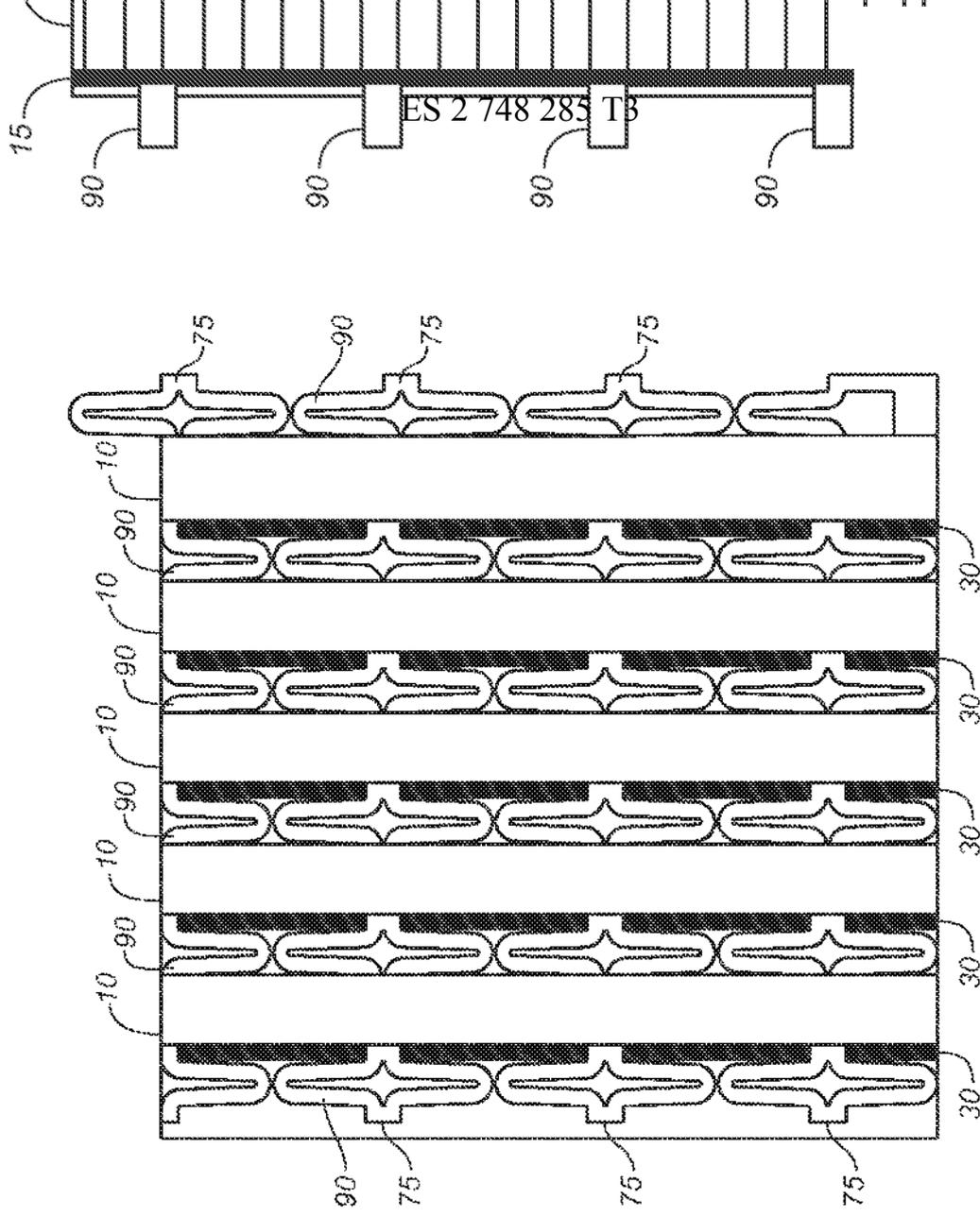


FIG. 8A

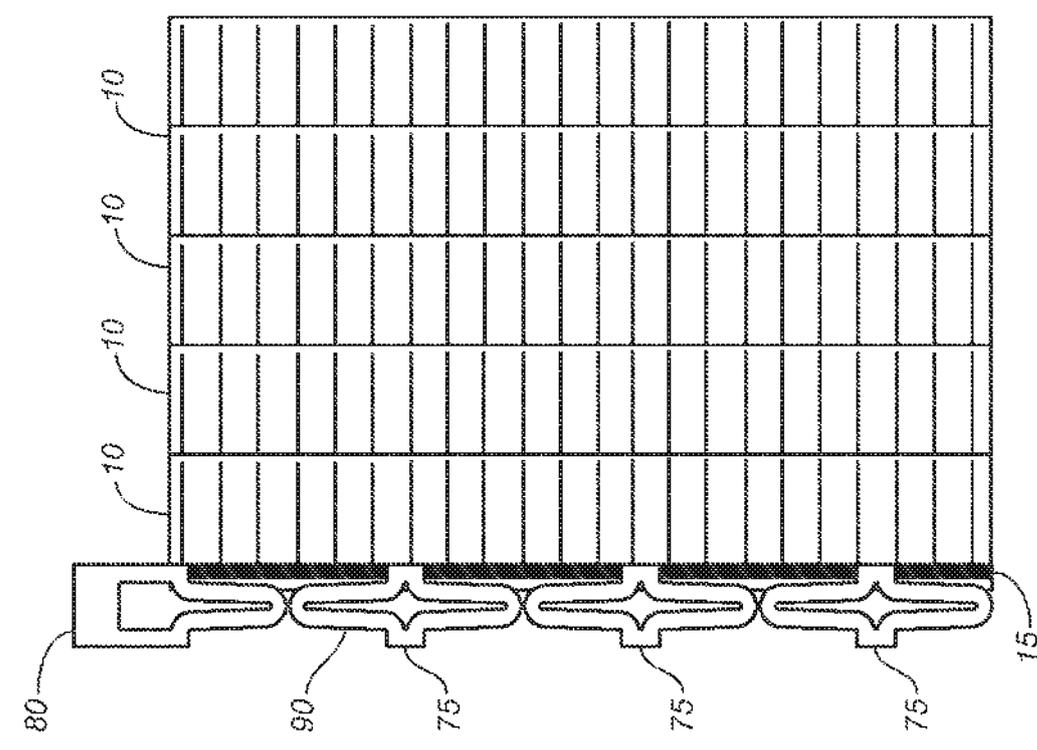


