

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 015 670**

51 Int. Cl.:

**H01L 31/05** (2014.01)  
**H01L 31/0352** (2006.01)  
**H01L 31/041** (2014.01)  
**H01L 31/042** (2014.01)  
**H01L 31/044** (2014.01)  
**H01L 31/0687** (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.09.2017** E 17191154 (8)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.01.2025** EP 3297033

54 Título: **Restauración y reparación de componentes en una disposición de celdas solares**

30 Prioridad:

14.09.2016 US 201662394632 P  
14.09.2016 US 201662394636 P  
14.09.2016 US 201662394616 P  
14.09.2016 US 201662394623 P  
14.09.2016 US 201662394627 P  
14.09.2016 US 201662394629 P  
14.09.2016 US 201662394649 P  
14.09.2016 US 201662394666 P  
14.09.2016 US 201662394667 P  
14.09.2016 US 201662394671 P  
14.09.2016 US 201662394641 P  
14.09.2016 US 201662394672 P  
06.07.2017 US 201715643279  
06.07.2017 US 201715643274  
06.07.2017 US 201715643277  
06.07.2017 US 201715643282  
06.07.2017 US 201715643285  
06.07.2017 US 201715643287  
06.07.2017 US 201715643289

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**07.05.2025**

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.00%)**  
**929 Long Bridge Drive**  
**Arlington, VA 22202, US**

72 Inventor/es:

**REHDER, ERIC**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 3 015 670 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

Restauración y reparación de componentes en una disposición de celdas solares

5 Información de antecedentes

1. Campo de la invención

10 La divulgación está relacionada en general con los paneles de celdas solares y, más concretamente, con la restauración y reparación de componentes en una disposición de celdas solares.

2. Antecedentes

15 El ensamble típico de paneles solares aptos para vuelos espaciales implica la construcción de largas cadenas de celdas solares. Estas cadenas tienen una longitud variable y pueden ser muy largas, por ejemplo, hasta 20 celdas o más. Ensamblar materiales tan largos, variables y frágiles es difícil, lo que ha impedido la automatización del ensamble.

20 Las soluciones existentes utilizan celdas solares ensambladas en unidades CIC (celda, interconexión y cubierta). El CIC tiene interconexiones de láminas metálicas conectadas a la parte frontal de la celda que se extienden en paralelo desde un lado del CIC. Los CIC están situados cerca unos de otros y las interconexiones hacen conexión con la parte inferior de una celda adyacente. Utilizando estas interconexiones, los CIC se ensamblan en cadenas lineales. Estas cadenas lineales se construyen manualmente y luego se colocan para formar un gran conjunto de celdas solares compuesto por muchas cadenas de longitud variable.

25 Además, se utiliza un diodo de derivación para proteger las celdas de la polarización inversa, cuando éstas quedan parcialmente a la sombra. El diodo de derivación suele conectar los contactos traseros de dos celdas adyacentes dentro de la disposición de celdas solares.

30 Cuando se utiliza en un satélite, la disposición de celdas solares suele empaquetarse como un panel. Las dimensiones del panel vienen dictadas por las necesidades del satélite, incluyendo limitaciones como la potencia necesaria, así como el tamaño y la forma necesarios para filtrar y almacenar el satélite en un vehículo de lanzamiento. Además, el despliegue del panel requiere a menudo que algunas porciones del mismo se utilicen para los aditamentos mecánicos y la disposición de celdas solares debe evitar estos lugares. En la práctica, el panel suele ser rectangular, pero sus dimensiones y relación de aspecto varían mucho. La disposición de los CIC y las cuerdas para rellenar este espacio debe ser muy personalizada para obtener la máxima generación de energía, lo que da lugar a un proceso de fabricación de paneles solares muy manual.

40 EP 1 548 847 A2 divulga un panel generador solar y el satélite correspondiente.

Lo que se necesita, por tanto, es un medio para promover la fabricación automatizada de de disposicioness solares, preservando al mismo tiempo la capacidad de personalización de los conjuntos de celdas solares.

45 La presente solicitud se refiere a un sustrato para un panel de celdas solares, según la reivindicación 1, y a un método de reparación de un sustrato sobre el que se fijan celdas solares, según la reivindicación 6. Las características opcionales se especifican en las reivindicaciones dependientes.

Dibujos

50 Remitiéndonos ahora a los dibujos en los que números de referencia similares representan partes correspondientes en toda la disposición:

Las FIGS. 1 y 2 ilustran las estructuras convencionales de los paneles de celdas solares.

55 Las FIGS. 3A y 3B ilustran una estructura mejorada para un panel de celdas solares, según un ejemplo.

Las FIGS. 4A y 4B ilustran una estructura alternativa para el panel de celdas solares, según un ejemplo.

La FIG. 5 ilustra la cara frontal de una celda solar ejemplar que puede utilizarse en el panel de celdas solares mejorado de las FIGS. 3A-3B y 4A-3B.

La FIG. 6 ilustra la cara posterior de la celda solar ejemplar de la FIG. 5.

La FIG. 7 ilustra celdas dispuestas en la rejilla 2D de la disposición, según un ejemplo.

60 La FIG. 8 ilustra un ejemplo de la disposición en el que se añaden uno o más diodos de derivación al área expuesta del sustrato en las regiones de las esquinas.

La FIG. 9 ilustra un ejemplo en el que el diodo de derivación se aplica a la cara posterior de la celda, con una interconexión o contacto para el diodo de derivación que se extiende en la región de la esquina entre los contactos delanteros y traseros.

65 La FIG. 10 ilustra una vista frontal del ejemplo de la FIG. 9, con la interconexión o contacto para el diodo de derivación extendiéndose en la región de la esquina entre los contactos delanteros y traseros.

La FIG. 11 ilustra las celdas de las FIGS. 9 y 10 dispuestos en la rejilla 2D de la disposición y aplicados al sustrato, donde los diodos de derivación se aplican a la cara posterior de las celdas, con los contactos para los diodos de derivación extendiéndose hacia las regiones de las esquinas de las celdas.

5 La FIG. 12 muestra las conexiones en serie ascendente/descendente entre las celdas de la disposición, según un ejemplo.

La FIG. 13 muestra las conexiones en serie izquierda/derecha entre las celdas de la disposición, según un ejemplo.

La FIG. 14 ilustra un esquema de conexión entre una pluralidad de celdas solares de una disposición, según un ejemplo.

10 La FIG. 15 muestra una vista lateral de un ejemplo en el que el sustrato es un ensamble de lámina flexible, según un ejemplo.

La FIG. 16 ilustra un ejemplo en el que una hoja metálica de interconexión de una celda solar se ha separado de una almohadilla de conexión, según un ejemplo.

15 La FIG. 17 muestra un proceso de reparación propuesto para el ejemplo de la FIG. 16, en el que un área del relleno de conexión es lo suficientemente grande como para que pueda realizarse una segunda conexión mediante una interconexión de láminas metálicas, según un ejemplo.

La FIG. 18 muestra cómo se utilizan los componentes de reparación, en un ejemplo.

La FIG. 19 describe un método de fabricación de una celda solar, un panel de celdas solares y/o un satélite, según un ejemplo.

20 La FIG. 20 ilustra un satélite resultante con un panel de celdas solares, según un ejemplo.

La FIG. 21 es una ilustración del panel de celdas solares en forma de diagrama de bloques funcional, según un ejemplo.

#### Descripción detallada de la invención

25 En la siguiente descripción, se hace referencia a los dibujos adjuntos que forman parte de la misma, y en los que se muestra a modo de ilustración un ejemplo específico en el que puede llevarse a la práctica la divulgación. Debe entenderse que pueden utilizarse otros ejemplos y pueden realizarse cambios estructurales sin apartarse del alcance de la presente divulgación.

#### Descripción general

Un nuevo enfoque para el diseño de disposiciones de celdas solares, como las que se utilizan para aplicaciones energéticas en vuelos espaciales, se basa en las conexiones eléctricas entre las celdas solares de la disposición.

35 Este nuevo enfoque reorganiza los componentes de una celda solar y la disposición de las celdas solares en la disposición. En lugar de tener las celdas solares conectadas en largas cadenas lineales y luego ensambladas en un sustrato, las celdas solares se fijan individualmente a un sustrato, de tal forma que las regiones de los bordes de las celdas adyacentes se alinean en el sustrato, exponiendo así una zona del sustrato. Las conexiones eléctricas entre las celdas se realizan mediante conductores angulares formados sobre o en el sustrato en estas regiones de esquina. En consecuencia, este enfoque presenta un diseño de disposición de celdas solares basado en celdas individuales.

45 Así, en la fabricación de disposiciones de celdas solares se puede utilizar un único proceso de colocación y disposición. El flujo de corriente entre las celdas solares será asistido con conductores incrustados en el sustrato. Estas conexiones eléctricas definen las características específicas de la disposición de celdas solares, como sus dimensiones, las áreas de permanencia y las terminaciones de los circuitos. Este enfoque simplifica la fabricación, permite la automatización y reduce los costes y los plazos de entrega.

50 Las FIGS. 1 y 2 ilustran estructuras convencionales para paneles de celdas solares 10, que incluyen un sustrato 12, una pluralidad de celdas solares 14 dispuestas en una disposición, y conectores eléctricos 16 entre las celdas solares 14. Las celdas solares de tamaño medio 14 se muestran en la FIG. 1 y las celdas solares de tamaño completo 14 se muestran en la FIG. 2. Las celdas solares espaciales 14 se derivan de un material de partida de sustrato de germanio (Ge) redondo, que posteriormente se fabrica en formas semirrectangulares para mejorar el filtro denso en el panel de celdas solares 10. A menudo, esta oblea se trocea en una o dos celdas solares 14, descritas en la presente como celdas solares 14 de medio tamaño o de tamaño completo. Los conectores eléctricos 16 que proporcionan las conexiones eléctricas entre las celdas solares 14 se realizan a lo largo del borde paralelo largo entre las celdas solares 14. Estas conexiones en serie (celda a celda) se completan fuera del sustrato, ya que se construyen cadenas de celdas solares 14 conectadas que tienen longitudes de cualquier número de celdas solares 14. A continuación, las cadenas completas de celdas solares 14 se aplican y fijan al sustrato 12.

60 En la FIG. 2, el cableado 18 se fija en el extremo de una cadena de celdas solares 14 para conectar eléctricamente la cadena a otras cadenas, o para terminar el circuito resultante y sacar la corriente de la disposición de celdas solares 14. Las conexiones de hilo a hilo y de terminación de circuito se realizan normalmente en el sustrato 12, y normalmente utilizando el cableado 18. Sin embargo, algunos paneles de celdas solares 10 utilizan un material tipo placa de circuito impreso (PCB) con conductores incrustados.

65

Las cadenas adyacentes de celdas solares conectadas 14 pueden funcionar en paralelo o en antiparalelo. Además, las cadenas de celdas solares 14 conectadas pueden estar alineadas o desalineadas. Hay muchas influencias que compiten en la disposición de las celdas solares 14, lo que da lugar a regiones en las que las celdas solares 14 están paralelas o antiparalelas, alineadas o desalineadas.

Las FIGS. 3A y 3B ilustran dispositivos y estructuras mejorados para un panel de celdas solares 10a, según un ejemplo, en el que la FIG. 3B es una vista ampliada de los detalles del círculo discontinuo de la FIG. 3A. Los diversos componentes del panel de celdas solares 10a se muestran y describen con mayor detalle en las FIGS. 5-13.

El panel de celdas solares 10a incluye un sustrato 12 para celdas solares 14 que tiene uno o más conductores angulares 20 sobre él. En un ejemplo, el sustrato 12 es un sustrato multicapa 12 compuesto por una o más capas de Kapton® (poliimida) que separan una o más capas metálicas estampadas. El sustrato 12 puede montarse en un gran panel rígido 10a de forma similar a los ensamblajes convencionales. Alternativamente, el sustrato 12 puede montarse en un bastidor o panel 10a más ligero y escaso para su montaje o despliegue.

Una pluralidad de celdas solares 14 se fijan al sustrato 12 en una rejilla bidimensional (2-D) de una disposición 22. En este ejemplo, la disposición 22 está compuesto por noventa y seis (96) celdas solares 14 dispuestas en cuatro (4) filas por veinticuatro (24) columnas, pero se reconoce que puede utilizarse cualquier número de celdas solares 14 en diferentes implementaciones.

