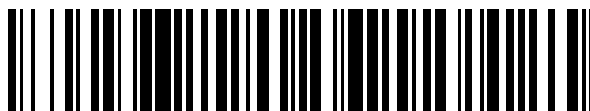


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 759 526**

51 Int. Cl.:

**H01L 27/142** (2014.01)

**H01L 31/042** (2014.01)

**H01L 31/05** (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.04.2007 PCT/EP2007/053450**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.10.2007 WO07118814**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.04.2007 E 07727918 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2019 EP 2005474**

54 Título: **Módulo solar**

30 Prioridad:

**13.04.2006 EP 06112588**

**13.04.2006 EP 06112597**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**11.05.2020**

73 Titular/es:

**(CNBM) BENGBU DESIGN & RESEARCH  
INSTITUTE FOR GLASS INDUSTRY CO., LTD.  
(100.0%)  
No. 1047 Tushan Road  
Bengbu, CN**

72 Inventor/es:

**KARG, FRANZ y  
VOGT, HELMUT**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 759 526 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

Módulo solar

5 La presente invención está relacionada con un módulo solar.

Un módulo solar tiene que aguantar una gran variedad de condiciones de funcionamiento sin dar como resultado daño permanente eléctrico, mecánico u óptico. Un ejemplo de interés particular para la presente memoria descriptiva es ensombrecimiento parcial de partes del módulo o células individuales comprendidas en el módulo. El ensombrecimiento parcial está cubierto en procedimientos de prueba tales como la llamada "prueba de aguante de punto caliente" en IEC 61215 o 61646. El ensombrecimiento de una o varias células solares individuales en un módulo que consiste en un mayor número de células solares conectadas en serie puede llevar a polarización inversa de las células ensombrecidas. Como la alta polarización inversa de un diodo semiconductor (tal como una célula solar) puede llevar a daño irreversible, se debe limitar la tensión máxima de polarización inversa aplicada en condiciones de ensombrecimiento parcial. Por esta razón, se pueden proporcionar diodos de bai pás, que típicamente se cablean antiparalelos a un número limitado de células solares.

Tales diodos de bai pás se montan y cablean tradicionalmente en una caja de empalmes separada que en muchos casos también sirve para conectar el módulo a cables de alimentación externos. También se han propuesto diodos de bai pás integrados, que podrían reducir la necesidad de una caja de empalmes separada.

La patente de EE. UU. n.º 6.288.323 de Hayashi et al. describe un módulo de conversión fotoeléctrica de película delgada, que incluye un sustrato y una pluralidad de células de conversión fotoeléctrica de película delgada formadas en el sustrato y conectadas entre sí en serie para formar una distribución conectada en serie. Las células de conversión consisten en una capa de electrodo de superficie delantera transparente, una unidad de conversión fotoeléctrica de película delgada, y una capa de electrodo de superficie posterior de metal. La distribución conectada en serie consiste en cuatro subdistribuciones que se conectan en serie, por lo que cada una de las cuatro subdistribuciones comprende varias células conectadas en serie. Sobre el sustrato se forman cuatro diodos de bai pás en forma de película delgada, cada uno tiene una construcción similar a la de las células de conversión fotoeléctrica.

Uno de los diodos de bai pás en la patente de EE. UU. '323 se conecta en paralelo una de las subdistribuciones de células de conversión fotoeléctrica, en una dirección hacia delante respecto a la dirección de generación de energía de esa subdistribución. La capa de electrodo de superficie delantera transparente del diodo de bai pás se conecta eléctricamente a la barra colectora o a la capa de electrodo de superficie posterior de metal adyacente a la barra colectora. La capa de electrodo de superficie posterior de metal de ese diodo de bai pás se conecta eléctricamente a la capa de electrodo de superficie delantera transparente de la célula, de la subdistribución, que se posiciona adyacente a la subdistribución colindante, o a la capa de electrodo posterior de metal de la célula de la subdistribución colindante, que se posiciona adyacente a la subdistribución.

Hayashi et al. no describe cómo se establecen tales conexiones entre capas de electrodo de un diodo de bai pás y capas de electrodo de una célula de conversión fotoeléctrica.

Además, una conexión eléctrica entre la capa de electrodo de superficie posterior de metal de un diodo de bai pás y la capa de electrodo de superficie delantera transparente de una célula de conversión fotoeléctrica, como se proponen en la patente de EE. UU. Pat. '323, tiene el inconveniente de que partes de las células que se ubican relativamente lejos del diodo de bai pás, encuentran un camino eléctrico relativo largo al diodo de bai pás a través de la capa de electrodo de superficie delantera, que generalmente conduce de manera relativamente débil. Como resultado, una corriente que alimenta el diodo de bai pás experimenta una conexión eléctrica de resistencia relativamente alta con el electrodo posterior de su diodo de bai pás adyacente y de ese modo provoca una tensión inversa en la célula solar. Según la invención, se proporciona un módulo solar según la reivindicación 1 que comprende barras colectoras primera y segunda y un sustrato común que soporta una hoja de diodos rectificadores, la hoja de diodos rectificadores comprende al menos una capa de electrodo posterior, una capa de electrodo delantero, y una capa absorbedora ubicada entre la capa de electrodo posterior y la capa de electrodo delantero, en donde la hoja de diodos rectificadores se divide en partes de hoja primera y segunda, dicha primera parte de hoja comprende una primera cadena de una o más células solares conectadas en serie que tienen cada una electrodos delantero y posterior formados en las capas de electrodo delantero y posterior, dicha primera cadena se conecta en serie a las barras colectoras primera y segunda, y dicha segunda parte de hoja que comprende una segunda cadena de uno o más diodos de bai pás conectados en serie que tienen cada uno electrodos delantero y posterior formados en las capas de electrodo delantero y posterior, dicha segunda cadena se conecta en una configuración antiparalela con la primera cadena por medio de las barras colectoras primera y segunda. Se remarca que la capa de electrodo posterior de la hoja de diodos rectificadores se puede ubicar entre el sustrato y la capa absorbedora, por lo que la capa de electrodo delantero se orienta al lado de la capa absorbedora que se orienta alejándose del sustrato, o se puede ubicar en el lado de la capa absorbedora encarado alejándose del sustrato, por lo que la capa de electrodo delantero se ubica entre el sustrato y la capa absorbedora. Al primer caso se le puede hacer referencia como "diseño de tecnología de sustrato", el segundo caso como "diseño de tecnología de supersustrato", por lo que la luz es recibida generalmente a través del sustrato.

La invención se describirá más adelante en esta memoria más en detalle a modo de ejemplo y con referencia a los dibujos adjuntos, en donde

5 La figura 1a muestra esquemáticamente un ejemplo de una conexión en serie eléctrica integrada en sección transversal a lo largo de la línea X-X como se muestra en la figura 1b;  
 la figura 1b es un collage que muestra una vista superior esquemática de la conexión en serie eléctrica integrada de la figura 1a y representaciones esquemáticas de líneas de patrón P1, P2 y P3;  
 la figura 1c es una representación esquemática de una combinación de líneas de patrón P1-P2-P3 como se usa  
 10 en los diagramas de circuito eléctrico de las figuras 3b, 4b, 5b, 6b 7b y 8b;  
 la figura 1d es una representación esquemática de una combinación de líneas de patrón P3-P2-P1 como se usa en los diagramas de circuito eléctrico de las figuras 3b, 4b, 5b, 6b 7b y 8b;  
 la figura 2a muestra esquemáticamente otro ejemplo de una conexión en serie eléctrica integrada en sección transversal a lo largo de la línea Y-Y como se muestra en la figura 2b;  
 15 la figura 2b es un collage que muestra una vista superior esquemática del ejemplo de la figura 2a y representaciones esquemáticas de las líneas de patrón P1, P2 y P3;  
 la figura 3a muestra esquemáticamente una vista superior de un módulo solar según una realización de la invención;  
 la figura 3b muestra esquemáticamente un diagrama de circuito eléctrico correspondiente a la red de diodos del módulo solar de la figura 3a;  
 20 la figura 4a muestra esquemáticamente una vista superior de un módulo solar que no es parte de la invención;  
 la figura 4b muestra esquemáticamente el diagrama de circuito eléctrico correspondiente a la red de diodos del módulo solar de la figura 4a;  
 la figura 5a muestra esquemáticamente una vista superior de un módulo solar según una realización adicional de la invención;  
 25 la figura 5b muestra esquemáticamente el diagrama de circuito eléctrico correspondiente a la red de diodos del módulo solar de la figura 5a;  
 la figura 6 muestra esquemáticamente una vista superior de un módulo solar según una realización adicional de la invención;  
 30 la figura 7a muestra esquemáticamente una vista superior de un módulo solar según una realización adicional de la invención;  
 la figura 7b muestra esquemáticamente el diagrama de circuito eléctrico correspondiente a la red de diodos del módulo solar de la figura 7a;  
 la figura 8a muestra esquemáticamente una vista superior de un módulo solar que no es parte de la invención;  
 35 la figura 8b muestra esquemáticamente el diagrama de circuito eléctrico correspondiente a la red de diodos del módulo solar de la figura 8a;  
 la figura 9a muestra esquemáticamente una vista superior de un módulo solar que no es parte de la invención;  
 la figura 9b muestra esquemáticamente el diagrama de circuito eléctrico correspondiente a la red de diodos del módulo solar de la figura 9a; y  
 40 la figura 10 (partes a a d) muestra vistas superiores esquemáticas de diversos arreglos generales de módulos solares que emplean una o más de las realizaciones de la invención.

En las figuras los numerales de referencia semejantes se refieren a componentes semejantes.

45 Entre las ventajas de los módulos solares descritos actualmente está que la producción del uno o más diodos de baipás en el módulo no necesita incluir etapas adicionales de procesamiento puesto que se pueden formar de la misma hoja de diodos rectificadores que la una o más células solares. Además, las etapas subsiguientes de procesamiento usadas para producir la una o más células solares también se pueden aplicar para producir el uno o más diodos de baipás.

50 Puesto que, según la invención, la cadena de una o más células solares conectadas en serie y la cadena de uno o más diodos de baipás conectados en serie se conectan en una configuración antiparalela con la primera cadena por medio de las barras colectoras primera y segunda, la conexión de la célula solar con el diodo de baipás puede así beneficiarse de la conductividad eléctrica de la barra colectora, que se puede elegir mayor que la de la capa de electrodo delantero. La conexión eléctrica de la cadena de una o más células solares a las barras colectoras no requiere conducción a través de la capa de electrodo delantero en ninguna mayor extensión que la que se requiere en condiciones de funcionamiento normales para que la corriente generada llegue a las barras colectoras.  
 55

Esto puede provocar menos recalentamiento de la célula solar y/o limitar más eficazmente la tensión máxima de polarización inversa a la que se puede exponer una célula solar, cuando durante la generación de corriente eléctrica el diodo de baipás necesita estar conduciendo algo de la corriente debido al ensombrecimiento del módulo o partes del mismo.  
 60

La primera cadena comprende una primera subcadena de células solares y una segunda subcadena de células solares, mientras que la segunda cadena comprende una primera subcadena de diodos de baipás y una segunda subcadena de diodos de baipás, en donde la primera subcadena de células solares comprende una o más células  
 65

solares y la segunda subcadena de células solares comprende una o más células solares, por lo que las subcadenas primera y segunda de células solares se conectan en serie, y por lo que la primera subcadena de diodos de baipás comprende uno o más diodos de baipás y la segunda subcadena de diodos de baipás comprende uno o más diodos de baipás, por lo que las subcadenas de primeros diodos de baipás y segundos diodos de baipás se conectan en serie, por lo que además de que la primera cadena y la segunda cadena se conectan en configuración antiparalela por medio de las barras colectoras primera y segunda, la primera subcadena de células solares se conecta en configuración antiparalela con la primera subcadena de diodos de baipás y la segunda subcadena de células solares se conecta en configuración antiparalela con la segunda subcadena de diodos de baipás.

El electrodo delantero de la célula solar en la primera subcadena de células solares que se conecta en serie al electrodo posterior de la célula solar en la segunda subcadena de células solares también se conecta al electrodo posterior del diodo de baipás en la primera subcadena de diodos de baipás que se conecta en serie con el electrodo delantero del diodo de baipás en la segunda subcadena de diodos de baipás.