FIG. 8B

ES 2 748 285 T3

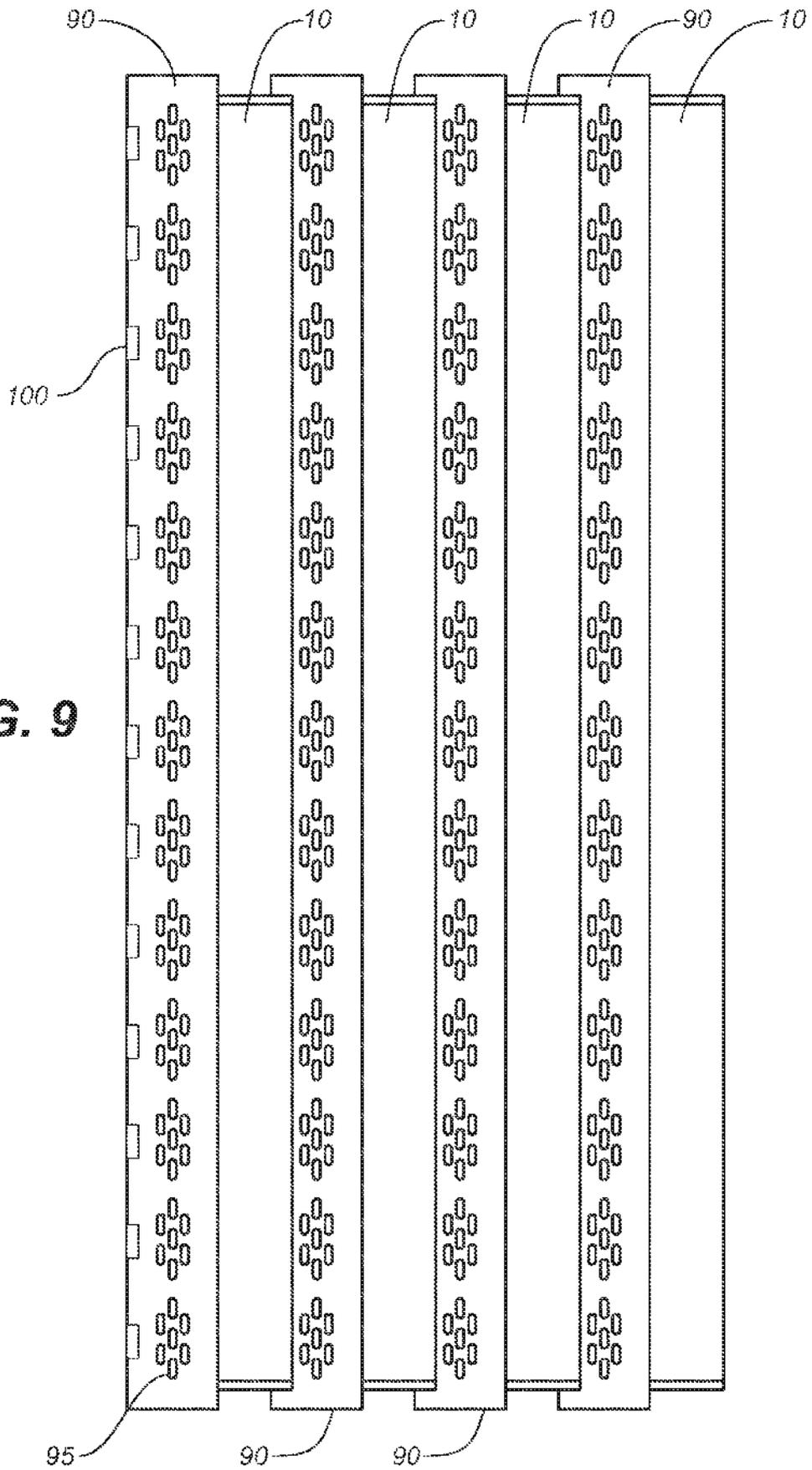


FIG. 9