Las celdas solares 14 tienen esquinas recortadas 24 que definen regiones de esquina 26, como indica el círculo discontinuo. Las celdas solares 14 se fijan al sustrato 12, de tal forma que las regiones de borde 26 de las adyacentes de las celdas solares 14 se alinean, exponiendo así un área 28 del sustrato 12. El área 28 del sustrato 12 que queda expuesta incluye uno o más de los conductores angulares 20, y una o más conexiones eléctricas entre las celdas solares 14 y los conductores angulares 20 se realizan en las regiones de esquina 26 resultantes de las esquinas recortadas 24 de las celdas solares 14.

En este ejemplo, los conductores angulares 20 son vías conductoras adheridas, impresas, enterradas o depositadas sobre el sustrato 12, antes y/o después de que las celdas solares 14 estén adheridas al sustrato 12, que facilitan las conexiones entre celdas solares 14 adyacentes. Las conexiones entre las celdas solares 14 y los conductores angulares 20 se realizan después de que las celdas solares 14 se hayan fijado al sustrato 12.

En un ejemplo, cuatro celdas solares 14 adyacentes están alineadas en el sustrato 12, de forma que cuatro esquinas recortadas 24, una de cada celda solar 14, se juntan en las regiones de esquina 26. A continuación, las celdas solares 14 se fijan individualmente al sustrato 12, en el que las celdas solares 14 se colocan encima de los conductores angulares 20 para realizar la conexión eléctrica entre las celdas solares 14 y los conductores angulares 20.

Las celdas solares 14 pueden aplicarse al sustrato 12 como unidades CIC (celda, interconexión y cubierta). Como alternativa, las celdas solares desnudas 14 pueden ensamblarse en el sustrato 12 y, a continuación, aplicarse interconexiones a las celdas solares 14, seguidas de la aplicación de un vidrio de recubrimiento para una sola celda solar 14, un vidrio de recubrimiento para múltiples celdas solares 14, una lámina de recubrimiento de polímero para múltiples celdas o un encapsulado por atomizador. Este ensamble protege las celdas solares 14 de daños que limitarían su rendimiento.

Las FIGS. 4A y 4B ilustran una estructura alternativa para el panel de celdas solares 10a, según un ejemplo, en el que la FIG. 4B es una vista ampliada de los detalles del círculo discontinuo de la FIG. 4A. En este ejemplo, sólo unos pocos conductores angulares 20 están impresos o integrados en el sustrato 12. En su lugar, la mayoría de los conductores angulares 20 están contenidos dentro de un módulo de enrutamiento de potencia (PRM) 30 que está fijado al sustrato 12.

La FIG. 5 ilustra la cara frontal de una celda solar 14 ejemplar que puede utilizarse en el panel de celda solar 10a mejorado de las FIGS. 3A-3B y 4A-4B. La celda solar 14, que es una unidad CIC, es una celda solar de tamaño medio 14. (También podrían utilizarse celdas solares de tamaño normal 14).

La celda solar 14 se fabrica con al menos una esquina recortada 24 que define una región de esquina 26, como se indica con el círculo discontinuo, de forma que la región de esquina 26 resultante de la esquina recortada 24 incluye al menos un contacto 32, 34 para realizar una conexión eléctrica con la celda solar 14. En el ejemplo de la FIG. 5, la celda solar 14 tiene dos esquinas recortadas 24, cada una de las cuales tiene un contacto delantero 32 en la cara frontal de la celda solar 14 y un contacto trasero 34 en una cara posterior de la celda solar 14, donde los contactos 32 y 34 se extienden hacia la región de la esquina 26. (Las celdas solares 14 de tamaño normal tendrían cuatro esquinas recortadas 24, cada una de las cuales tendría un contacto delantero 32 y un contacto trasero 34).

Las esquinas recortadas 24 aumentan el aprovechamiento de los materiales de partida de las obleas redondas

para las celdas solares 14. En los paneles 10 convencionales, estas esquinas recortadas 24 darían lugar a un espacio no utilizado en el panel 10 después de que las celdas solares 14 se fijaran al sustrato 12. Sin embargo, el nuevo enfoque descrito en esta divulgación utiliza este espacio no utilizado. En concreto, las interconexiones de láminas metálicas, que comprenden los conductores angulares 20, los contactos delanteros 32 y los contactos traseros 34, se desplazan a las regiones de esquina 26. Por el contrario, los CIC existentes tienen interconexiones fijadas a la cara frontal de la celda solar 14, y se conectan a la cara posterior (donde se producen las conexiones) durante el encordado.

La corriente generada por la celda solar 14 es recogida en la parte frontal de la celda solar 14 por una rejilla 36 de finos dedos metálicos 38 y barras colectoras metálicas más anchas 40 que están conectadas a ambos contactos frontales 32. Existe un equilibrio entre la adición de metal en la rejilla 36, que reduce la luz que entra en la celda solar 14 y su potencia de salida, y la reducción de la resistencia que supone tener más metal. La barra colectora 40 es un conductor de baja resistencia que transporta corrientes elevadas y también proporciona redundancia en caso de que se desconecte un contacto delantero 32. La optimización generalmente desea una barra colectora corta 40 que discurra directamente entre los contactos frontales 32. Al tener el contacto delantero 32 en la esquina recortada 24, la barra colectora 40 se aleja del perímetro de la celda solar 14. Esto se consigue minimizando simultáneamente la longitud de la barra colectora 40 y el oscurecimiento de la luz. Además, los dedos 38 son ahora más cortos. Esto reduce las resistencias parásitas en la rejilla 36, porque la longitud de los dedos 38 es más corta y la corriente total transportada es menor. Esto produce una preferencia de diseño en la que los contactos frontales 32 y la barra colectora de conexión 40 se desplazan para proporcionar unos dedos estrechos 38 más cortos.

La FIG. 6 ilustra la cara posterior de la celda solar ejemplar 14 de la FIG. 5. La cara posterior de la celda solar 14 tiene una capa posterior metálica 42 que está conectada a ambos contactos posteriores 34.

La FIG. 7 ilustra las celdas solares 14 dispuestas en la rejilla 2D de la disposición 22, según un ejemplo. La disposición 22 comprende una pluralidad de celdas solares 14 fijadas a un sustrato 12, de tal manera que las regiones de borde 26 de las adyacentes de las celdas solares 14 están alineadas, exponiendo así un área 28 del sustrato 12. Las conexiones eléctricas (no mostradas) entre las celdas solares 14 se realizan en el área expuesta 28 del sustrato 12 utilizando los contactos delanteros 32 y los contactos traseros 34 de las celdas solares 14 y los conductores de unión 20 (no mostrados) formados sobre o en el área expuesta 28 del sustrato 12.

Durante el ensamble, las celdas solares 14 se fijan individualmente al sustrato 12. Este ensamble puede realizarse directamente sobre una superficie de apoyo, es decir, el sustrato 12, que puede ser rígido o flexible. Alternativamente, las celdas solares 14 podrían ensamblarse en la rejilla 2D de la disposición 22 sobre una superficie de apoyo temporal y transferirse después a una superficie de apoyo final, es decir, el sustrato 12.

La FIG. 8 ilustra un ejemplo de la disposición 22 en el que se añaden uno o más diodos de derivación 44 al área expuesta 28 del sustrato 12 en las regiones de las esquinas 26, para su uso en una o más de las conexiones eléctricas. Los diodos de derivación 44 protegen las celdas solares 14 cuando éstas se vuelven incapaces de generar corriente, lo que podría deberse a que están parcialmente a la sombra, lo que lleva a las celdas solares 14 a un sesgo inverso. En un ejemplo, los diodos de derivación 44 se fijan al sustrato 12 en las regiones de esquina 26 independientemente de las celdas solares 14.

La FIG. 9 ilustra un ejemplo en el que el diodo de derivación 44 se aplica a la cara posterior de la celda solar 14, con interconexiones o contactos 46 para el diodo de derivación 44 conectados a la capa posterior 42 y que también se extienden a la región angular 26 entre los contactos anterior y posterior 32, 34.

La FIG. 10 ilustra una vista frontal del ejemplo de la FIG. 9, con la interconexión o el contacto 46 para el diodo de derivación 44 (no mostrado) que se extiende en la región angular 26 entre los contactos delantero y trasero 32, 34.

La FIG. 11 ilustra las celdas solares 14 de las FIGS. 9 y 10 dispuestos en la rejilla 2D de la disposición 22 y aplicados al sustrato 12, donde los diodos de derivación 44 (no mostrados) se aplican a la cara posterior de las celdas solares 14, con los contactos 46 para los diodos de derivación 44 extendiéndose en las regiones de esquina 26 de las celdas solares 14.

Una ventaja de este enfoque es que los trazados ilustrados en las FIGS. 7, 8 y 11 son disposiciones generalizadas. Concretamente, estas disposiciones pueden repetirse en todas las dimensiones del panel 10a que desee un cliente. Esto simplifica enormemente los procesos de ensamble, restauración, prueba e inspección.

La colocación de la celda solar 14 y del diodo de derivación 44 es genérica. La conexión eléctrica de las celdas solares 14 en conexiones en serie y terminaciones en cadena es una personalización importante para el cliente final y se realiza independientemente de la disposición. Los contactos delanteros 32 y los contactos traseros 34 de las regiones angulares 26 de las celdas solares 14 deben estar conectados. Esto puede hacerse en muchas combinaciones con el fin de encaminar la corriente a través de una trayectoria deseada.

Las conexiones se realizan entre las celdas solares 14 y los conductores angulares 20. Los contactos delanteros y traseros 32, 34 de las celdas solares 14 están presentes en cada región de esquina 26 para su fijación a los conductores angulares 20. Las interconexiones para los contactos delanteros y traseros 32, 34 de cada una de las celdas solares 14 se sueldan, se sueldan o se unen de otro modo a los conductores de las esquinas 20 para proporcionar una vía conductora 20, 32, 34 para dirigir la corriente fuera de las celdas solares 14.

Utilizando los conductores angulares 20, se puede realizar cualquier personalización en las conexiones eléctricas. Las celdas solares 14 adyacentes pueden conectarse eléctricamente para que la corriente fluya en sentido arriba/abajo o izquierda/derecha, según lo desee el diseño específico. El flujo de corriente también puede dirigirse alrededor de las áreas de permanencia según sea necesario. La longitud o anchura de la disposición de celdas solares 22 puede ajustarse como se desee. Además, la anchura puede variar a lo largo de la longitud de la disposición 22.

En un ejemplo, las conexiones eléctricas son conexiones en serie que determinan un flujo de corriente a través de la pluralidad de celdas solares 14. Esto puede lograrse mediante los esquemas de conexión mostrados en las FIGS. 12 y 13, donde la FIG. 12 muestra las conexiones en serie ascendentes/descendentes 48 entre las celdas solares 14 de la disposición 22, y la FIG. 13 muestra las conexiones en serie izquierda/derecha 50 entre las celdas solares 14 de la disposición 22. En ambas FIGS. 12 y 13, estas conexiones en serie 48, 50 son conexiones eléctricas entre los contactos delanteros 32 y los contactos traseros 34 de las celdas solares 14, y los diodos de derivación 44, se realizan utilizando los conductores angulares 20 formados sobre o en las áreas expuestas 28 del sustrato 12. Estas conexiones en serie 48, 50 determinan el flujo de corriente (potencia), como indican las flechas 52, a través de las celdas solares 14.

Los conductores angulares 20 entre las celdas solares 14 pueden ser de muchas formas. Podrían lograrse utilizando cables que tienen conexiones eléctricas hechas en ambos extremos, que podrían ser de soldadura, soldadura, adhesivo conductor u otro proceso. Además de los cables, podrían aplicarse conectores de hoja metálica, similares a los interconectores. Los caminos o delineamientos conductores metálicos (no mostrados) también pueden integrarse con el sustrato 12.

En resumen, este nuevo enfoque fija las celdas solares 14 individualmente a un sustrato 12 de manera que las regiones de esquina 26 de dos, tres o cuatro celdas solares 14 adyacentes estén alineadas en el sustrato 12. Las celdas solares 14 pueden colocarse de modo que las esquinas recortadas 24 estén alineadas y las regiones angulares 26 sean adyacentes, exponiendo así un área 28 del sustrato 12. Las conexiones eléctricas entre las celdas solares 14 se realizan en estas regiones de esquina 26 entre los contactos delanteros 32 y los contactos traseros 34 de las celdas solares 14, los diodos de derivación 44 y los conductores angulares 20 sobre o en el área expuesta 28 del sustrato 12, en el que estas vías conductoras se utilizan para crear una cadena de celdas solares 14 en una conexión en serie 48, 50 que comprende un circuito.