La invención reivindicada aprovecha completamente la capa de electrodo posterior para conectar las subcadenas de células solares a las subcadenas de diodos de baipás, incluso donde no hay disponible barra colectoras.

Se remarca que la patente de EE. UU. n.º 6.274.804 de Psyk et al. también describe un módulo solar de película delgada que consiste en células solares que se conectan en serie a lo largo entre sí en un sustrato común, por lo que varios diodos se disponen antiparalelos y adyacentes a las células solares. Sin embargo, cada diodo se conecta en la dirección inversa con la célula solar adyacente en al menos dos zonas de solapamiento, por lo que la capa de electrodo delantero del diodo se conecta directamente con la capa de electrodo posterior de la célula solar en este tipo de zona de solapamiento, y la capa de electrodo posterior del diodo se conecta directamente con la capa de electrodo delantero de la célula solar en al menos otra zona de solapamiento de este tipo. Por tanto, Psyk también sufre el inconveniente de que partes de las células que se ubican relativamente lejos del diodo de baipás y encuentran así un camino eléctrico relativo largo al diodo de baipás a través de la capa de electrodo de superficie delantera.

Haciendo referencia ahora a la figura 1a se muestra una vista en sección transversal de una posible realización de una conexión en serie eléctrica integrada en una estructura de diodos rectificadores de película delgada, de la que en la figura 1b se representa una vista superior.

La estructura de diodos rectificadores de película delgada, como se representa en las figuras 1a y b, comprende un sustrato 1 que soporta una hoja de diodos rectificadores 2. La hoja de diodos rectificadores comprende al menos una capa de electrodo posterior 4, una capa de electrodo delantero 11, y una capa absorbidora 7 ubicada entre la capa de electrodo posterior 4 y la capa de electrodo delantero 11. La capa de electrodo posterior 4 tiene una interrupción eléctrica formada en la misma en 5, que separa eléctricamente la región en el lado izquierdo de la interrupción 5 desde la región adyacente en el lado derecho de la interrupción 5. A este tipo de interrupción en la técnica también se le hace referencia como línea de patrón.

En la presente memoria descriptiva, a una interrupción eléctrica en al menos la capa de electrodo posterior se le hará referencia como línea de patrón P1 o línea P1. La línea de patrón puede ser rellenada con otro material. En el ejemplo que se muestra en la figura 1, la interrupción eléctrica 5 se ha rellenado con material de la capa absorbidora 7.

De manera similar a como se ha descrito anteriormente para la capa de electrodo posterior 4, la capa absorbidora 7 tiene una interrupción eléctrica formada en la misma en 8, en forma de orificio saliente a través de toda la capa y que expone la capa de contacto posterior 4. La interrupción eléctrica 8 se ha rellenado aquí con material de la capa de electrodo delantero 11.

De nuevo de manera similar, la capa de electrodo delantero 11 tiene una interrupción eléctrica formada en la misma en 12, en forma de orificio saliente a través de toda la capa 11. El orificio puede esta vez ser rellenado con un material aislante que se puede aplicar opcionalmente a la estructura como capa de cubierta (no se muestra). A una interrupción eléctrica formada en al menos la capa de electrodo delantero con el propósito de esta memoria descriptiva se le hace referencia como línea de patrón P3.

En el ejemplo de las figuras 1a y b, ambas interrupciones 8 y 12 tienen ubicaciones predeterminadas relativas a la interrupción eléctrica 5 formada en la capa de electrodo posterior 4. La hoja de diodos rectificadores 2 se divide así en diodos separados 14 y 15, por medio de las líneas de patrón 5, 8 y 12.

La región de la capa de electrodo delantero 11 que pertenece a la región 14 se conecta eléctricamente con una región adyacente definida en la capa de electrodo posterior 4 que pertenece a la región 15. Con el propósito de esta memoria descriptiva, a una conexión eléctrica conductiva entre la capa de electrodo delantero 11 y la capa de electrodo posterior 4 se le hace referencia como línea de patrón P2.

En la realización que se muestra en las figuras 1a y b la conexión eléctrica P2 se forma por material de la capa de electrodo delantero 11 que llena el orificio 8 y así contacta en la capa de electrodo posterior expuesta 14. Como la capa

de electrodo delantero de una región se conecta así eléctricamente con la capa de electrodo posterior de una región que tiene polaridad opuesta, se ha formado una conexión en serie eléctrica integrada.

Este tipo de conexión en serie eléctrica integrada que comprende líneas de patrón que interrumpen las capas individuales se puede formar por diversos métodos y principios. Sin embargo, el concepto subyacente es que la primera línea de patrón, P1, corresponde a una división de la capa de electrodo posterior en partes vecinas, la segunda línea de patrón, P2, corresponde a una conexión eléctrica entre la capa de electrodo retirada más lejos del sustrato una parte de la capa de electrodo más cerca del sustrato, y la tercera línea de patrón P3 corresponde a una separación en partes vecinas de al menos la capa de electrodo ubicada en el otro lado de la capa absorbadora relativa al electrodo posterior.

La separación en partes vecinas de al menos la capa de electrodo delantero ubicada en el otro lado de la capa absorbadora respecto al electrodo posterior también puede incluir separar la capa absorbadora 7 en parte o completa, tal como se muestra en la figura 2a en 13.

Cuando también la capa absorbadora 7 se ha separado totalmente, se forma un orificio que expone la capa de electrodo que está la más cercana al sustrato, como se muestra en 4, en la figura 2b. Una ventaja de separar también la capa absorbadora es que se logra una mejor separación eléctrica en la capa de electrodo delantero cruzando una línea de patrón P3.

De manera semejante, una línea de patrón P1 puede cortar a través de más de solo la capa de electrodo posterior.

Los acrónimos P1, P2 y P3 se usarán más adelante en esta memoria en sentido genérico, y serán representados gráficamente de la manera que se ilustrará ahora en la figura 1b. La figura 1b muestra P1 como línea continua sólida para indicar el medio de la interrupción 5. P2 se muestra como línea discontinua, y P3 como línea de puntos. La figura 1b representa un collage, en donde en la parte media se representa una vista superior de la estructura de la figura 1a. La vista superior muestra la capa de electrodo delantero 11, y la capa absorbadora 7 donde está expuesta en 12. Así leyendo de izquierda a derecha, una secuencia de líneas P1-P2-P3 denota una conexión eléctrica desde el electrodo delantero de la región izquierda 14 al electrodo posterior de la región derecha 15. Este tipo de conexión eléctrica en serie desde electrodo delantero a electrodo posterior también se representará esquemáticamente más adelante en esta memoria con un símbolo (f|b) como se muestra en la figura 1c.

La secuencia opuesta, por la que leyendo de izquierda a derecha el electrodo posterior se conecta al electrodo delantero, se representará con un símbolo (b|f) como se muestra en la figura 1d.

Ahora se hace referencia a la figura 3a, en donde se muestra una vista superior esquemática de una sección de un módulo solar en una realización, que comprende un sustrato común que soporta la hoja de diodos rectificadores 2, un lado delantero de recepción de luz y un lado posterior encarado alejándose del lado delantero. El módulo solar se representa incluyendo representaciones gráficas de P1, P2 y P3. En la figura 3b, que muestra el diagrama de circuito eléctrico correspondiente, se han usado los símbolos (f|b) y (b|f) para indicar una transición desde conducción a través de la capa de electrodo posterior a conducción a través de la capa de electrodo delantero, como se ha presentado anteriormente con referencia a las figuras 1a-d y 2a-b.

Las áreas sombreadas 16 y 17 respectivamente en los lados izquierdo y derecho del módulo de la figura 3a representan la primera y la segunda de las llamadas barras colectoras. Las barras colectoras típicamente pueden comprender cintas metálicas conductoras conectadas eléctricamente a la capa de electrodo posterior o la capa de electrodo delantero. Lo último se puede establecer ya sea por contacto directo entre la barra colectora y la capa de electrodo delantero o, tal como es el caso en la figura 3a, por medio de una conexión eléctrica con la capa de electrodo posterior.

El lado en el que se proporciona la capa de electrodo delantero, se define para corresponder al lado de recepción de luz del módulo solar. La capa de electrodo posterior, que no necesita ser traslúcida a la luz, tiene una conductividad eléctrica mayor que la capa de electrodo delantero.

La hoja de diodos rectificadores se divide en una primera parte de hoja C y una segunda parte de hoja B. Para mantener las cosas simples, el principio de esta realización se presentará suponiendo que la primera parte de hoja C comprende una primera cadena con células solares primera, segunda y tercera C1, C2 y C3, y que la segunda parte de hoja B comprende una segunda cadena con diodos de baipás primero, segundo y tercero B1, B2, y B3. Se entenderá que, en lugar de tres, se pueden emplear otros números en relación con las células solares, los diodos de baipás o ambos.

El área cubierta por cada una de las células solares C1, C2, C3 tiene forma alargada que tiene un lado largo y un lado corto que es más corto que el lado largo. La segunda parte de hoja B se ubica lado con lado adyacente al lado corto de las células solares. En las realizaciones mostradas la forma alargada define un rectángulo.

Aunque no son visibles en la figura 3a, las células solares C1, C2 y C3 tienen cada una electrodos delantero y posterior

5 formados en las capas de electrodo delantero y posterior 11 y 4 como se muestra en las figuras 1a y 2a. De manera semejante, los diodos de baipás B1, B2 y B3 tienen cada uno electrodos delantero y posterior formados en las capas de electrodo delantero y posterior. La primera parte de hoja C también comprende conexiones eléctricas en serie integradas primera, segunda y tercera 19, 20 y 21, a lo largo de los lados largos de las células solares. Este tipo de conexión eléctrica en serie integrada extiende el electrodo delantero de la célula solar y una región adyacente respectiva definida en la capa de electrodo posterior. Las regiones adyacentes respectivas a las que se conectan los electrodos delanteros de células solares C1 y C2, se forman por los electrodos posteriores de las células solares C2 y C3. La región adyacente definida a la que se conecta el electrodo delantero de la célula solar C3 se forma por la barra colectora 17, o al menos por el área donde la barra colectora se conecta a la capa de electrodo posterior.

10 El módulo solar es conectable a una carga eléctrica externa, representada esquemáticamente en la figura 3b en 18, por medio de las barras colectoras. Las células solares C1, C2, C3 en el set se conectan en serie entre las barras colectoras, formando de ese modo la primera cadena de células solares conectadas en serie. Así, con las conexiones eléctricas en serie descritas que conectan el electrodo delantero de cada célula solar al electrodo posterior de una región adyacente, el módulo solar es conectable a una carga eléctrica por medio de los electrodos posteriores de cada una de las células solares en el lado de una polaridad (ánodo o cátodo) y el electrodo posterior conectado a la barra colectora derecha 17 en el otro lado de la polaridad opuesta (cátodo o ánodo).

20 Describiendo el módulo solar más en detalle, empezando desde la barra colectora 16 en la izquierda en la primera parte de hoja C, y leyendo a la derecha, se encuentra: barra colectora 16, una línea P3; célula solar C1, la barra colectora 16 conectada al electrodo posterior de la célula solar C1 debajo de la línea P3, una conexión eléctrica en serie formada por la secuencia P1-P2-P3 en 19; célula solar C2; una conexión eléctrica en serie formada por la secuencia P1-P2-P3 en 20; célula solar C3; una conexión eléctrica en serie formada por la secuencia P1-P2-P3 en 21; y finalmente barra colectora 17.

25 Empezando desde la barra colectora 16 en la izquierda en la segunda parte de hoja B, y leyendo a la derecha, se encuentra: barra colectora 16, una conexión eléctrica en serie formada por la secuencia P3-P2-P1 en 22; diodo de baipás B1; una conexión eléctrica en serie formada por la secuencia P3-P2-P1 en 23; diodo de baipás B2; una conexión eléctrica en serie formada por la secuencia P3-P2-P1 en 24; diodo de baipás B3; una línea P3; y finalmente barra colectora 17.