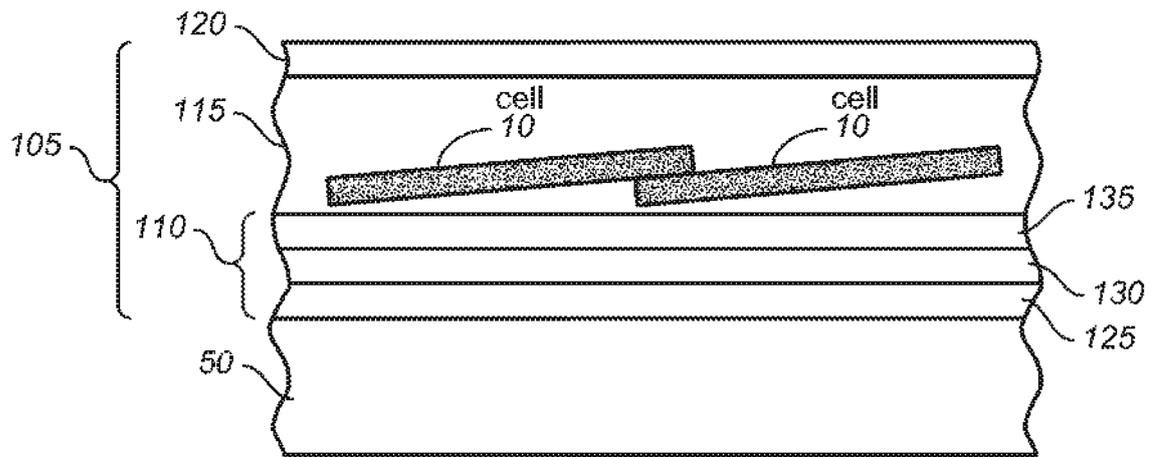


FIG. 10

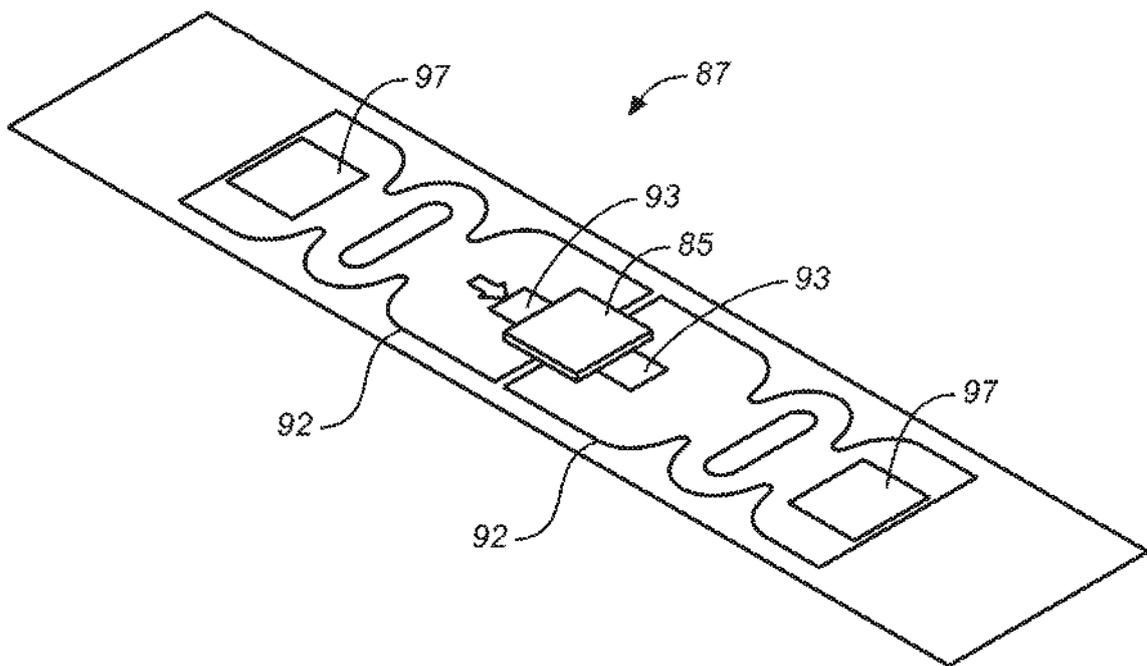


FIG. 11