### **RESTAURACIÓN Y REPARACIÓN DE COMPONENTES**

Aunque el uso de conexiones eléctricas entre las celdas solares 14 en estas regiones de esquina 26 facilita la automatización, existen límites a las capacidades de restauración y reparación de este diseño. Las disposiciones de celdas solares 22 pasan por mucha actividad antes de su despliegue, y existen numerosas posibilidades de que se produzcan defectos tanto en la fabricación inicial como durante las etapas posteriores de ensamble, por raras que sean. Es necesario disponer de una vía de restauración y reparación para sustituir los materiales dañados.

En concreto, es necesario un proceso de restauración y reparación de la rejilla 2D de la disposición 22, y no está claro cómo se consigue con las técnicas actuales. Por ejemplo, la extracción y sustitución de componentes puede dar lugar a una segunda interconexión eléctrica realizada en el mismo lugar que una primera interconexión eléctrica, y dicha conexión repetida puede no tener suficiente resistencia.

Esta divulgación describe un diseño de conector que simplifica la reparación de estos elementos y facilita las reparaciones de la disposición de celdas solares 22. En concreto, se repara una conexión eléctrica eliminando una primera interconexión en una primera ubicación de la conexión eléctrica y formando una segunda interconexión en una segunda ubicación de la conexión eléctrica distinta de la primera ubicación. La segunda ubicación puede ser adyacente a la primera. Un área del conductor de esquina utilizado para la conexión eléctrica es lo suficientemente grande como para abarcar tanto la primera como la segunda ubicación y, preferiblemente, permite que la corriente eléctrica fluya alrededor de la primera ubicación.

La FIG. 14 ilustra además un esquema de conexión entre una pluralidad de celdas solares 14, según un ejemplo. El esquema de conexión mostrado comprende conexiones en serie ascendentes/descendentes 48 entre los contactos delanteros 32 y los contactos traseros 34 de las celdas solares 14, y los diodos de derivación 44, realizadas en las áreas expuestas 28 del sustrato 12, utilizando los conductores angulares 20. Estas conexiones en serie 48 determinan el flujo de corriente, como indican las flechas 52, a través de las celdas solares 14.

Pueden añadirse o retirarse uno o varios elementos conductores de la región angular 26 para seleccionar vías de corriente para las celdas solares 14. En un ejemplo, el elemento conductor comprende un puente 54a, 54b que permite terminar los circuitos en las regiones de esquina 26 o dirigir la corriente a la siguiente celda solar 14. Los puentes 54a, 54b vinculan las conexiones eléctricas de al menos uno de los conductores angulares 20 y otro u otros caminos conductores.

Cada puente 54a, 54b es una interconexión de hoja metálica similar a las interconexiones metálicas existentes utilizadas en los paneles de celdas solares 10. En un ejemplo, cada puente 54a, 54b tiene una forma compuesta por dos elementos de brida con planos paralelos conectados por un elemento de alma, lo que permite múltiples puntos de conexión. El puente 22 podría soldarse, soldarse o unirse por otros métodos, sobre las vías conductoras y las almohadillas de conexión. También podrían emplearse otros tipos de elementos conductores, como alambres, así como otras formas.

En concreto, la FIG. 14 muestra un puente 54a que conecta el contacto trasero 34 de la celda solar superior izquierda 14 con el contacto delantero 32 de la celda solar inferior izquierda 14. Este puente 54a también se conecta a través del diodo de derivación 44 al contacto trasero 34 de la celda solar inferior izquierda 14. Esta ruta de conexión proporciona el flujo de corriente 52 de arriba a abajo que se muestra en la parte izquierda de la FIG. Una configuración similar utilizando el puente 54b proporciona el flujo de corriente 52 de abajo hacia arriba que se muestra en la parte derecha de la figura.

El valor de esta estructura es significativo. Ahora, hay un único patrón impreso del conductor de esquina 20, una única disposición de las celdas solares 14 y una única disposición de los diodos de derivación 44. Esta configuración única tiene grandes ventajas para la automatización de la fabricación, las pruebas y la inspección. La aplicación de un puente 54a, 54b proporciona una forma sencilla de controlar el número de celdas solares 14 en un circuito.

La FIG. 15 muestra una vista lateral de un ejemplo en el que el sustrato 12 es un ensamble de lámina flexible, según un ejemplo. El sustrato 12 incluye una capa base de poliimida 54 con una capa de cobre (Cu) 56a por encima y una capa de Cu 56b por debajo, en las que las capas de Cu 56a y 56b forman un conductor multicapa. Sobre el sustrato 12 puede aplicarse una lámina posterior conductora de poliimida 58, útil en un entorno espacial porque reducirá la acumulación de carga. Otra capacidad es la adición de una capa de plata (Ag) u oro (Au) 60 sobre la capa de Cu 56a, que mejora la capacidad de realizar conexiones. La capa de Cu 56a con la capa chapada de Ag o Au 60 está estampada como los conductores de las esquinas 20, y la capa de Cu 56b está estampada para formar conductores enterrados dentro del sustrato 12, incluyendo, por ejemplo, líneas de alimentación y comunes.

A la derecha se muestra la celda solar 14 fijada al sustrato 12 con adhesivo 62. También es visible la interconexión de láminas metálicas 64 unida a la celda solar 14 y la capa chapada de Ag o Au 60 de los conductores angulares 20. Se trata de una construcción y un ensamble bastante típicos que podrían formar las estructuras presentadas en figuras anteriores.

El sustrato 12 también incluye capas aislantes que separan al menos uno de los conductores multicapa 56a, 56b de al menos otro de los conductores multicapa 56a, 56b. En un ejemplo, hay una capa de superposición de poliimida superior 66a y una capa de superposición de poliimida inferior 66b, en las que la capa de superposición de poliimida superior 66a tiene uno o más orificios taladrados a través de ella, y los orificios son vías de Cu 68 que conectan eléctricamente la capa de Cu 56a con la capa de Cu 56b.

La poliimida tiene una alta resistencia a la rotura, superior a la del aire o el vacío, y las capas de superposición de poliimida 66a, 66b son útiles para evitar las descargas electrostáticas (ESD), que son una preocupación importante en el entorno espacial. Además, esto permite que los conductores angulares 20 pasen por debajo de la celda solar 14. El adhesivo 62 no es conductor, pero la capa continua de poliimida de las capas de superposición de poliimida 66a, 66b ofrece una protección significativa contra los cortocircuitos entre los conductores enterrados en las capas de Cu 56a, 56b y la celda solar 14.

En otro ejemplo, la capa superior de superposición de poliimida 66a puede omitirse debajo de la celda solar 14. Esto puede resultar ventajoso si la capa superior de superposición de poliimida 66a es propensa a la formación de burbujas u otros defectos.

En otro ejemplo, existe una alineación entre la capa de Cu 56a, la capa de Cu 56b y la capa superior de superposición de poliimida 66a. En este ejemplo, la capa superior de superposición de poliimida 66a recubre casi por completo la capa de Cu 56a, la capa de poliimida 54 y la capa de Cu 56b, con sólo pequeños orificios de acceso a la capa de Cu 56a y a la capa de Cu 56b. Esto requiere que la capa superior de superposición de poliimida 66a se balancee hacia arriba y sobre las esquinas de las capas de Cu 56a y 56b. Al recubrir el metal de las capas de Cu 56a, 56b, la capa superior de superposición de poliimida 66a proporciona una valiosa protección contra las ESD.

En otro ejemplo, la capa superior de superposición de poliimida 66a tiene orificios más grandes para evitar la sobreposición de los bordes de las capas de Cu 56a y 56b. Esta capa de superposición de poliimida superior 66a puede ser más fácil de fabricar y tener menos defectos que una capa de superposición de poliimida superior completa 66a.

5

En otro ejemplo, existe una conexión entre dos o más trazas de la capa de Cu 56a, en la que las trazas de la capa de Cu 56a también están conectadas mediante vías 68 a la capa de Cu 56b. La capa superior de superposición de poliimida 66a puede no ser necesaria; en ese caso, no habría ningún obstáculo de la capa superior de superposición de poliimida 66a a ninguna conexión del puente 54.

10

En otro ejemplo, un puente 54 (no mostrado) puede conectarse directamente desde la capa de Cu 56a a la capa de Cu 56b. Esto elimina las conexiones vía 68 chapadas en Cu, que podrían ser un problema de fiabilidad, especialmente en el ensamble de placas flexibles. Sin embargo, hay más topografía de poliimida de la capa superior de superposición de poliimida 66a que el puente 54 tiene que sobrepasar. El grosor de la capa superior de superposición de poliimida 66a suele ser de unos ~0,1 mm, mientras que la longitud del puente 54 suele ser de unos ~4 mm. Tener el metal del puente 54 rodeado por grandes cantidades de poliimida de la capa de superposición de poliimida superior 66a puede impedir el puente 54, pero también impedirá la ESD, que puede ser valiosa.

15

20

En otro ejemplo, se proporciona acceso eléctrico a la capa de Cu enterrada 56b. Esto podría lograrse con la conexión vía 68 entre la capa de Cu 56a y la capa de Cu 56b, o con una conexión directa entre la capa de Cu 56a y la capa de Cu 56b. Además, puede haber múltiples conexiones entre la capa de Cu 56a y la capa de Cu 56b. Esta redundancia es un atributo importante y puede emplearse siempre que sea posible.

25

En otro ejemplo, los delineamientos de las capas de Cu 56a, 56b pueden ampliarse en conductores más anchos, líneas de alimentación y líneas comunes que no tengan las capas aislantes de poliimida 66a, 66b entre ellas. Así, se utiliza más cobre para la conducción, lo que reduce las pérdidas por resistencia. Esto reduce el número de conductores discretos; sin embargo, se conserva la redundancia de conexión.

30

Si hay algún problema con la celda solar 14 o sus conexiones, puede que sea necesario sustituirlas. La retirada mecánica de la celda solar 14 y del adhesivo 62 que la fija a la superficie del sustrato de lámina flexible 12 es un proceso conocido. La presente divulgación, en cambio, se centra en la restauración o reparación de las conexiones eléctricas.

35

La FIG. 16 ilustra un ejemplo en el que la interconexión de láminas metálicas 64 de la celda solar 14 se ha separado de la capa chapada de Ag o Au 60 y/o de la capa de Cu 56a. Esta separación puede ser el defecto que provoque el proceso de restauración. Otra posibilidad es que exista otro defecto que provoque la separación intencionada de esta conexión. Por ejemplo, sería necesario retirar una celda solar 14 agrietada, incluidas las interconexiones con el sustrato 12. La separación provoca un cambio en la región superficial de la capa de Ag o Au 60 y/o de la capa de Cu 56a, por ejemplo, dando lugar a algunos restos 70, como residuos de soldadura, rugosidades, etc.

40

La FIG. 17 muestra un proceso propuesto para reparar el sustrato 12 en el ejemplo de la FIG. 16, en el que un área de la capa chapada de Ag o Au 60 y/o de la capa de Cu 56a utilizada para la conexión eléctrica es lo suficientemente grande como para que se puedan realizar una o más conexiones adicionales en dicha área. En este ejemplo, la celda solar de repuesto 14 se fija al sustrato de lámina flexible 12 mediante el adhesivo 62, y la interconexión de repuesto 64 se extiende desde la celda solar de repuesto 14 para entrar en contacto con la capa chapada de Ag o Au 60 y/o la capa de Cu 56a en un lugar adyacente que evita la región de conexión original. El lugar adyacente en este ejemplo tiene suficiente conductor para que la corriente eléctrica fluya alrededor de la región dañada.

45

Podría haber un inventario de CIC con interconexiones de distinta longitud para el primer ensamble, la primera restauración, la segunda restauración, etc. Alternativamente, podría construirse un único CIC con una interconexión que tuviera una longitud disponible para el ensamble inicial y todos los procesos de restauración previstos.