30 La hoja de diodos rectificadores se divide en partes de hoja primera y segunda C y B por medio de interrupciones eléctricas formadas en la capa de electrodo delantero y/o posterior, como se representa con P1 y/o líneas P3 en 25, 26, 27, 28 y 29. En 25, 26, y 27 se proporciona una línea P1 y una P3. Las líneas P1 y P3 se han representado como desplazadas relativamente entre sí, pero también pueden estar solapadas entre sí. En 28, únicamente se proporciona una línea P3 que separa el electrodo delantero de la célula solar C1 del electrodo delantero del diodo de baipás B1, pero no los electrodos posteriores. Lo mismo es el caso en 29, con respecto a la célula solar C3 y el diodo de baipás B2.

40 Entre los diodos de baipás B1, B2 y B3 existen conexiones en serie en 23 y 24 en la segunda cadena, que están separadas de las conexiones en serie entre las células solares C1, C2 y C3 en 19 y 20 en la primera cadena.

45 La segunda cadena (que comprende los diodos de baipás) se conecta en una configuración antiparalela con la primera cadena (que comprende las células solares) por medio de la primera barra colectora izquierda 16, y la segunda barra colectora derecha 17.

50 Con referencia a ambas figuras 3a y 3b, el circuito eléctrico correspondiente se explica de la siguiente manera. El electrodo delantero de la célula solar C2 (por ejemplo) se conecta sobre la línea P2 en 20 al electrodo posterior de su célula solar vecina C3. El electrodo posterior de la célula solar C3 se conecta al electrodo posterior del diodo de baipás B2 en 29 porque la capa de electrodo posterior continúa debajo de P3. Así, el electrodo delantero de la célula solar C2 en efecto hace contacto eléctrico con el electrodo posterior del diodo de baipás B2 por medio del electrodo posterior de la célula solar C3. El electrodo delantero del diodo de baipás B2 se conecta eléctricamente, por medio de P2 en 23, al electrodo posterior de su diodo de baipás vecino B1. El último está en contacto eléctrico con el electrodo posterior de la célula solar C2 en 28. El resultado es que el electrodo posterior de la célula solar C2 se conecta eléctricamente al electrodo delantero del diodo de baipás B2.

55 En resumen, el diodo de baipás B2 forma circuito eléctricamente en una configuración antiparalela con la célula solar C2.

60 De manera semejante, el diodo de baipás B1 forma circuito eléctricamente en una configuración antiparalela con la célula solar C1 y el diodo de baipás B3 forma circuito eléctricamente en una configuración antiparalela con la célula solar C3.

65 Como se ha indicado anteriormente, hay una conexión eléctrica en serie entre cada una de las células solares C1, C2 y C3, mientras que cada uno de los diodos de baipás B1, B2, B3 está en una cadena separada con conexiones en serie.

Usando el diagrama de la figura 3b, se puede verificar fácilmente que no es necesario proporcionar conexiones eléctricas individuales entre, por ejemplo C1-B1 así como C2-B2, a fin de que B1 y B2 sean configurados antiparalelos a respectivamente C1 y C2. En cambio, la conexión 28, a través de la capa de electrodo posterior, se comparte. Esto es porque la conexión 28 se conecta al electrodo posterior de B1 y al electrodo delantero de B2 (por medio de la conexión en serie integrada 23) y al electrodo posterior de C2 y al electrodo delantero de C1 (por medio de la conexión en serie integrada separada 19). Así, conexiones eléctricas entre las partes de hoja primera y segunda pueden compartirse y preferiblemente establecerse por medio de la capa de electrodo posterior, aprovechando de ese modo la menor resistividad de la capa de electrodo posterior comparada con la de la capa de electrodo delantero.

En funcionamiento, el módulo de las figuras 3a y b funciona de la siguiente manera. Una carga eléctrica 18 se conecta a las barras colectoras 16 y 17 a fin de permitir que fluya una corriente. En condiciones de funcionamiento por las que cada una de las células solares C1, C2, C3 se expone suficientemente a luz entrante, generan la corriente que se dirige de derecha a izquierda, desde la barra colectora 17 a la barra colectora 16, y nuevamente a la barra colectora 17 a través de la carga eléctrica. Cuando, por ejemplo, se ensombrece la célula solar C1, el diodo que forma la célula solar C1 está en dirección de bloqueo respecto a la dirección de la fotocorriente desde las otras células dentro de la primera cadena. La corriente generada por las células solares restantes será así conducida predominantemente a través de un canal sumamente conductivo en el electrodo posterior (formado en este caso por el electrodo posterior de la célula solar C2) a través del diodo de baipás B1. La corriente no necesita pasar a través del electrodo delantero de la célula solar C1 para llegar a su diodo de baipás.

De manera semejante, se ve que ambos del electrodo delantero y el electrodo posterior de partes distantes de la célula solar C2 respecto al diodo de baipás B2, o las de la célula solar C3 respecto al diodo de baipás B3, se conectan al respectivo diodo de baipás por medio de la capa de electrodo posterior. La corriente recogida de ambos del electrodo posterior y el delantero de las células solares en condiciones de ensombrecimiento completo o parcial es así conducida a los diodos de baipás en la cadena de diodos de baipás predominantemente por medio de las barras colectoras o los canales de capa de electrodo posterior más conductivos.

Se remarca que el electrodo delantero de la célula solar C3, que es la primera célula solar en la cadena de células solares, se conecta al diodo de baipás B3 por medio de la barra colectora 17 puesto que la barra colectora 17 se conecta eléctricamente a la capa de electrodo posterior. En una realización, la barra colectora 17 se puede conectar directamente al electrodo delantero de la célula solar C3.

Se debe entender que, en lugar de C1, C2 y C3 estar formados de células solares individuales, estos también se pueden formar por subcadenas de células solares que comprenden células solares individuales conectadas en serie. De manera semejante, los diodos de baipás B1, B2, B3 pueden representar, cada uno, una subcadena de diodos de baipás de diodos de baipás conectados en serie. Este también es el caso en relación con las realizaciones mostradas y descritas más adelante.

Haciendo referencia ahora a la figura 4a, un módulo solar, que no es parte de la invención, se muestra de manera similar a en la figura 3a anteriormente. En esta realización, la hoja de diodos rectificadores se divide en primera parte de hoja C y segunda parte de hoja B usando líneas P3, P2 y P1 en 30, 31 y 32 (leyendo desde la primera parte de hoja C a la segunda parte de hoja B).

La primera parte de hoja C comprende células solares C1, C2 y C3, y conexiones eléctricas en serie en 19, 20 y 21, entre las barras colectoras 16 y 17 y las células solares C1, C2, C3.

La segunda parte de hoja B comprende diodos de baipás B1, B2, B3 y conexiones eléctricas separadas en serie en 22, 23 y 24, entre las barras colectoras 16 y 17 y los diodos de baipás B1, B2, B3. Los diodos de baipás se disponen esencialmente igual que en la realización mostrada en la figura 3a.

El electrodo posterior de la célula solar C1 se conecta al electrodo delantero del diodo de baipás B1 por medio de las líneas P3-P2-P1 en 30. De la misma manera, los electrodos posteriores de las células solares C2 y C3 se conectan respectivamente con los electrodos delanteros de los diodos de baipás B2 y B3 en respectivamente 31 y 32.

Haciendo referencia ahora también a la figura 4b, el circuito eléctrico y la función de protección de esta realización se pueden describir de la siguiente manera. El electrodo delantero de la célula solar C2 se conecta al electrodo posterior de la célula solar C3 por medio de P2 en 20. Una segunda línea dispuesta ortogonalmente P2 conecta el electrodo posterior de la célula solar C3 al electrodo delantero del diodo de baipás B3 en 32. Una tercera línea P2, en 24, conecta el electrodo delantero del diodo de baipás B3 con el electrodo posterior del diodo de baipás B2. El electrodo delantero del diodo de baipás B2 se conecta por medio de otra línea P2 con el electrodo posterior de la célula solar C2 en 31.

El resultado es que el diodo de baipás B2 se conecta eléctricamente en una configuración antiparalela con la célula solar C2, por lo que el electrodo delantero de la célula solar C2 se conecta con el electrodo posterior del diodo de baipás B2 por medio de la región adyacente de la capa de electrodo posterior formada por el electrodo posterior de la célula solar C3, y el electrodo posterior de la misma célula solar C2 se conecta al electrodo delantero del mismo diodo

de baipás B2.

El diodo de baipás B1 se conecta eléctricamente en una configuración antiparalela con la célula solar C1 y el diodo de baipás B3 se conecta eléctricamente en una configuración antiparalela con la célula solar C3. En caso de la célula solar C3, la región adyacente relevante en la capa de electrodo posterior a la que se conecta el electrodo delantero de C3, se forma por la barra colectora 17 o una región entre la línea P3 en 21 y la barra colectora 17.

Como se puede ver más fácilmente en la figura 4b, la línea P2 en 30 es opcional ya que el electrodo posterior de la célula solar C1 ya está conectado al electrodo delantero del diodo de baipás B1 por medio de la barra colectora 16 y la línea P2 en 22. Como alternativa, cuando la línea P2 en 30 está en el sitio, la línea P2 en 22 se puede considerar opcional.

Haciendo referencia ahora a la figura 5a, una realización adicional de la invención se muestra de manera similar a la anterior. En esta realización, la primera parte de hoja C que comprende las células solares C1, C2, C3 se divide de la segunda parte de hoja B por una línea P3 que comprende secciones 33, 34. Cada célula solar tiene su propio diodo de baipás, pero en esta realización el diodo de baipás de una célula solar particular está lado con lado con su célula solar vecina de modo que parece desplazada por una anchura de célula.

De nuevo se muestran las conexiones eléctricas en serie en 19, 20 y 21, entre las barras colectoras 16 y 17 y las células solares C1, C2, C3. Sin embargo, se deja algo más de distancia entre la conexión eléctrica en serie como 21 y la barra colectora derecha 17 que antes. Esto permite que haya disponible una región para acomodar el diodo de baipás B3. Los diodos de baipás también se conectan en serie como en las realizaciones primera y segunda, pero hay una distancia de anchura de célula solar entre la barra colectora izquierda 16 y la línea P2 en 22 que conecta el electrodo delantero del diodo de baipás B1 con la barra colectora 16. La célula solar C2 está separada del diodo de baipás B1 en 33 por medio de la línea P3 mencionada. Lo mismo se mantiene para la separación entre C3 y B2.

El circuito equivalente se explica con referencia a ambas figuras 5a y 5b. Como en las realizaciones anteriores, el electrodo delantero de la célula solar C2 se conecta eléctricamente en serie al electrodo posterior de la célula solar C3 por medio de la línea P2 en 20. El electrodo posterior de la célula solar C3 está en contacto eléctrico con el electrodo posterior del diodo de baipás B2 ya que la interrupción eléctrica en 34 está únicamente en el electrodo delantero y no la capa de electrodo posterior. El electrodo delantero del diodo de baipás B2 está en contacto con el electrodo posterior del diodo de baipás B1 por medio de la conexión en serie P2 en 23. El último se conecta directamente con el electrodo posterior de la célula solar C2 en 33 (de la misma manera que B2 se conecta a C3).

El resultado es que el electrodo delantero de la célula solar C2 se conecta al electrodo posterior del diodo de baipás B2 por medio del electrodo posterior de la célula solar C3, que así forma la región adyacente relevante. Y, el electrodo posterior de la célula solar C2 se conecta al electrodo delantero del diodo de baipás B2. Así, el diodo de baipás B2 forma circuito eléctricamente en una configuración antiparalela con la célula solar C2.

De manera semejante, el diodo de baipás B1 forma circuito eléctricamente en una configuración antiparalela con la célula solar C1 y el diodo de baipás B3 forma circuito eléctricamente en una configuración antiparalela con la célula solar C3.

La figura 6 representa una realización adicional de la invención que es muy similar a la realización de la figura 5a como se ha descrito anteriormente.

En lugar de permitir algo más de distancia entre la conexión eléctrica en serie como 21 y la barra colectora derecha 17 que antes, la barra colectora 17 no se extiende a la segunda parte de hoja B que comprende los diodos de baipás.

De ese modo, hay más espacio disponible para el diodo de baipás B3. El electrodo posterior del diodo de baipás B3 se conecta a la barra colectora 17, porque únicamente hay una línea P3 proporcionada entre ellos.

Cabe señalar que en las realizaciones que se representan en las figuras 5 y 6, todas las líneas P1 (en 19, 20, 21) se extienden exclusivamente paralelas a lo largo de una dirección, aquí a lo largo de los lados largos de las células solares C1, C2, C3 y/o paralelas a las barras colectoras 16, 17 y/o transversales a la una o más interrupciones eléctricas que definen la separación entre las partes primera (C) y segunda (B) de hoja de la hoja de diodos rectificadores. Esto puede ser beneficioso durante la producción de los módulos solares, puesto que las líneas transversales P1 perpendiculares a la dirección longitudinal de patrón se pueden evitar en el proceso de establecer las líneas de patrón tales como por ejemplo mediante rayado por láser.

Además, respecto a la realización que se muestra en la figura 3a, la resistencia eléctrica entre las células solares y los diodos de baipás es menor porque las capas de electrodos posteriores de las células solares hacen conexión eléctrica con las capas de electrodos posteriores de los diodos de baipás sobre sustancialmente la anchura disponible completa de las células solares. En la figura 3a, sin embargo, el contacto entre las capas de electrodos posteriores de las células solares y los diodos de baipás se limita a secciones debajo de las líneas P3 en 28 y 29 porque las líneas P1



interrumpen la parte restante de la anchura disponible en las células solares en 25, 26, 27.

Ahora se hace referencia a la figura 7 en donde se ilustra todavía otra realización. Hay dos diferencias notables entre esta realización y las mostradas previamente. En primer lugar, los diodos de baipás puentean cada uno aquí una pluralidad de células solares. En segundo lugar, la segunda parte de hoja B, que comprende los diodos de baipás, tiene una ubicación central por la que una primera parte de hoja C que comprende células solares es vecina a una segunda parte de hoja B en un lado y una tercera parte de hoja C' que comprende más células solares es vecina a la segunda parte de hoja B que comprende los diodos de baipás en otro lado.

La primera parte de hoja C comprende un primer set que forma una primera cadena de células solares C1, C2, C3, C4 y C5 conectadas en serie entre las barras colectoras 16 y 17 sobre líneas P2 en 35, 36, 37, 38 y 39. La primera cadena se divide en tres subcadenas de células solares, una comprende la célula solar C1, una comprende células solares C2 y C3, y una comprende células solares C4 y C5. Paralelo a la primera cadena de células solares, un segundo set que forma una tercera cadena de células solares conectadas en serie C1', C2', C3', C4' y C5' se dispone conectando a las barras colectoras 16 y 17. El segundo set está comprendido en la tercera parte de hoja C'. El segundo set de células solares se conecta en serie entre las barras colectoras 16 y 17 por medio de líneas P2 en 35', 36', 37', 38' y 39'.

Como en, por ejemplo, la realización de la figura 3, la segunda cadena de diodos de baipás B1, B2 y B3 comprendidos en la segunda parte de hoja B, se conecta en serie entre las barras colectoras 16 y 17 por medio de líneas P2 40, 41, y 42, pero antiparalelos a las cadenas de células solares.

La segunda cadena, de diodos de baipás, también comprende tres subcadenas de diodos de baipás conectadas en serie, una comprende el diodo de baipás B1, una comprende el diodo de baipás B2 y una comprende el diodo de baipás B3. Cada una de estas subcadenas de diodos de baipás también podría comprender dos o más diodos de baipás.

También similar a la realización de la figura 3, la célula solar C1 se separa del diodo de baipás B1 por medio de líneas P1 y P3 en la capa de electrodo delantero y la capa de electrodo posterior en 43.

De manera semejante, C1' está separada de B1 en 43', C3 respectivamente C3' están separadas de B2 en 44 respectivamente 44', y C5 respectivamente C5' están separadas de B3 en 45 respectivamente 45'.

Similar a la realización de la figura 5, C2 está separada de B1 en 46 por medio de una línea P3. De manera semejante, C2' está separada de B1 en 46'. De manera semejante, C4 respectivamente C4' están separadas de B2 en 47 respectivamente 47'.

A fin de describir el circuito eléctrico de la figura 7b, conjuntamente con la estructura de la figura 7a, ahora se consideran las células solares C2 y C3. Como se ha dicho antes, estas células solares se conectan en serie en 36, por lo que el electrodo posterior de la célula C3 forma la región adyacente a la que se conecta el electrodo delantero de C2. El electrodo posterior de C3 está eléctricamente aislado de cualquier conexión directa con el diodo de baipás B1. El electrodo delantero de C3 está en contacto con el electrodo posterior de B2 por medio de P2 en 37 y el electrodo posterior de C4 porque la capa de electrodo posterior se extiende debajo de la línea P3 en 47. El electrodo delantero de B2 está en contacto con el electrodo posterior de C2 por medio de P2 en 41 y el electrodo posterior de B1, porque la capa de electrodo posterior se extiende debajo de la línea P3 en 46.

De manera análoga la subcadena de células solares que comprende células solares conectadas en serie C2' y C3' se conectan en una configuración antiparalela a la subcadena de diodos de baipás que comprende el diodo de baipás B2.

Resumiendo el resultado: el electrodo posterior de la célula solar C2 se conecta eléctricamente al electrodo delantero del diodo de baipás B2 (por medio de 46 y 41), y el electrodo delantero de la célula C2 hace contacto eléctrico con el electrodo posterior del diodo de baipás B2 por medio del contacto posterior de C2 que así forma la región adyacente.

Esto da como resultado la subcadena de diodos de baipás que comprende que el diodo de baipás B2 esté antiparalelo a la subcadena de células solares que comprende C2-C3 y la subcadena de células solares que comprende C2'-C3'. B2 por lo tanto protege dos subcadenas de células solares que comprenden dos células solares conectadas en serie. Esto se puede extender por supuesto a subcadenas de células solares que comprenden tres o más células conectadas en serie protegidas por un diodo de baipás o una subcadena de diodos de baipás.

Un ejemplo de un módulo en donde todas las células solares proporcionadas en serie entre las barras colectoras están protegidas por un diodo de baipás conectados antiparalelos se proporciona en la figura 8.

En la realización de la figura 8, que no es parte de la invención, la hoja de diodos rectificadores se divide en partes de hoja primera y segunda C y B por medio de interrupciones eléctricas en forma de líneas P1 y P3. La primera parte de hoja C comprende una primera cadena de tres células solares C1, C2, C3 y conexiones eléctricas en serie 19, 20, 21, y la segunda parte de hoja B comprende segunda cadena formada de un único diodo de baipás B1 en lugar de diodos de

baipás conectados en serie.

El electrodo delantero de la célula solar C3 generadora de corriente eléctrica de más aguas arriba se conecta al electrodo posterior del diodo de baipás B1 por medio de la conexión eléctrica en serie 21 y la región adyacente asociada con la barra colectora 17. El electrodo posterior de la célula solar C1 generadora de corriente eléctrica de más aguas abajo se conecta al electrodo delantero del diodo de baipás B1 por medio de la barra colectora 16 y la conexión eléctrica en serie en 22.

El diodo de baipás B1 en la realización de la figura 8, puede impedir polarización inversa demasiado alta de las células solares al conducir la corriente generada por otros módulos solares que se conectan en serie con el módulo solar de la figura 8, si uno sufriera ensombrecimiento.

Un diodo de baipás en circuito antiparalelo con una cadena de células solares completa conectada en serie entre las barras colectoras puede combinarse con diodos de baipás en circuito antiparalelo con varias células solares dentro de la cadena.

En las realizaciones mostradas y descritas anteriormente, se establece una conexión eléctrica entre un electrodo delantero y una barra colectora por medio de una conexión en serie integrada P1-P2-P3 desde la capa de electrodo delantero a la barra colectora por medio de la capa de electrodo posterior. También es posible conectar la barra colectora directamente a la capa de electrodo delantero. Un ejemplo ilustrativo se muestra en la figura 9 y forma un análogo cercano de la realización de la figura 8, pero el principio general se puede aplicar a todas las realizaciones.

Describiendo el módulo solar de la figura 9a más en detalle, que no es parte de la invención, empezando desde la barra colectora 16 en la izquierda en la primera parte de hoja C, y leyendo a la derecha, se encuentra: barra colectora 16, una línea P3; célula solar C1, la barra colectora 16 conectada al electrodo posterior de la célula solar C1 debajo de la línea P3, una conexión eléctrica en serie formada por la secuencia P1-P2-P3 en 19; célula solar C2; una conexión eléctrica en serie formada por la secuencia P1-P2-P3 en 20; y célula solar C3 justo como por ejemplo el módulo solar que se muestra en la figura 3a. Sin embargo, leyendo aún más desde la célula solar C3, se encuentra una línea P1 en 23 seguida por la barra colectora 17. Por tanto, la conexión en serie P1-P2-P3 de la figura 3a está sustituida por una línea P1.

Una sustitución similar está presente donde la barra colectora izquierda 16 se conecta al diodo de baipás B1. Empezando desde la barra colectora 16 en la izquierda en la segunda parte de hoja B, y leyendo a la derecha, se encuentra: barra colectora 16, una línea P1 en 25; diodo de baipás B1; línea P3 24; y finalmente barra colectora 17. Por supuesto, puede haber presente una cadena de diodos de baipás conectados en serie en lugar de solo un diodo de baipás B1.

La línea P1 en 23 evita que el electrodo posterior de C3 se corte contra el electrodo posterior de B1. La línea P3 en 24 evita el corto de la barra colectora 17 al electrodo delantero del diodo de baipás B1.

La correspondiente red de diodos, como se muestra en la figura 9b, es equivalente eléctricamente a la mostrada en la figura 8b. La única diferencia está estructuralmente en 23 y 24 donde hay presentes conexiones directas entre la barra colectora 17 y respectivamente el cátodo de la célula solar C3 y el ánodo del diodo de baipás B1, y en 25 donde hay presentes conexiones directas entre la barra colectora 16 y el cátodo del diodo de baipás B1 en 25 y el ánodo de la célula solar C3, respectivamente.

La figura 10 (partes a a d) muestra vistas superiores esquemáticas de diversos arreglos generales de módulo solar. Cada uno muestra barras colectoras izquierda y derecha 16 y 17.

En la figura 10a, la hoja de diodos rectificadores se divide en primera parte de hoja C que comprende un primer set de células solares C1 a Cn por lo que n representa el número de células solares en el set, segunda parte de hoja B que comprende un set con al menos un diodo de baipás conectado a las barras colectoras 16, 17 antiparalelo con respecto a las células solares C1 a Cn, y tercera parte de hoja C' que comprende un segundo set de células solares C1', C2' etc. a Cn' conectado a las barras colectoras 16, 17 paralelo al primer set de células solares C1 a Cn. La figura 10a se puede configurar como se muestra en la figura 7.

En módulos solares comerciales de área grande, n puede ser típicamente 10 o más alto, tal como por ejemplo 24.

Por supuesto, el arreglo de la figura 10a puede ser repetido en un único módulo tal como se ejemplifica en la figura 10b. Aquí el diodo(s) de baipás en la segunda parte de hoja B protege(n) células solares comprendidas en partes de hoja primera y tercera C y C', mientras que el diodo(s) en una cuarta parte de hoja D protege(n) células solares comprendidas en partes de hoja quinta y sexta E y E'.

En otra realización, como se muestra en la figura 10c, un primer set de diodo(s) de baipás de la segunda parte de hoja B puede proteger células solares de la primera parte de hoja C, dispuesta en un lado de la segunda parte de hoja B.

Estos se pueden interrelacionar tal como se ejemplifica en la figura 3, 4, 5, 6 o 8. Opcionalmente, se puede proporcionar una tercera parte de hoja D que comprende un segundo set de diodo(s) de baipás 59 para proteger células solares comprendidas en una cuarta parte de hoja E del módulo. Como se muestra en la figura 10d, el segundo set de diodo(s) de baipás, comprendido en la tercera parte de hoja D, se dispone en el canto del módulo respecto al segundo set de células solares comprendido en la cuarta parte de hoja E que protege.