50

En concreto, se repara una conexión eléctrica eliminando una primera interconexión 64 en una primera ubicación de la conexión eléctrica y formando una segunda interconexión 64 en una segunda ubicación de la conexión eléctrica distinta de la primera ubicación. La segunda ubicación puede ser adyacente a la primera, por ejemplo, cuando la capa chapada de Ag o Au 60 y/o la capa de Cu 56a comprenden una placa de conexión lo suficientemente grande como para abarcar tanto la primera como la segunda ubicación y permitir que la corriente eléctrica fluya alrededor de la primera ubicación. En un ejemplo, la primera interconexión 64 en la primera ubicación se retira completamente, mientras que en otro ejemplo, queda una junta cuando se retira la primera interconexión 64.

55

60

En otro proceso de reparación propuesto, similar al mostrado en la FIG. 17, el área de la capa de Ag o Au 60 y/o de la capa de Cu 56a se ha roto o dividido. Como la FIG. 17, una celda solar de repuesto 14 se fija al sustrato de

lámina flexible 12 mediante adhesivo 62, y una interconexión de repuesto 64 se extiende desde la celda solar de repuesto 14 para hacer contacto con la capa chapada de Ag o Au 60 y/o la capa de Cu 56a en una ubicación adyacente que evita la región de conexión original, en la que la ubicación adyacente tiene suficiente conductor para que la corriente eléctrica fluya alrededor de la región dañada.

5 En otro proceso de reparación propuesto, en el que se corta la interconexión original 64 a la celda solar 14, pero una junta de la interconexión 64 permanece intacta y unida a la capa chapada de Ag o Au 60 y/o a la capa de Cu 56a, se une una interconexión de repuesto 64 a la capa chapada de Ag o Au 60 y/o a la capa de Cu 56a en una ubicación adyacente que evita la región de conexión original, en la que la ubicación adyacente tiene suficiente conductor para que la corriente eléctrica fluya alrededor de la junta de la interconexión 64. Puede ser preferible  
10 mantener la junta de la interconexión 64, ya que así se evitan daños en la capa de Ag o Au 60 y/o en la capa de Cu 56a, por ejemplo, por rotura o división.

Se pueden utilizar diferentes tipos de componentes de reparación, basados en dos tipos de interconexiones. Un primer tipo de componentes de reparación podría utilizarse para conectar una celda solar 14 o un diodo de derivación 44 al sustrato 12, mientras que un segundo tipo de componentes de reparación podría utilizarse para  
15 conectar pares de conductores angulares 20 en el sustrato 12. El primer tipo de componentes de reparación serían las interconexiones estándar 64, mientras que el segundo tipo de componentes de reparación serían variaciones de las interconexiones estándar 64 utilizadas para el proceso de reparación, es decir, interconexiones de sustitución 64, que tienen una estructura ligeramente diferente que desplaza la conexión eléctrica a un lugar  
20 adyacente a la conexión original. Es deseable situar los puntos de conexión inicial y de restauración, de forma que los restos 70, la interconexión cortada 64, o la rotura o división de la capa chapada de Ag o Au 60 y/o de la capa de Cu 56a, no afecten al ensamble de reparación ni al flujo de corriente.

Otra variación es cuando el tipo de componentes de reparación está diseñado para permitir que las conexiones  
25 iniciales y de restauración se realicen utilizando la misma estructura de interconexión 64. Por lo tanto, se necesita una única interconexión 64. Esta interconexión 64 se utiliza tanto para la construcción inicial como para la restauración. Habría pares de puntos de conexión iniciales y de restauración en la capa chapada de Ag o Au 60 y/o en la capa de Cu 56a para las conexiones iniciales y de repaso. Una vez más, es deseable diseñar estas piezas y el trayecto conductor en el sustrato 12, de tal manera que la ruptura del trayecto conductor en el sustrato 12 no  
30 afecte a la conductividad tras la restauración.

En caso de que un punto de conexión sea inadecuado, este diseño de interconexión permite utilizar un punto de conexión adicional. La interconexión 64 puede dejarse en su lugar y puede utilizarse una ubicación adyacente de la capa chapada de Ag o Au 60 y/o la capa de Cu 56a para proporcionar una mayor fiabilidad. Así se evita la  
35 posibilidad de que se produzcan más daños durante el proceso de restauración.

La FIG. 18 muestra cómo se utilizan los componentes de reparación 72, según un ejemplo. En este ejemplo, los componentes de reparación 72 comprenden interconexiones de sustitución 64 que conectan los contactos delanteros o traseros 32, 34 a los conductores angulares 20, o interconexiones de sustitución 64 que conectan los  
40 diodos de derivación 44 a los conductores angulares 20, o puentes 54 que conectan los conductores angulares 20. Generalmente, se realizan los siguientes pasos: separar las interconexiones 64 en una junta de soldadura, limpiar la celda solar 14 y/o el diodo de derivación 44, sustituir la celda solar 14 y/o el diodo de derivación 44 por una unidad de reparación, y soldar las interconexiones 64 en lugares adyacentes a los conductores angulares 20 o a los contactos delantero y trasero 32, 34, o conectar un puente 54 entre los conductores angulares 20, en el  
45 que todo el trabajo se realiza en un lado superior del ensamble sin componentes que sobresalgan. Preferiblemente, todas las conexiones eléctricas de este ensamble se realizan mediante capas metálicas superpuestas. A continuación, se forma una junta mediante el acceso desde la parte superior para los procesos de soldadura (láser, resistiva, ultrasónica, etc.). Este acceso es muy sencillo, ya que no hay superposición ni plegado de conductores. Además, la reparación no tiene ningún material que sobresalga más alto que el ensamble original,  
50 lo que es una preocupación para los paneles solares espaciales 10a que a menudo se pliegan apretadamente para su estiba y lanzamiento.

### **FABRICACIÓN**

55 Ejemplos de la divulgación pueden describirse en el contexto de un método 74 de fabricación de una celda solar 14, un panel de celdas solares 10a y/o un satélite, que comprende los pasos 76-88, como se muestra en la FIG. 19, donde el satélite 90 resultante que tiene un panel de celdas solares 10a compuesto por celdas solares 14 se muestra en la FIG. 20.

60 Como se ilustra en la FIG. 19, durante la preproducción, el método ejemplar 74 puede incluir la especificación y el diseño 76 de la celda solar 14, el panel de celda solar 10a y/o el satélite 90, y la obtención de material 78 para los mismos. Durante la producción, tiene lugar la fabricación de componentes y subensambles 80 y la integración de sistemas 82 de la celda solar 14, el panel de celda solar 10a y/o el satélite 90, lo que incluye la fabricación de la celda solar 14, el panel de celda solar 10a y/o el satélite 90. A continuación, la celda solar 14, el panel de celda solar 10a y/o el satélite 90 pueden pasar por la certificación y la entrega 84 para ser puestos en servicio 86. La  
65 celda solar 14, el panel de celdas solares 10a y/o el satélite 90 también pueden programarse para su

mantenimiento y servicio 88 (que incluye su modificación, reconfiguración, reacondicionamiento, etc.), antes de su lanzamiento.

5 Cada uno de los procesos del método 74 puede ser realizado o llevado a cabo por un integrador de sistemas, un tercero y/o un operador (por ejemplo, un cliente). A los efectos de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de células solares, paneles de células solares, satélites o naves espaciales y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir, sin limitación, cualquier número de vendedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una empresa de satélites, una entidad militar, una organización de servicios, etc.

10 Como se muestra en la FIG. 20, un satélite 90 fabricado por el método ejemplar 74 puede incluir sistemas 92, un cuerpo 94, paneles de celdas solares 10a compuestos por celdas solares 14, y una o más antenas 96. Ejemplos de los sistemas 92 incluidos con el satélite 90 incluyen, pero no se limitan a, uno o más de un sistema de propulsión 98, un sistema eléctrico 100, un sistema de comunicaciones 102 y un sistema de alimentación 104. También pueden incluirse otros sistemas 92.

15 La FIG. 21 es una ilustración del panel de celdas solares 10a en forma de diagrama de bloques funcional, según un ejemplo. El panel de celdas solares 10a está compuesto por la disposición de celdas solares 22, que se compone de una o varias de las celdas solares 14 fijadas individualmente al sustrato 12. Cada una de las celdas solares 14 absorbe la luz 106 de una fuente luminosa 108 y genera una salida eléctrica 110 en respuesta a la misma.

20 Al menos una de las celdas solares 14 tiene al menos una esquina recortada 24 que define una región de esquina 26, de manera que una zona 28 del sustrato 12 queda expuesta cuando la celda solar 14 se fija al sustrato 12. Cuando una pluralidad de celdas solares 14 se adhieren al sustrato 12, las regiones de esquina 26 de las adyacentes de las celdas solares 14 se alinean, exponiendo así el área 28 del sustrato 12.

25 El área 28 del sustrato 12 que permanece expuesta incluye uno o más conductores angulares 20 fijados, impresos o integrados en el sustrato 12, y una o más conexiones eléctricas entre las celdas solares 14 y los conductores angulares 20 se realizan en una región de esquina 26 resultante de la esquina recortada 24 de al menos una de las celdas solares 14.

30 La región angular 26 resultante de la esquina recortada 24 incluye al menos un contacto, por ejemplo, un contacto delantero 32 en una cara frontal de la celda solar 14 y/o un contacto trasero 34 en una cara trasera de la celda solar 14, para realizar las conexiones eléctricas entre los conductores angulares 20 y la celda solar 14. Las conexiones eléctricas pueden comprender conexiones en serie arriba/abajo o izquierda/derecha que determinan un flujo de energía a través de las celdas solares 14, y pueden incluir uno o más diodos de derivación 44.

35 La descripción de los ejemplos expuestos anteriormente se ha presentado con fines ilustrativos y descriptivos, y no pretende ser exhaustiva ni limitarse a los ejemplos descritos.

REIVINDICACIONES

1. Un sustrato (12) para celdas solares (14), en el que el sustrato (12) está configurado de tal manera que:
  - 5 un área (28) del sustrato (12) que permanece expuesta cuando al menos una celda solar (14) que tiene al menos una esquina recortada (24) que define una región de esquina (26) se fija al sustrato (12), en la que el área (28) del sustrato (12) que permanece expuesta incluye un conductor de esquina (20); una conexión eléctrica entre una de las celdas solares (14) y el conductor de esquina (20) puede realizarse en la región de esquina (26); y
  - 10 la conexión eléctrica, que se puede establecer conectando una primera interconexión (64) en una primera ubicación del conductor de esquina (20) a una de las celdas solares (14), se puede reparar conectando una segunda interconexión en una segunda ubicación del conductor de esquina (20) diferente de la primera ubicación, y en donde un área del conductor de esquina (20) utilizado para la conexión eléctrica es lo suficientemente grande como para abarcar tanto la primera como la segunda ubicación.
  - 15
2. El sustrato de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el área del conductor de esquina utilizado para la conexión eléctrica es lo suficientemente grande como para que la corriente eléctrica fluya alrededor de la primera ubicación.
3. El sustrato de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde permanece una junta cuando se retira la primera interconexión (64).
4. El sustrato de cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde la segunda ubicación es adyacente a la primera.
5. El sustrato de una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde la conexión eléctrica es reparable sustituyendo la primera interconexión por otra interconexión y conectando la otra interconexión en otra ubicación del conductor de esquina (20) diferente de la primera ubicación.
- 25
6. Método para reparar un sustrato (12) sobre el que se fijan celdas solares (14), en donde el sustrato (12) está configurado de tal manera que:
  - 30 un área (28) del sustrato (12) que permanece expuesta cuando al menos una celda solar (14) que tiene al menos una esquina recortada (24) que define una región de esquina (26) se fija al sustrato (12), en la que el área (28) del sustrato (12) que permanece expuesta incluye un conductor de esquina (20); una conexión eléctrica entre una de las celdas solares (14) y el conductor de esquina (20) se realiza en la región de esquina (26); y
  - 35 la conexión eléctrica se puede establecer conectando una primera interconexión (64) en una primera ubicación del conductor de esquina (20) a una de las celdas solares (14), el método comprende el paso de: reparar la conexión eléctrica conectando una segunda interconexión en una segunda ubicación del conductor de esquina (20) diferente de la primera ubicación, en la que un área del conductor de esquina utilizado para la conexión eléctrica es lo suficientemente grande como para abarcar tanto la primera como la segunda ubicación.
  - 40
7. El método de acuerdo con la reivindicación 6, en donde el área del conductor de esquina utilizado para la conexión eléctrica es lo suficientemente grande como para que la corriente eléctrica fluya alrededor de la primera ubicación.
- 45
8. El método de cualquiera de las reivindicaciones 6-7, en donde se elimina la primera interconexión (64) en la primera ubicación.
9. El método de acuerdo con la reivindicación 8, en donde una junta permanece cuando se retira la primera interconexión.
- 50
10. El método de cualquiera de las reivindicaciones 6-9, la segunda ubicación es adyacente a la primera ubicación.
11. El método de cualquiera de las reivindicaciones 6-10, en donde la conexión eléctrica se repara sustituyendo la primera interconexión por otra interconexión y conectando la otra interconexión en otra ubicación del conductor de esquina (20) diferente de la primera ubicación.
- 55
12. Un panel de celdas solares, que comprende: una disposición de celdas solares (14) (22) compuesto por al menos una celda solar (14) que tiene al menos una esquina recortada (24) que define una región de esquina (26) y un sustrato (12) de acuerdo con la reivindicación 1.
- 60
13. El panel de celdas solares de acuerdo con la reivindicación 12, en donde el área del conductor de esquina utilizado para la conexión eléctrica es lo suficientemente grande como para que la corriente eléctrica fluya alrededor de la primera ubicación.
14. El panel de celdas solares de cualquiera de las reivindicaciones 12-13, en donde una junta permanece cuando se retira la primera interconexión (64).
- 65

15. El panel de celdas solares de cualquiera de las reivindicaciones 12-14, en donde la al menos una de las conexiones eléctricas es reparable sustituyendo la primera interconexión por otra interconexión y conectando la otra interconexión en otra ubicación del conductor de esquina (20) diferente de la primera ubicación.