En las realizaciones mostradas en la figura 10, la primera parte de hoja, que comprende las células solares, cubre un área superficial más grande sobre el sustrato común que la segunda parte de hoja, que comprende los diodos de baipás. La zona más grande del área activa de película delgada tiene patrón de células solares. Únicamente una fracción relativamente pequeña del área activa tiene patrón en polaridad inversa para formar un set o una distribución de diodos de baipás integrados conectados en serie. Así se sacrifica una fracción relativamente pequeña del área superficial disponible para diodos de baipás en lugar de ser usada para generación de electricidad. Dependiendo de la corriente máxima hacia delante que se va a pasar a través de los diodos de baipás, el área agregada de los diodos de baipás puede consumir entre el 0,1 y el 10 % del área total de circuito.

Como el área agregada de los diodos de baipás es pequeña comparada con la de las células solares, los diodos de baipás no necesitan estar protegidos de la luz incidente. Sin embargo, para limitar la pérdida de eficiencia del módulo, sería mejor proteger los diodos de baipás de la luz reduciendo de ese modo o eliminando la fotocorriente inversa durante funcionamiento normal del módulo solar. Por ejemplo, se puede aplicar localmente una cubierta opaca sobre cualquier parte de hoja que comprende diodo(s) de baipás. Este tipo de cubierta opaca se puede colocar directamente encima del electrodo delantero de los diodos de baipás o puede ser parte de una de capas adicionales usadas para encapsular el módulo solar, por ejemplo formado de una película de polímero y/o una cubierta de vidrio. La cubierta opaca puede ser una eléctricamente conductiva, por ejemplo una metálica, a fin de aumentar la conductividad eléctrica de los electrodos delanteros si están en contacto directo con los electrodos delanteros.

Se entenderá que se pueden aplicar diversas modificaciones en el arreglo de módulo sin salir de la invención reivindicada.

A continuación se describirá un método para fabricar un módulo solar, de nuevo descrito desde el punto de vista de diseño de tecnología de sustrato para ilustrar los principios básicos pero sin pretender limitarse a diseño de tecnología de sustrato. Primero se proporciona un sustrato. Este puede ser un sustrato traslúcido, particularmente un sustrato transparente, tal como uno hecho de vidrio o plástico, o uno opaco tal como uno metálico. Sin embargo, a fin de poder producir una interrupción eléctrica en la capa de electrodo posterior y para definir regiones separadas en la misma, se puede tener que proporcionar una capa aislante entre el sustrato y la capa de electrodo posterior cuando el sustrato es uno eléctricamente conductivo.

Entonces sobre el sustrato se forma una capa de electrodo posterior con una o más interrupciones eléctricas en la misma. En caso de un módulo solar que se va a basar en un material de calcopirita, una capa de molibdeno típicamente sería suficiente. La capa se puede formar usando uno o más de diversos métodos disponibles de deposición, incluida evaporación, deposición por pulverización catódica, o deposición química o física de vapor.

Las interrupciones eléctricas se pueden formar durante la deposición de la capa de electrodo posterior, o después de la deposición. Cuando es después, por ejemplo se puede rayar un surco en la capa, o se puede escribir una sección de material de alta resistividad en la capa de electrodo posterior. Un surco se puede formar, por ejemplo por grabado químico, evaporación local, rayado mecánico, o rayado por láser. Cuando durante la aplicación de la capa de electrodo posterior, se puede enmascarar un área por ejemplo en lugares donde se desea formar una interrupción eléctrica, para evitar localmente la aplicación de la capa de electrodo posterior.

A continuación, se puede formar una capa absorbidora, con una o más interrupciones eléctricas en forma de orificios que se extienden a través de la capa absorbidora en ubicaciones predeterminadas respecto a la una o más interrupciones eléctricas formadas en la capa de electrodo posterior. De ese modo se expone localmente la capa de electrodo posterior. Hay muchos tipos posibles de capa absorbidora, y para el experto en la técnica en la bibliografía estándar estará disponible cómo formar la capa absorbidora de opción.

Como con la capa de electrodo posterior, las interrupciones eléctricas en la capa absorbidora se pueden formar después de la aplicación de la capa o durante.

A continuación, sobre la capa absorbidora se forma una capa de electrodo delantero, con una o más interrupciones eléctricas en ubicaciones predeterminadas respecto a la una o más interrupciones eléctricas formadas en la capa de electrodo posterior. Como con la capa de electrodo posterior, las interrupciones eléctricas en la capa absorbidora se pueden formar después de la aplicación de la capa o durante.

Entre la capa de electrodo posterior y la capa de electrodo delantero se pueden crear conexiones eléctricas integradas en serie, por ejemplo permitiendo que el material de la capa de electrodo delantero rellene los orificios proporcionados en la capa absorbidora que se expone a la capa de contacto posterior.

El orden de formación de la capa de electrodo delantero y la capa de electrodo posterior puede ser invertido, de manera que la capa de electrodo delantero se forma primero y la capa de electrodo posterior se forma después de haber formado la capa absorbidora. En ese caso, los orificios en la capa absorbidora exponen la capa de electrodo delantero y las conexiones eléctricas integradas en serie se pueden crear al permitir que el material de la capa de electrodo posterior rellene los orificios proporcionados en la capa absorbidora.

En cualquier caso, donde la capa absorbidora comprende una capa absorbidora de calcopirita, se puede seleccionar ZnO como capa de electrodo delantero. Opcionalmente se puede aplicar una capa adicional de un material II-VI antes de formar la capa de contacto delantera, tal como CdS.

Opcionalmente, se puede proporcionar una o más capas de encapsulación, tal como capas de encapsulación de polímero y placas de cubierta formadas de por ejemplo vidrio o plástico, para mejorar la durabilidad ambiental y/o mecánica.

Será evidente que, independientemente de las barras colectoras y las conexiones eléctricas de las cadenas de células solares y los diodos de baipás a las barras colectoras, los módulos solares divulgados y descritos anteriormente en esta memoria tienen otros rasgos ventajosos que se pueden reivindicar independientemente o en combinación.

La invención proporciona un módulo solar para conectar a una carga eléctrica, el módulo solar comprende un sustrato común que soporta una hoja de diodos rectificadores, la hoja de diodos rectificadores comprende al menos una capa de electrodo posterior, una capa de electrodo delantero, y una capa absorbidora ubicada entre la capa de electrodo posterior y la capa de electrodo delantero, por lo que la capa de electrodo posterior tiene una conductividad eléctrica mayor que la capa de electrodo delantero, en donde la hoja de diodos rectificadores se divide en partes de hoja primera y segunda, dicha primera parte de hoja comprende al menos una célula solar que tiene electrodos delantero y posterior formados en las capas de electrodo delantero y posterior, y una conexión en serie eléctrica integrada entre el electrodo delantero de la célula solar y una región adyacente, definida en la capa de electrodo posterior, que está eléctricamente separada del electrodo posterior de la célula solar, y por lo que la segunda parte de hoja comprende al menos un diodo de baipás que tiene electrodos delantero y posterior formados en las capas de electrodo delantero y posterior, el diodo de baipás forma circuito en una configuración antiparalela con la al menos una célula solar, por lo que el electrodo posterior de la célula solar se conecta eléctricamente al electrodo delantero del diodo de baipás y el electrodo delantero de la célula solar hace contacto eléctrico con el electrodo posterior del diodo de baipás por medio de al menos la región adyacente de la capa de electrodo posterior, y por lo que el módulo solar es conectable a la carga eléctrica por medio de al menos el electrodo posterior de la célula solar y al menos la región adyacente de la capa de electrodo posterior.

Puesto que el electrodo delantero de la célula solar hace contacto eléctrico con el electrodo posterior del diodo de baipás por medio de al menos la región adyacente definida en la capa de electrodo posterior, la conexión eléctrica al diodo de baipás no requiere, o requiere en menor medida, conducción a través de la capa de electrodo delantero. La conexión de la célula solar con el diodo de baipás puede así beneficiarse de la mayor conductividad eléctrica de la capa de electrodo posterior comparada con la de la capa de electrodo delantero.

Esto puede provocar menos recalentamiento de la célula solar y/o limitar más eficazmente la tensión máxima de polarización inversa a la que se puede exponer una célula solar, cuando durante la generación de corriente eléctrica el diodo de baipás necesita estar conduciendo algo de la corriente debido al ensombrecimiento del módulo o partes del mismo.

Generalmente, la hoja de diodos rectificadores puede ser dividida en partes de hoja primera y segunda por medio de una o más interrupciones eléctricas formadas en una o más de la capa de electrodo delantero, la capa de electrodo posterior y la capa absorbidora. Más específicamente, en realizaciones preferidas la hoja de diodos rectificadores puede ser dividida en dichas partes de hoja primera y segunda por medio de una interrupción eléctrica en al menos la capa de electrodo delantero.

Según la invención, partes de la capa de electrodo posterior entre las partes de hoja primera y segunda son continuas sin interrupción. No hay interrupción en la capa de electrodo posterior entre las partes de hoja primera y segunda. Con esto se logra que la una o más células solares definidas en la primera parte de hoja se puedan conectar al uno o más diodos de baipás definidos en la segunda parte de hoja con la menor resistencia eléctrica debido a que la capa de electrodo posterior completa está disponible para establecer contacto eléctrico entre las dos partes de hoja.

La región adyacente definida en la capa de electrodo posterior puede formar parte de la barra colectoras, o la región adyacente puede formar parte de la capa de electrodo posterior de una célula solar vecina.

En relación con la primera parte de hoja que comprende células solares primera y segunda, el electrodo posterior de la segunda célula solar comprende la región adyacente a la que se conecta el primer electrodo delantero de la célula solar por medio de la conexión en serie eléctrica integrada. Dicha conexión en serie integrada puede formar una primera conexión integrada en serie, y dicha región adyacente puede formar una primera región adyacente. La primera parte de

hoja en dichas realizaciones puede comprender además una segunda conexión en serie eléctrica integrada entre el segundo electrodo delantero de la célula solar y una segunda región adyacente definida en la capa de electrodo posterior que está separada eléctricamente del segundo electrodo posterior de la célula solar. Esta segunda región adyacente puede formar parte de una barra colectora o de una tercera célula solar.

De manera similar se pueden añadir más células solares. Según la invención, al menos parte del diodo de baipás se encuentra lado con lado con respecto a la región adyacente de la capa de electrodo posterior. En el contexto de la presente memoria descriptiva, lado con lado significa que al menos una parte de un lado de la región adyacente se orienta a al menos una parte de un lado del diodo de baipás. Preferiblemente, al menos el 10 %, más preferiblemente al menos el 50 %, de una longitud lateral de la región adyacente o el diodo de baipás está lado con lado con respectivamente el diodo de baipás y la región adyacente.

Puesto que la zona que está lado con lado puede estar disponible para conectar eléctricamente los diodos de baipás con las células solares, la resistencia eléctrica entre la región adyacente y el electrodo posterior del diodo de baipás puede ser más pequeña si una fracción grande de las longitudes laterales se disponen lado con lado.

Esto se ilustra en la figura 3a donde, p. ej., la parte de diodo de baipás B1 en 28 se encuentra lado con lado contra la célula solar C2. En las figuras 5a y 6 el diodo de baipás B1 entero se encuentra lado con lado con la célula solar C2, y el diodo de baipás B3 se encuentra lado con lado con la barra colectora 17 o el área adyacente a la barra colectora 17 en la figura 7, aproximadamente la mitad del, p. ej., diodo de baipás B2 se encuentra lado con lado con las células solares C4 y C4'.

Cuando se dispone lado con lado, la región adyacente de la capa de electrodo posterior y la capa de electrodo posterior del diodo de baipás se forman ventajosamente en la capa de electrodo posterior al mantener una sección sin patrón en la capa de electrodo posterior en donde la capa de electrodo posterior no tiene patrón o no está interrumpida. En tal sección, la capa de electrodo posterior continúa ininterrumpida desde la primera parte de hoja a la segunda parte de hoja.

Así, la región adyacente de la capa de electrodo posterior continúa adecuadamente debajo de la interrupción eléctrica (p. ej. una línea P3) en la capa de electrodo delantero que divide las partes de hoja primera y segunda en la capa de electrodo posterior del diodo de baipás.

En el caso de que la región adyacente de la capa de electrodo posterior forme parte de la capa de electrodo posterior de una célula solar vecina, la región adyacente de la capa de electrodo posterior se forma preferiblemente por la capa de electrodo posterior completa de la célula solar vecina.