DIBUJOS

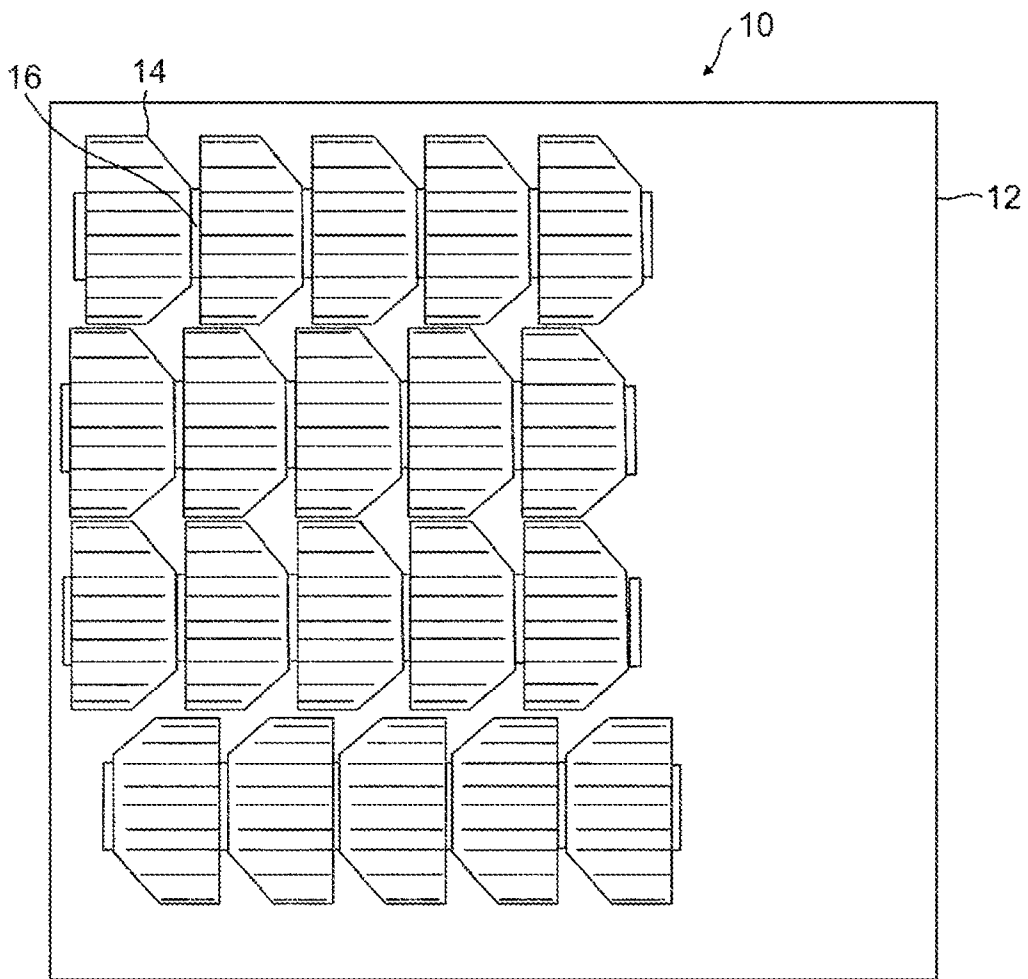


FIG. 1

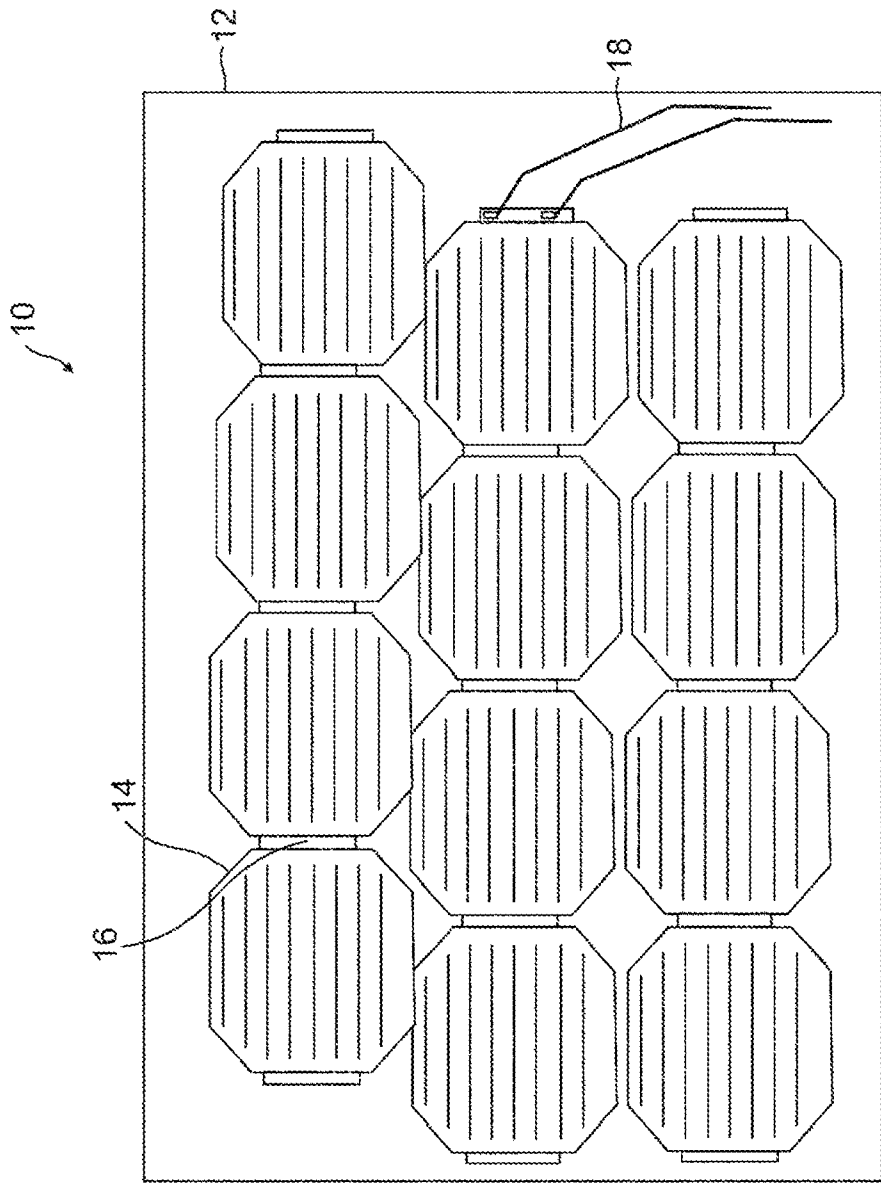


FIG. 2

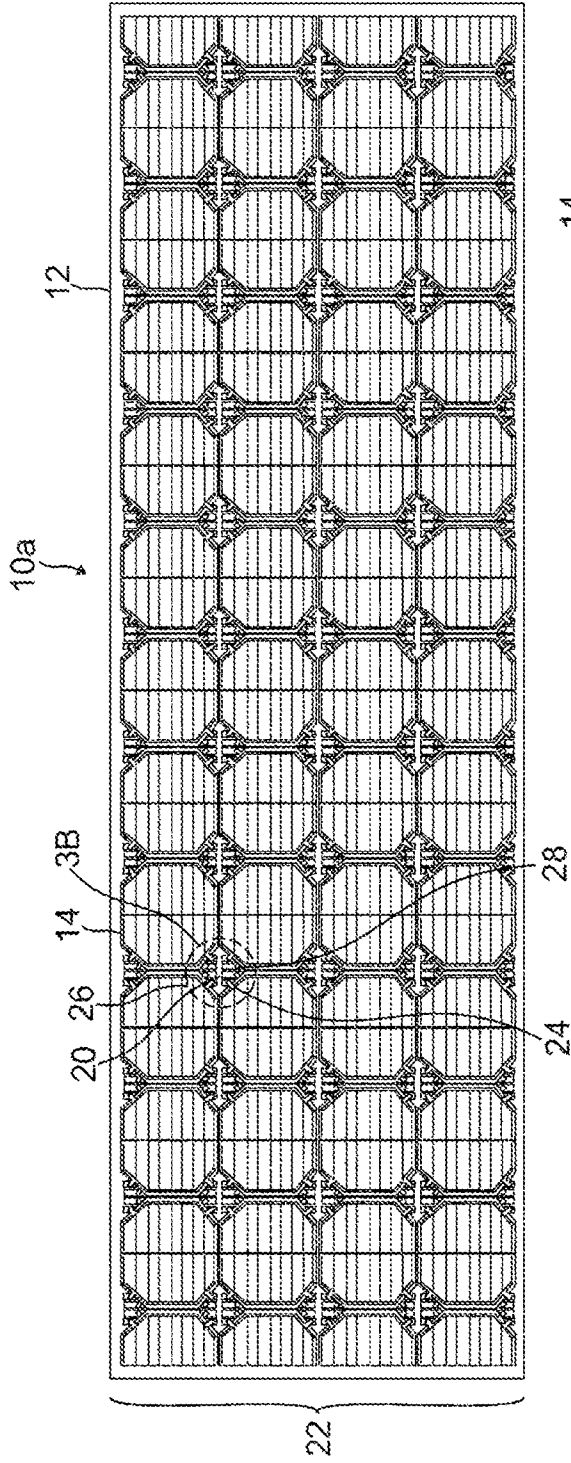


FIG. 3A

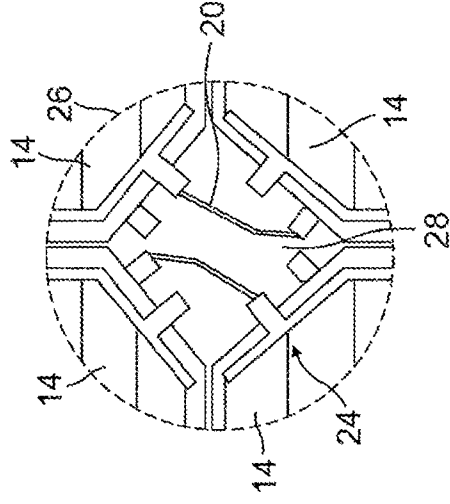


FIG. 3B

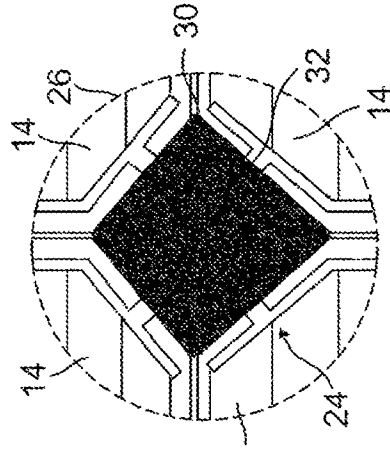
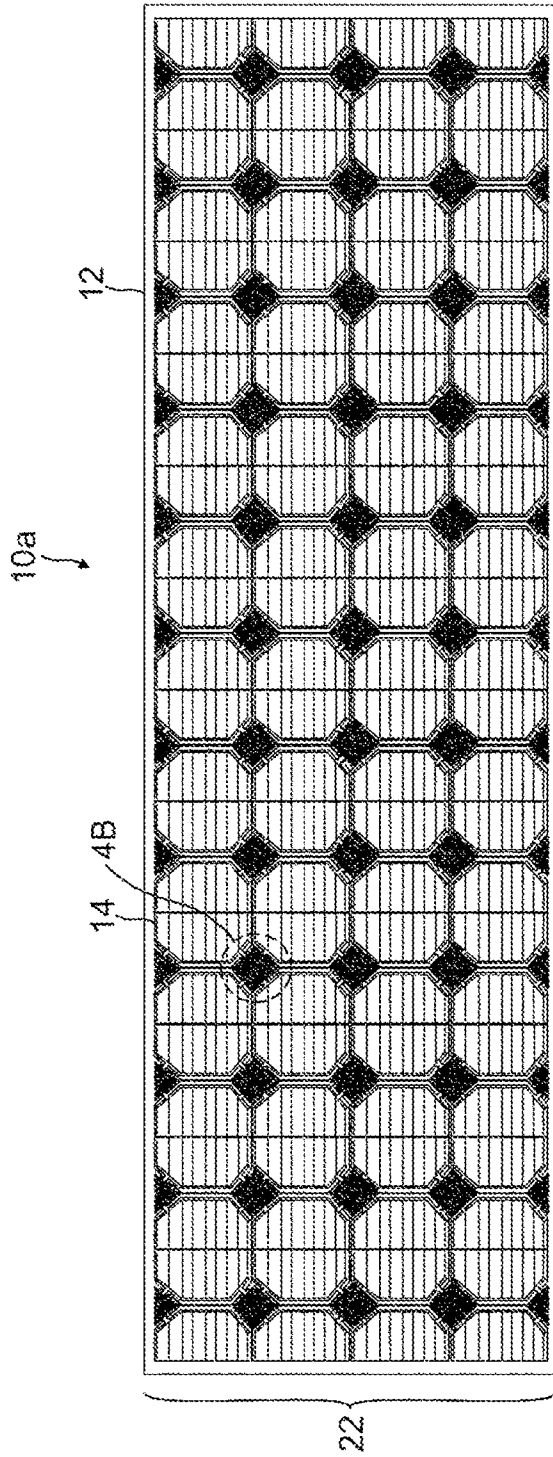


FIG. 4A

FIG. 4B

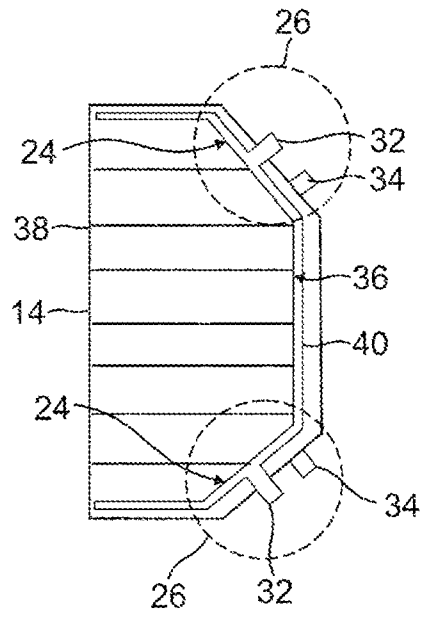


FIG. 5

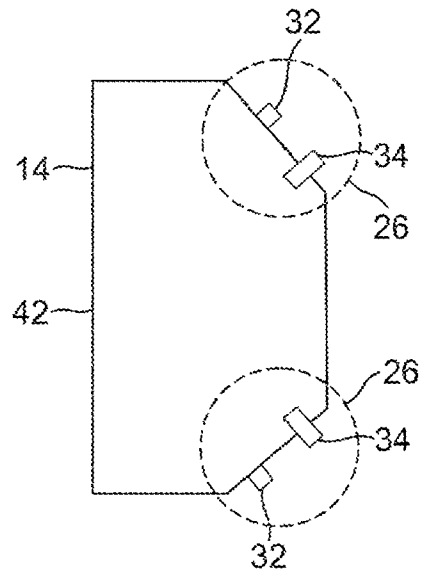


FIG. 6

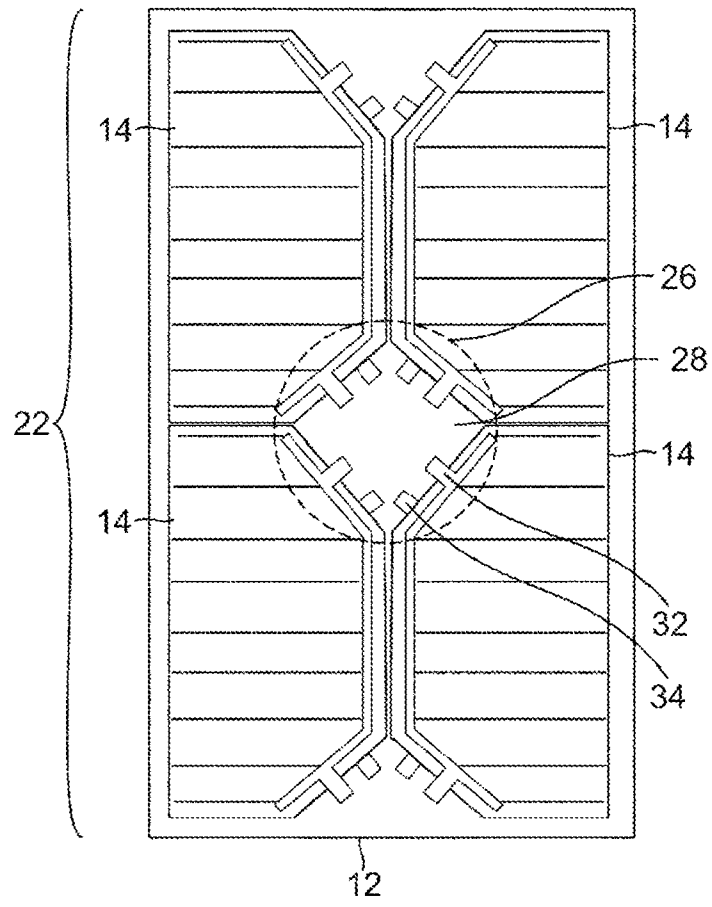


FIG. 7

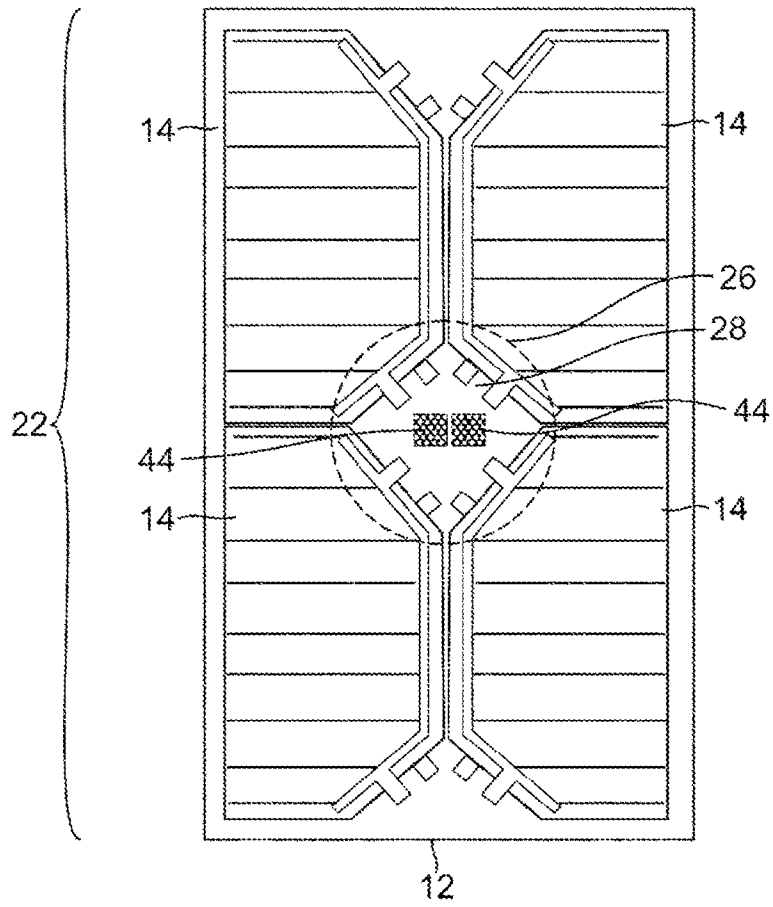


FIG. 8

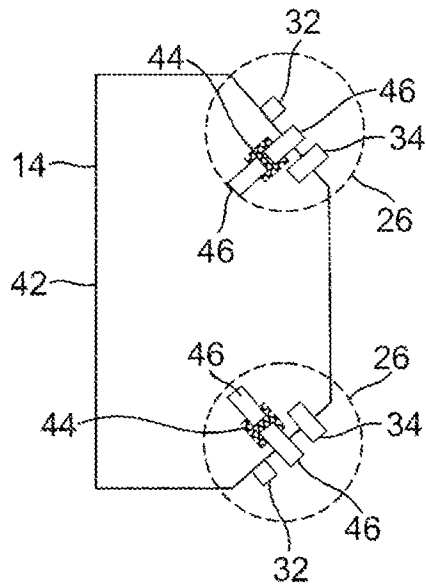


FIG. 9

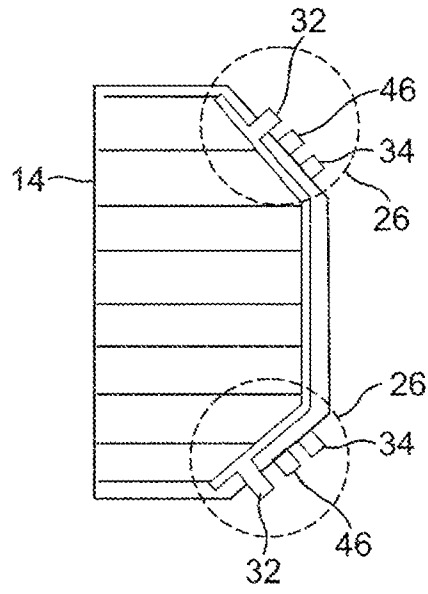