La al menos una célula solar puede cubrir un área en el sustrato común, dicha área tiene forma alargada que tiene un lado largo y un lado corto que es más corto que el lado largo, por lo que la conexión eléctrica en serie se ubica a lo largo del lado largo. Con esto, la región adyacente de la capa de electrodo posterior puede estar comprendida convenientemente en la primera parte de hoja y ubicarse adyacente al lado largo. La segunda parte de hoja se puede ubicar adecuadamente adyacente al lado corto.

Si la región adyacente de la capa de electrodo posterior es una capa de electrodo posterior de una célula solar vecina que tiene también forma alargada, la mayor parte del lado corto de la célula solar vecina puede estar lado con lado con el diodo de baipás, de modo que el electrodo posterior de la célula solar vecina se puede conectar al electrodo posterior del diodo de baipás sobre la mayor parte del lado corto.

Preferiblemente, sustancialmente el lado corto entero está lado con lado respecto al diodo de baipás, tal como se muestra en, p. ej., las figuras 5a y 6, donde el electrodo posterior de, p. ej., la célula solar C2 se conecta con el electrodo posterior del diodo de baipás B1 a lo largo de sustancialmente el lado corto entero de la célula solar C2 bajo la línea 33. De manera semejante, en la figura 7a el electrodo posterior de, p. ej., la célula solar C2 se conecta con el electrodo posterior del diodo de baipás B1 bajo la línea 46. Esto minimiza la resistencia eléctrica entre el electrodo posterior de las células solares y los diodos de baipás.

Por supuesto, en cualquiera de estas realizaciones, la capa de electrodo delantero de la segunda parte de hoja puede ser al menos parcialmente cubierta con una capa de protección de un material opaco, como se ha descrito anteriormente, por lo que el material opaco puede tener opcionalmente una conductividad mayor que la capa de electrodo delantero.

Si bien las realizaciones ilustrativas se han descrito anteriormente en esta memoria con particularidad, se entenderá que otras diversas modificaciones serán fácilmente evidentes para el experto en la técnica y podrán ser realizadas por este.

Por ejemplo, realizaciones de la invención también cubren otras posibles variaciones de diseño que incluyen otras ubicaciones en el módulo solar de las partes de hoja que comprende el diodo(s) de baipás, set que comprende un

número más pequeño o más grande de células solares y diodos de baipás, así como una pluralidad de células solares puenteadas por un único diodo de baipás en disposición antiparalela.

Por ejemplo, las líneas P2 o P3 pueden ser recubiertas opcionalmente con un material aislante para evitar un corto. Esto puede ser particularmente importante en las líneas P3 que separan los electrodos delanteros de las células solares y diodos de baipás de las barras colectoras 16 o 17.

La invención también es aplicable a células en tándem en donde dos o más hojas rectificadoras se apilan una encima de otra.

Los términos "electrodo delantero" y "capa de electrodo delantero" pretenden referirse a electrodo y capa de electrodo en el lado de recepción de luz de la célula solar.

El término sustrato pretende ser interpretado para incluir también un "superestrato" y las reivindicaciones pretenden incluir la llamada tecnología de superestrato en donde la capa de electrodo delantero, que se indica antes define el lado de recepción de luz del módulo solar, está más cerca del sustrato que la capa de electrodo posterior de modo que el sustrato se ubica en el lado de recepción de luz del módulo solar.

El término capa absorbidora como se emplea en esta memoria se emplea como cualquier tipo de capa semiconductor que puede absorber luz y de ese modo crear parejas electrón-orificio.

La presente invención es aplicable a todas células solares de película delgada que comprenden una estructura de diodos de película delgada, incluidas las basadas en la siguiente lista no exhaustiva de película delgada basada en silicio, compuestos de calcopirita, compuestos y análogos II-VI, compuestos y análogos III-V, materiales orgánicos, y células solares sensibilizadas con tinte.

El término silicio se emplea en esta memoria como término de género que cubre al menos las siguientes especies: silicio amorfo, silicio microcristalino, silicio policristalino. Puede haber presentes otros elementos, tales como germanio e hidrógeno, o por ejemplo, elementos dopantes y elementos de traza.

El término compuesto calcopirita en esta memoria se emplea como término de género que cubre materiales formados de un semiconductor del grupo I-III-VI<sub>2</sub> o un semiconductor del grupo II-IV-V<sub>2</sub>, que incluye un semiconductor de tipo-p del tipo de diseleniuro de cobre indio ("CIS"). Casos especiales a veces también se denotan como CIGS o CIGSS. Cubre al menos las siguientes especies: CuInSe<sub>2</sub>; CuIn<sub>x</sub>Ga<sub>(1-x)</sub>Se<sub>2</sub>; CuIn<sub>x</sub>Ga<sub>(1-x)</sub>Se<sub>y</sub>S<sub>(2-y)</sub>; CuIn<sub>x</sub>Ga<sub>z</sub>Al<sub>(1-x-z)</sub>Se<sub>y</sub>S<sub>(2-y)</sub>, y combinaciones de los mismos; en donde  $0 \leq x \leq 1$ ;  $0 \leq x+z \leq 1$ ; y  $0 \leq y \leq 2$ . El compuesto de calcopirita puede comprender además una concentración baja, traza, o una concentración de dopaje de uno o más elementos o compuestos adicionales, en particular alcalinos tales como sodio, potasio, rubidio, cesio, y/o francio, o compuestos alcali. La concentración de tales constituyentes adicionales es típicamente el 5 % en peso o menos, preferiblemente el 3 % en peso o menos.

El término compuestos II-VI se emplea en esta memoria como término de género que cubre compuestos en donde hay presente cualquier número de elementos del grupo II del sistema periódico y cualquier número de elementos del grupo VI del sistema periódico. Ejemplos son ZnSe, ZnS, ZnS<sub>x</sub>Se<sub>1-x</sub>, ZnS<sub>x</sub>(OH)<sub>1-x</sub>, CdS, CdSe, CdTe. En tales compuestos puede haber presentes otros elementos, tales como por ejemplo elementos dopantes y elementos de traza.

El término compuestos III-V se emplea en esta memoria como término de género que cubre compuestos en donde hay presente cualquier número de elementos del grupo III del sistema periódico y cualquier número de elementos del grupo V del sistema periódico. Ejemplos son GaAs, Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As, In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As, GaP, In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P, In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>z</sub>P<sub>1-z</sub> (en donde  $0 < z < 1$ ). Puede haber presentes otros elementos, tales como por ejemplo elementos dopantes y elementos de traza. El término capa absorbidora pretende cubrir multicapas, y otras capas adicionales se pueden ubicar entre la capa de electrodo posterior y la capa de electrodo delantero además de la capa absorbidora. Como ejemplo, en caso de una capa absorbidora de calcopirita, pueda haber presente una capa de un compuesto II-VI tal como por ejemplo CdS.

El electrodo delantero se hace adecuadamente de un material transparente conductivo. Óxidos transparentes conductivos han demostrado ser de idoneidad particular en diversos tipos de células solares. Entre óxidos conductivos transparentes comunes están el óxido de cinc (ZnO), óxido de indio-estaño (ITO).

El electrodo posterior se hace adecuadamente de un metal sumamente conductivo. De importancia específica se consideran cobre, aluminio, molibdeno, tungsteno y plata.

**REIVINDICACIONES**

1. Un módulo solar que comprende barras colectoras primera y segunda y un sustrato común que soporta una hoja de diodos rectificadores, la hoja de diodos rectificadores comprende al menos una capa de electrodo posterior, una capa de electrodo delantero, y una capa absorbedora ubicada entre la capa de electrodo posterior y la capa de electrodo delantero, en donde la hoja de diodos rectificadores se divide en partes de hoja primera y segunda, dicha primera parte de hoja una primera cadena de una o más células solares conectadas en serie que tienen cada una electrodos delantero y posterior formados en las capas de electrodo delantero y posterior, dicha primera cadena se conecta en serie a las barras colectoras primera y segunda, y dicha segunda parte de hoja comprende una segunda cadena de uno o más diodos de baipás conectados en serie que tienen cada uno electrodos delantero y posterior formados en las capas de electrodo delantero y posterior, dicha segunda cadena se conecta en una configuración antiparalela con la primera cadena por medio de las barras colectoras primera y segunda, en donde la capa de electrodo posterior tiene una conductividad eléctrica mayor que la capa de electrodo delantero, y en donde la primera cadena comprende una primera subcadena de células solares y una segunda subcadena de células solares, y la segunda cadena comprende una primera subcadena de diodos de baipás y una segunda subcadena de diodos de baipás, en donde la primera subcadena de células solares comprende una o más células solares, y la segunda subcadena de células solares comprende una o más células solares, por lo que las subcadenas primera y segunda de células solares se conectan en serie, y en donde la primera subcadena de diodos de baipás comprende uno o más diodos de baipás y la segunda subcadena de diodos de baipás comprende uno o más diodos de baipás, por lo que las subcadenas de primeros diodos de baipás y segundos diodos de baipás se conectan directamente en serie, en donde las subcadenas primera y segunda de células solares y la subcadenas primera y segunda de diodos de baipás se conectan cada una en serie con una conexión en serie eléctrica integrada, por lo que además de la primera cadena y segunda cadena se conectan en configuración antiparalela por medio de las barras colectoras primera y segunda, la primera subcadena de células solares se conecta en configuración antiparalela con la primera subcadena de diodos de baipás y la segunda subcadena de células solares se conecta en configuración antiparalela con la segunda subcadena de diodos de baipás, y en donde el electrodo delantero de la célula solar en la primera subcadena de células solares se conecta en serie al electrodo posterior de la célula solar en la segunda subcadena de células solares también se conecta al electrodo posterior del diodo de baipás en la primera subcadena de diodos de baipás que se conecta en serie con el electrodo delantero del diodo de baipás en la segunda subcadena de diodos de baipás, en donde la capa de electrodo posterior se extiende desde el electrodo posterior de la célula solar en la segunda subcadena de células solares al electrodo posterior del diodo de baipás en la primera subcadena de diodos de baipás, y en donde al menos una parte del diodo de baipás en la primera subcadena de diodos de baipás se orienta a al menos una parte de la célula solar en la segunda subcadena de células solares [página 34, último párrafo, a página 35, primer párrafo, de la publicación WO, la figura 3A].
2. El módulo solar de la reivindicación 1, en donde las barras colectoras primera y segunda tienen, cada una, una conductividad eléctrica mayor que la capa de electrodo delantero.
3. El módulo solar de la reivindicación 1 o 2, que se conecta a una carga eléctrica por medio de las barras colectoras primera y segunda para permitir a la primera cadena generar una corriente eléctrica.
4. El módulo solar de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la hoja de diodos rectificadores se divide en dichas partes de hoja primera y segunda por medio de una o más interrupciones eléctricas formadas en una o más de la capa de electrodo delantero, la capa de electrodo posterior y la capa absorbedora.
5. El módulo solar de la reivindicación 1, en donde la conexión en serie eléctrica integrada comprende una interrupción eléctrica formada en la capa de electrodo delantero, una interrupción eléctrica formada en la capa de electrodo posterior, y una abertura proporcionada en la capa absorbedora, por lo que un material conductivo está en contacto con la capa de electrodo delantero y la capa de electrodo posterior que pasa a través de la abertura proporcionado en la capa absorbedora.
6. El módulo solar de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera parte de hoja cubre un área superficial más grande en el sustrato común que la segunda parte de hoja.
7. El módulo solar de una de las reivindicaciones anteriores, en donde la segunda parte de hoja se cubre al menos parcialmente con una capa de protección de un material opaco.
8. El módulo solar de la reivindicación 7, en donde el material opaco tiene una conductividad mayor que la capa de electrodo delantero.
9. El módulo solar de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la hoja de diodos rectificadores comprenden una estructura de diodos de película delgada.

Fig.1a.