FIG. 10

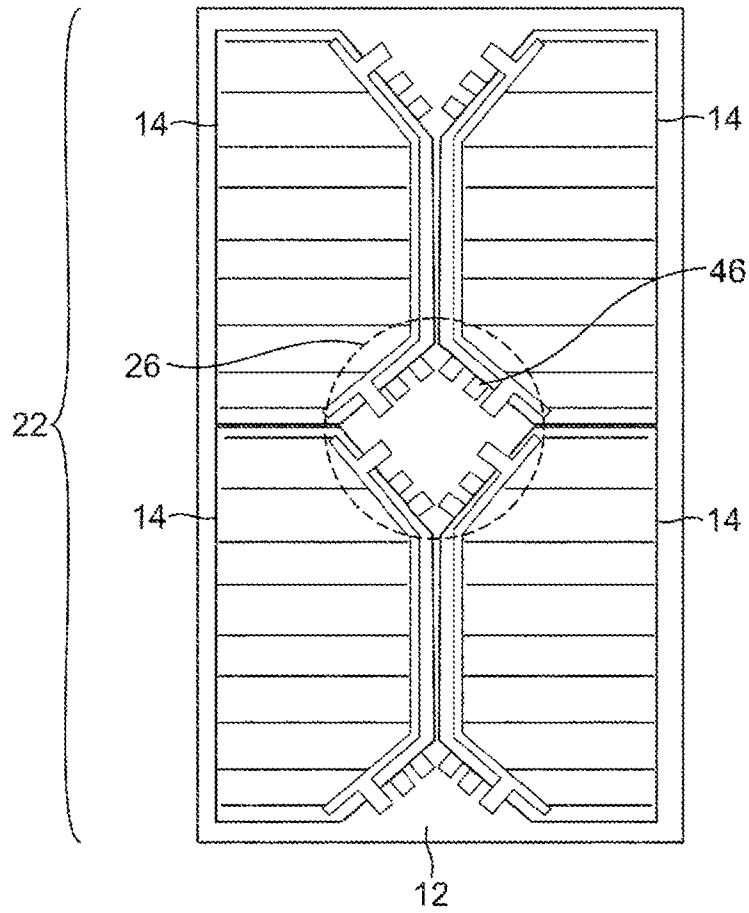


FIG. 11

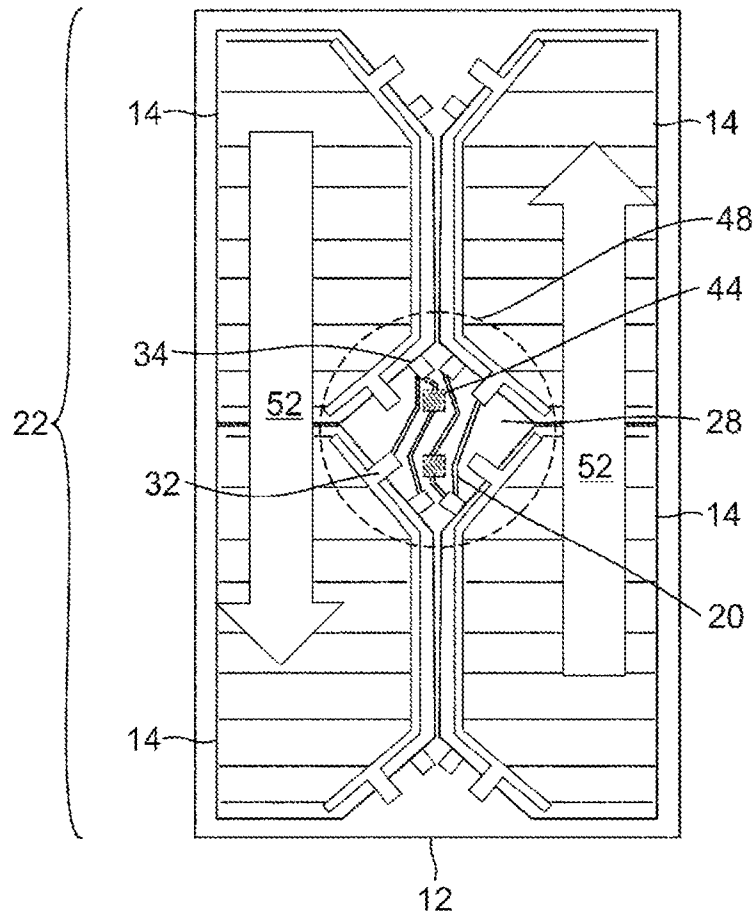


FIG. 12

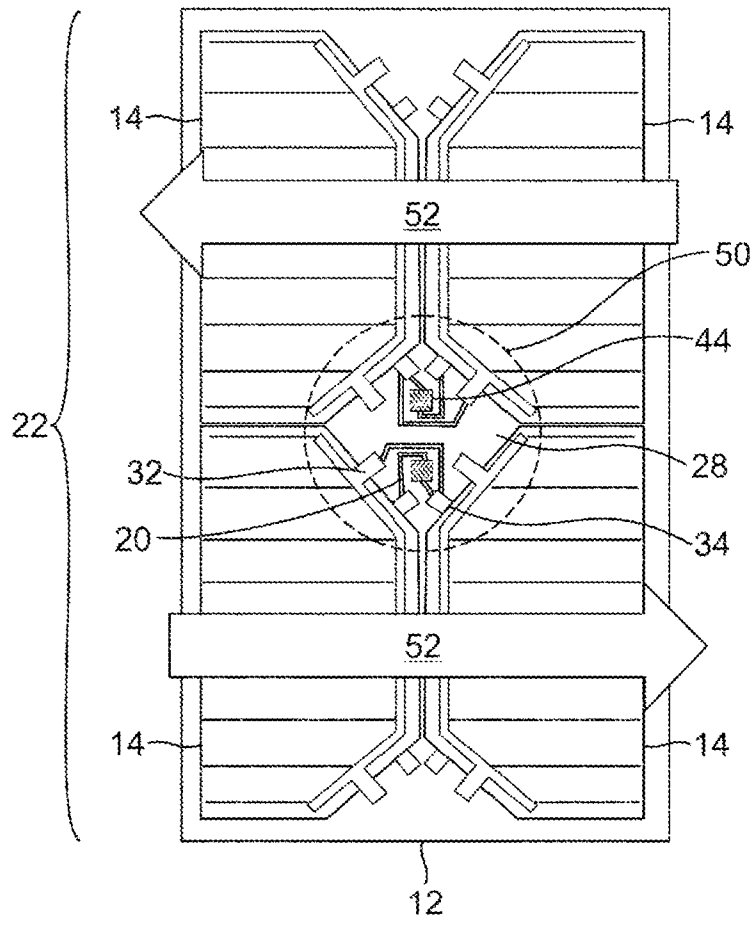


FIG. 13

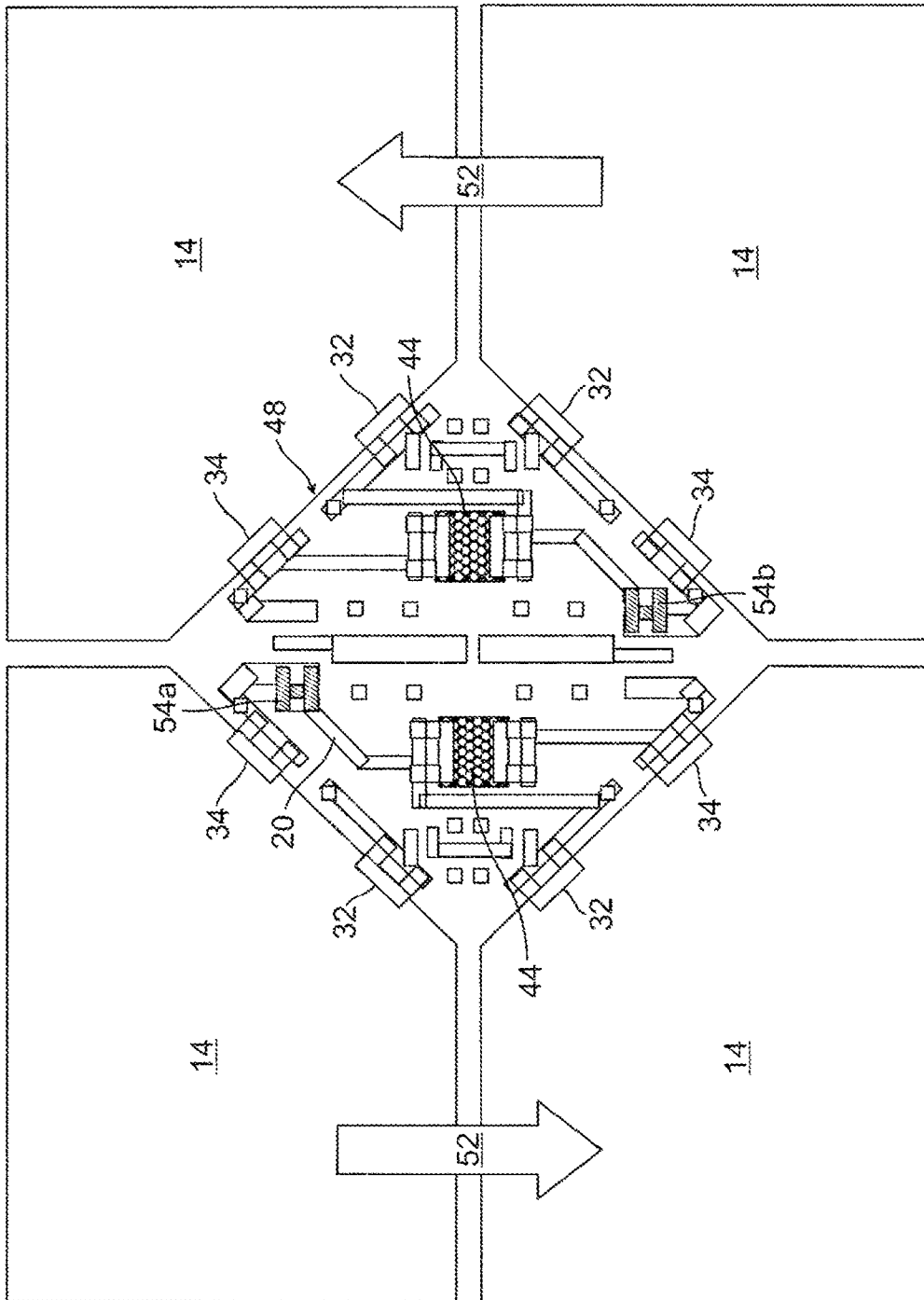


FIG. 14

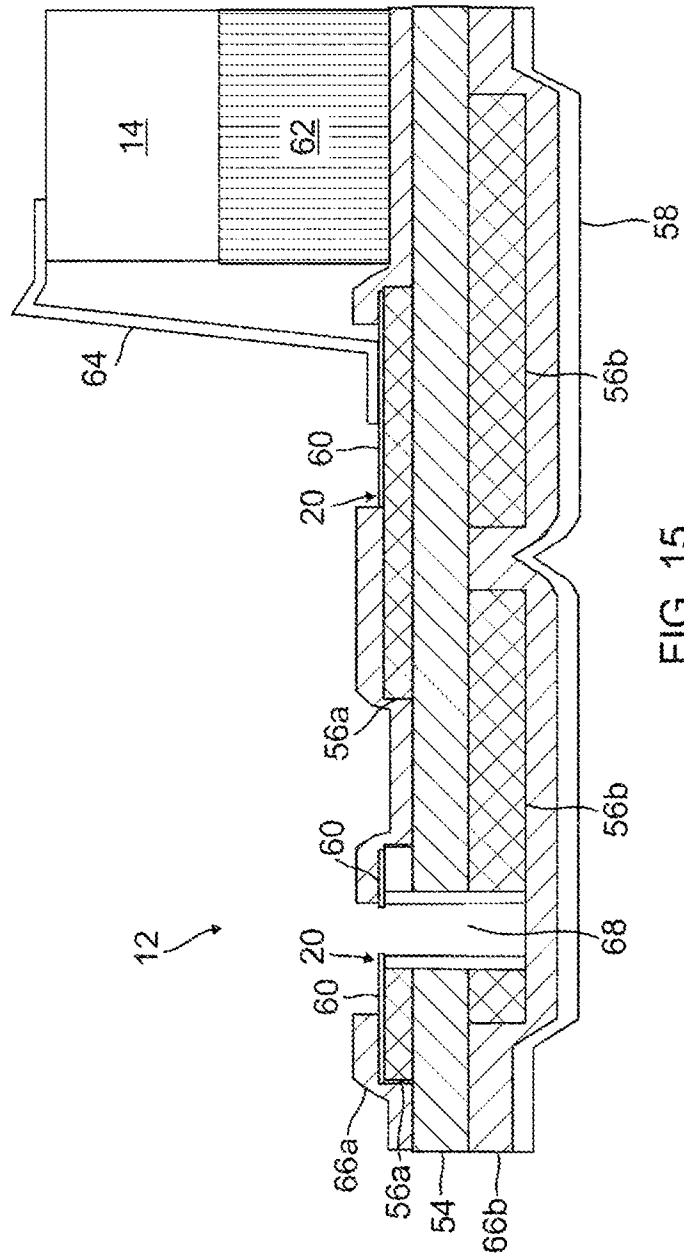


FIG. 15