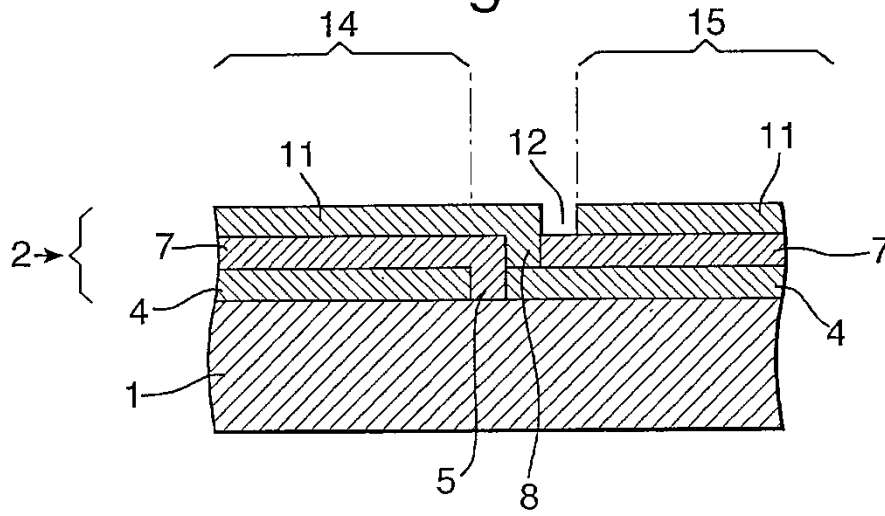


Fig.1b.

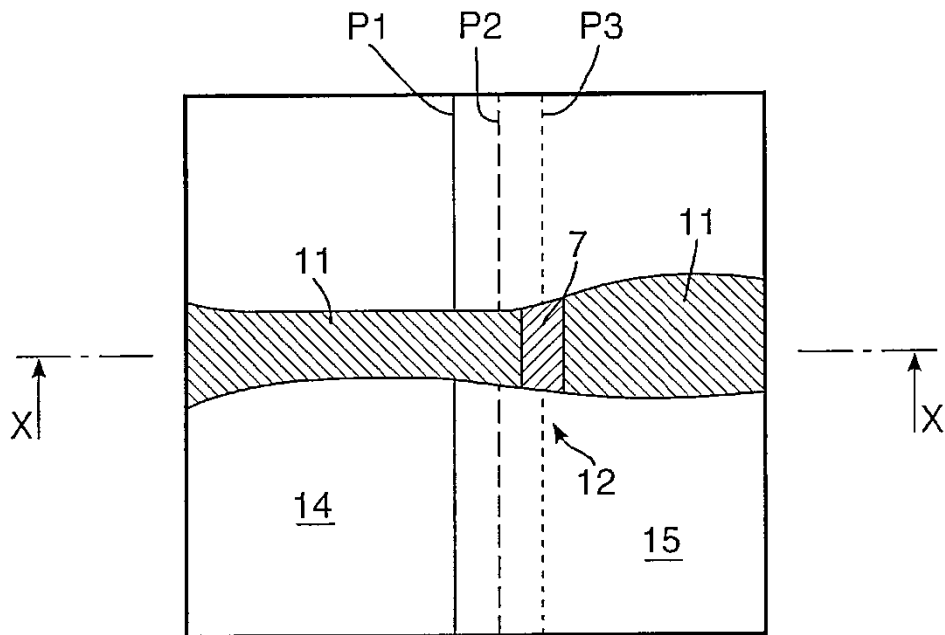


Fig.1c.

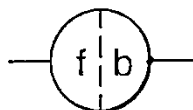


Fig.1d.

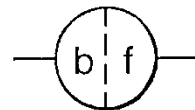




Fig.2a.

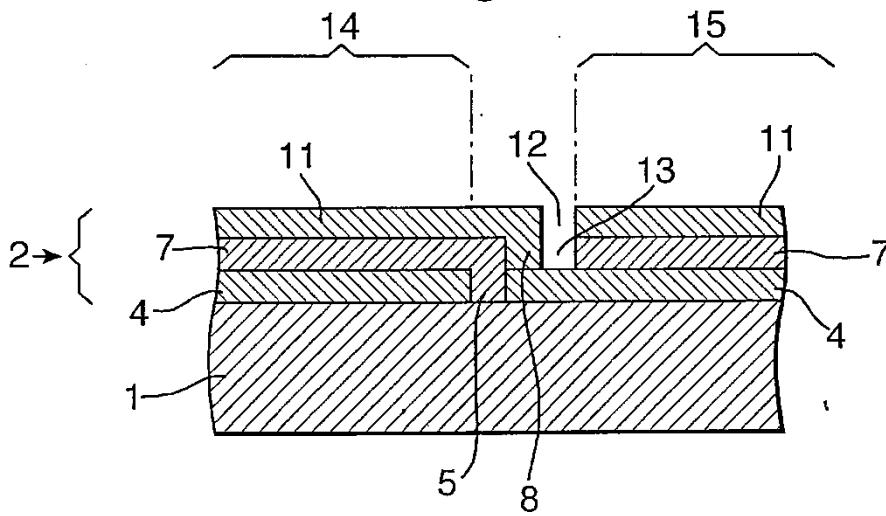


Fig.2b.

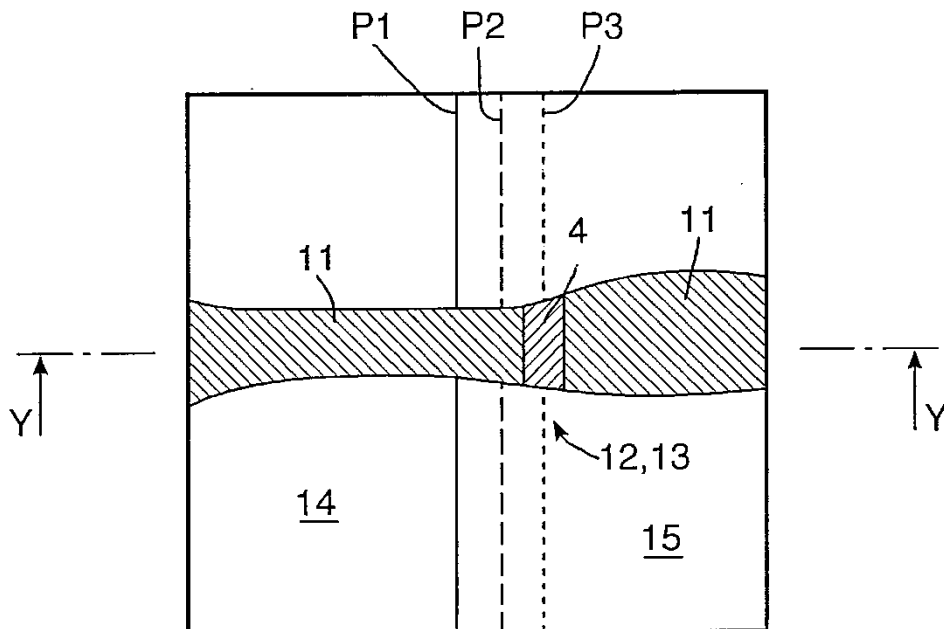


Fig.3a.

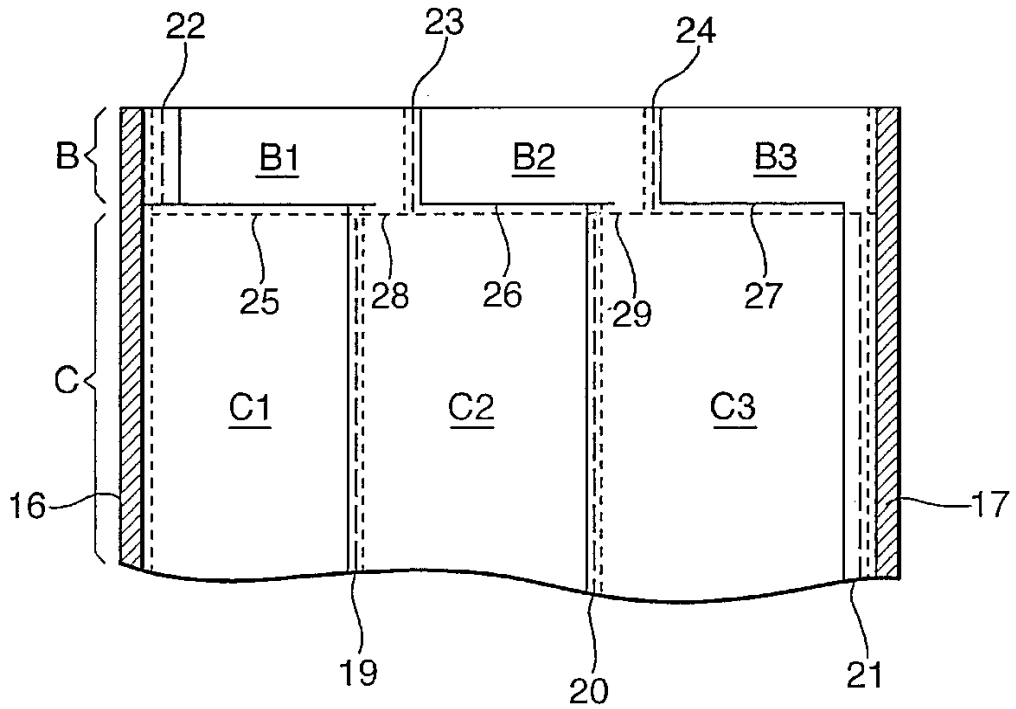


Fig.3b.

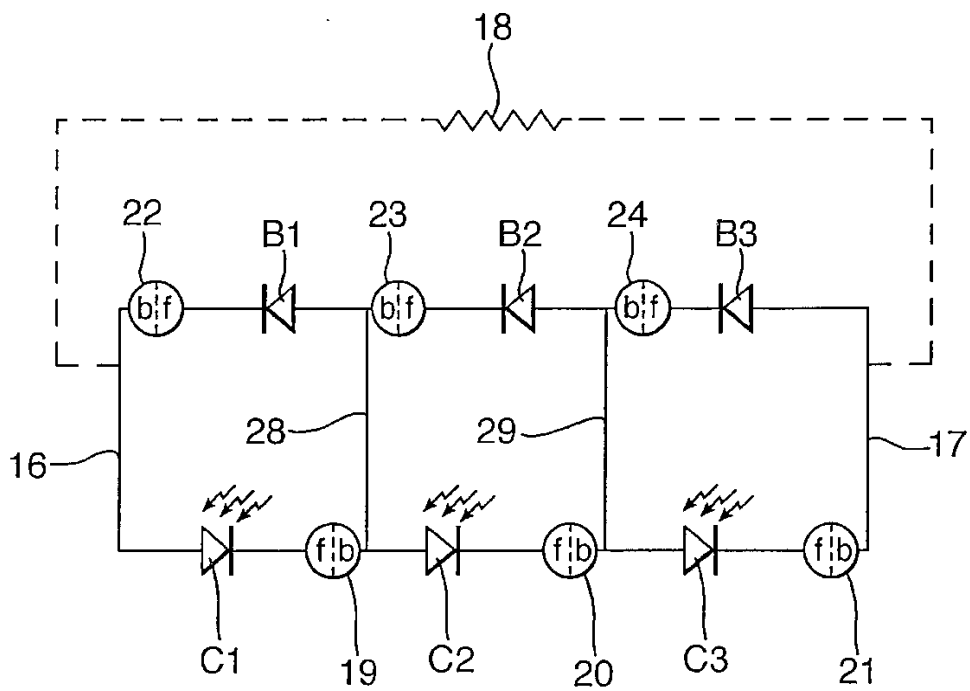


Fig.4a.