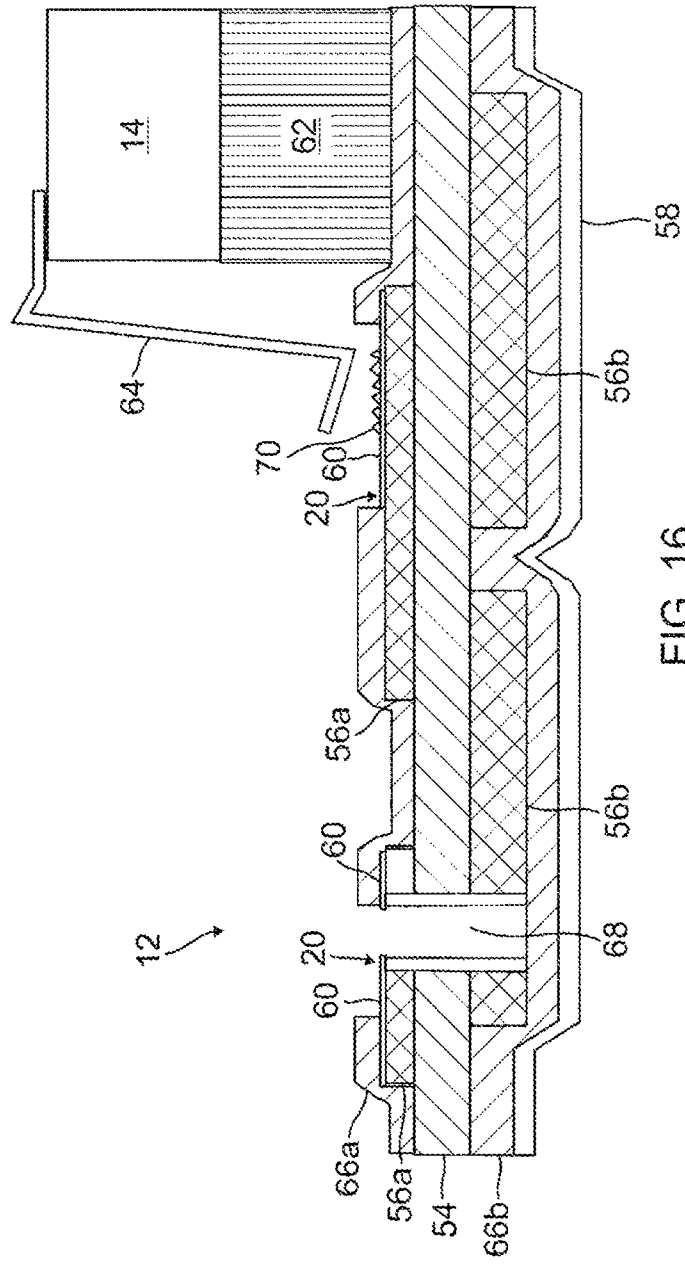


FIG. 16

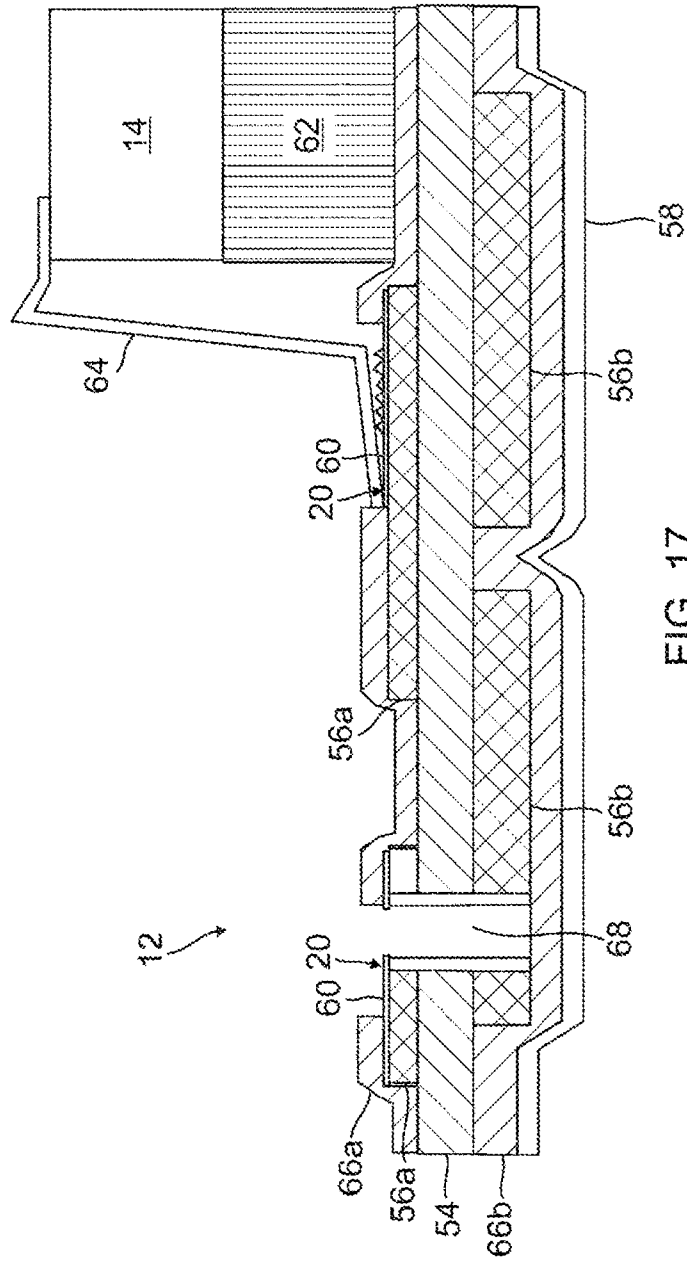


FIG. 17

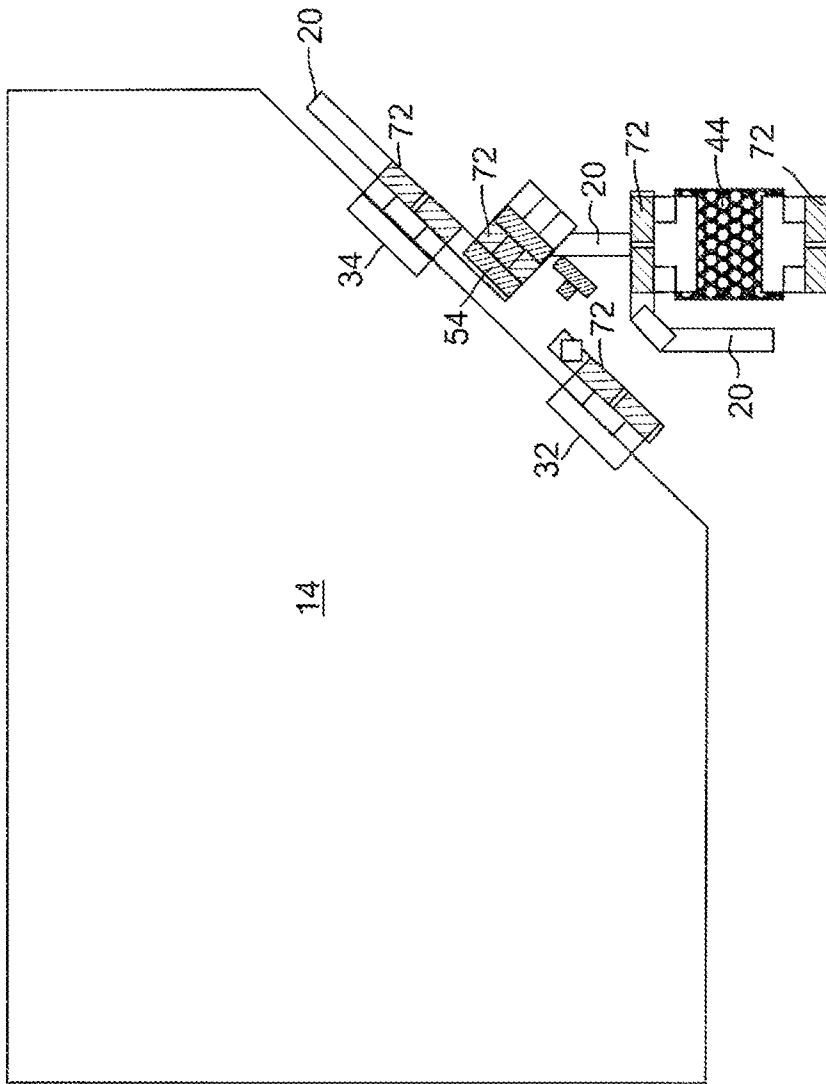


FIG. 18

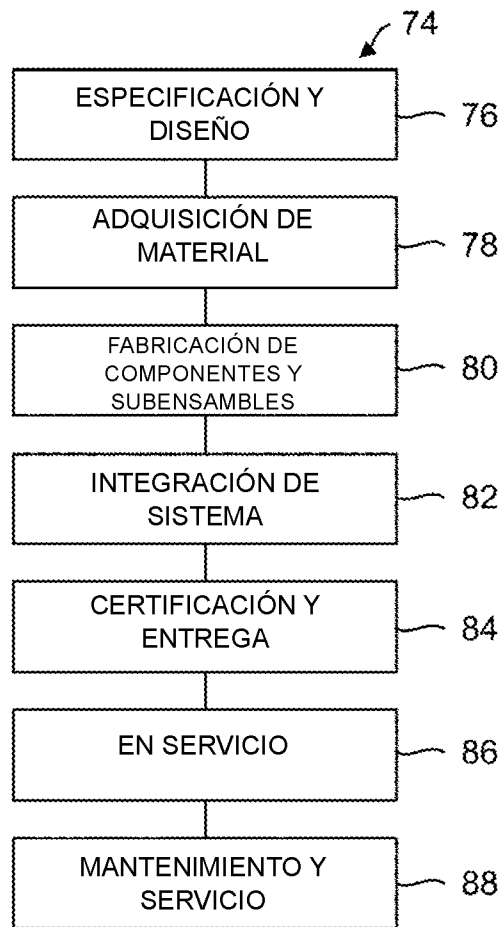


FIG. 19

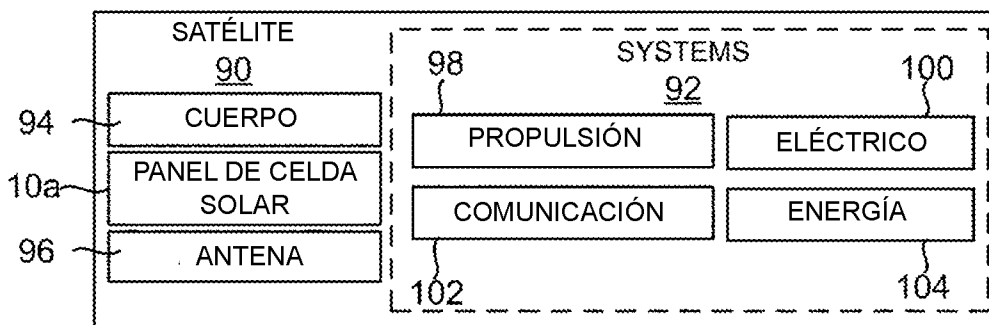


FIG. 20

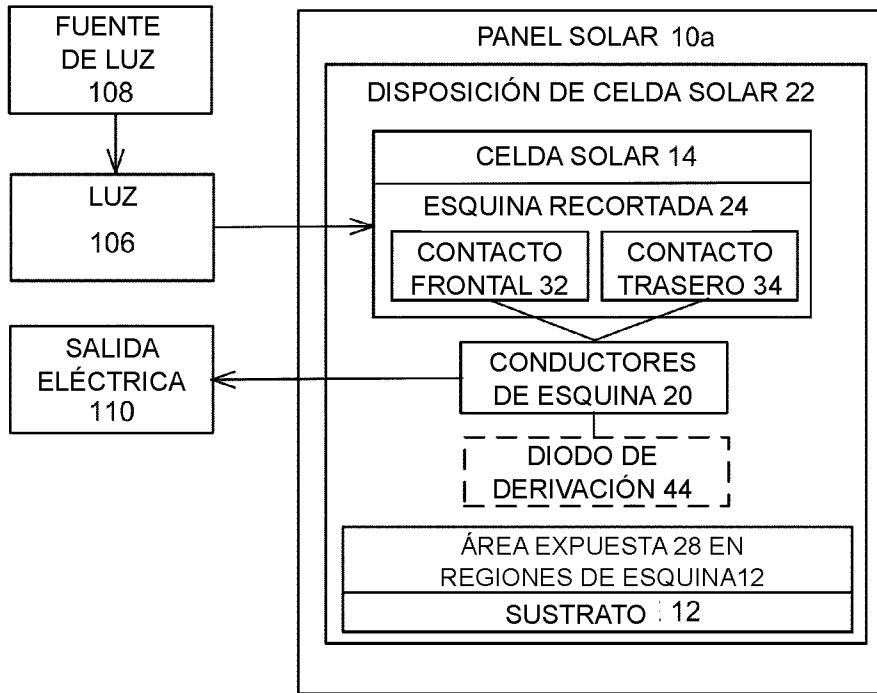


FIG. 21