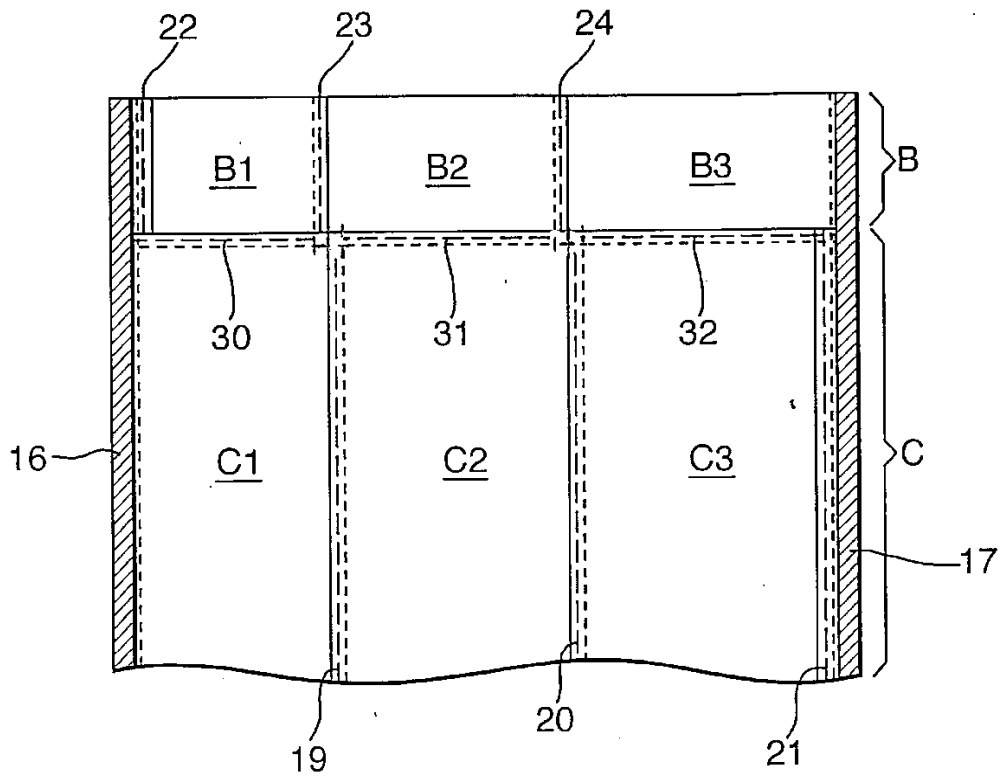


Fig.4b.

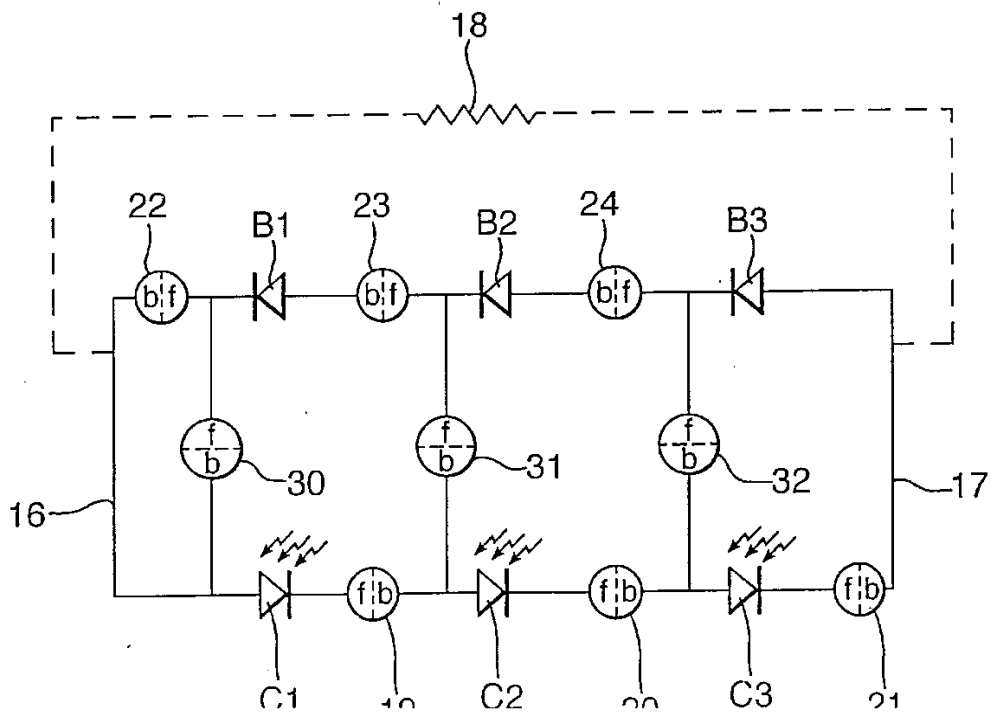


Fig.5a.

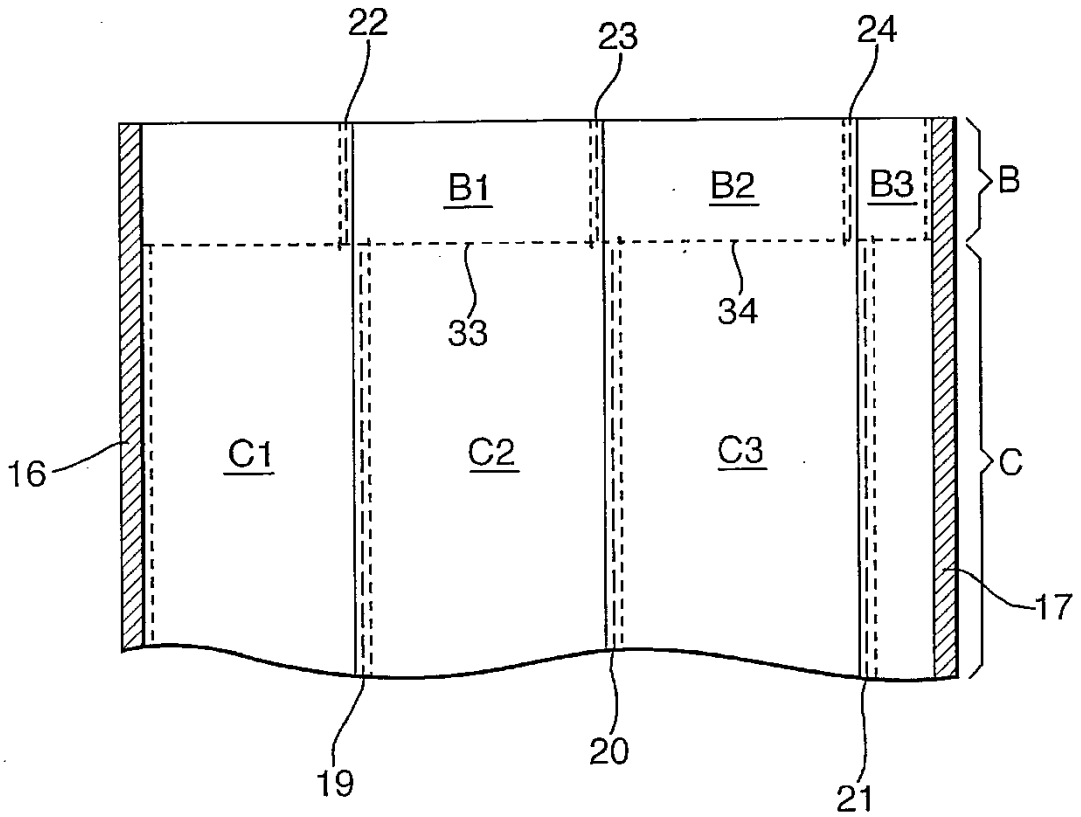


Fig.5b.

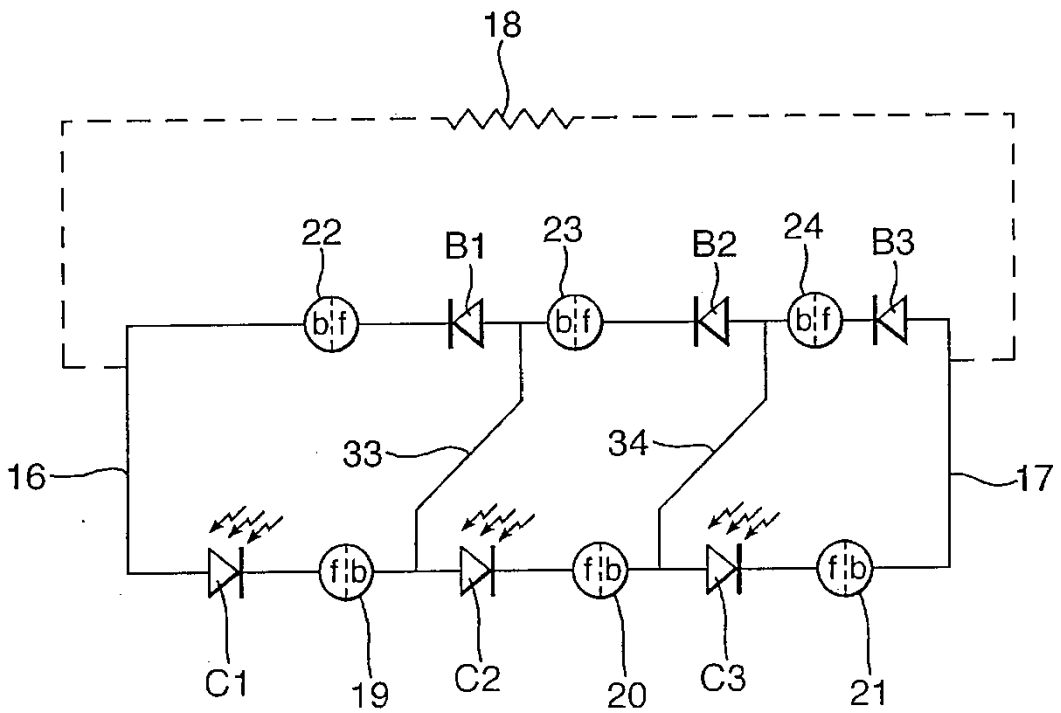


Fig.6.

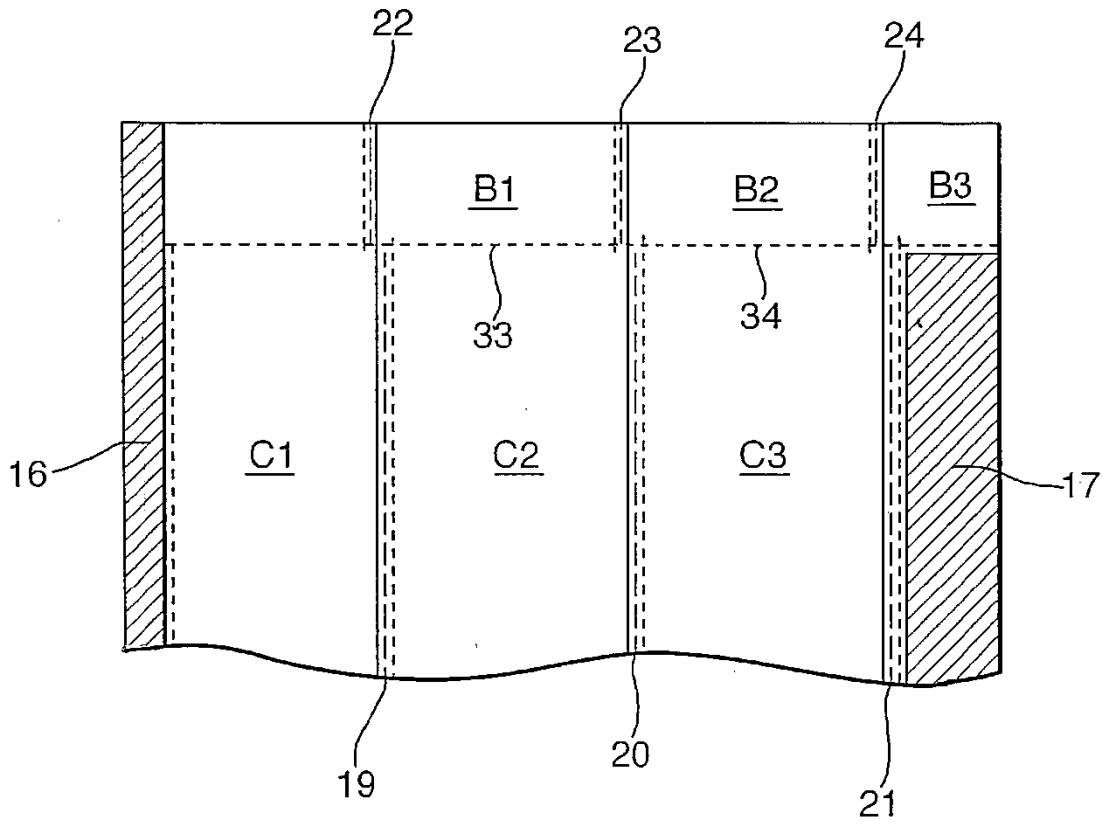


Fig.7a.

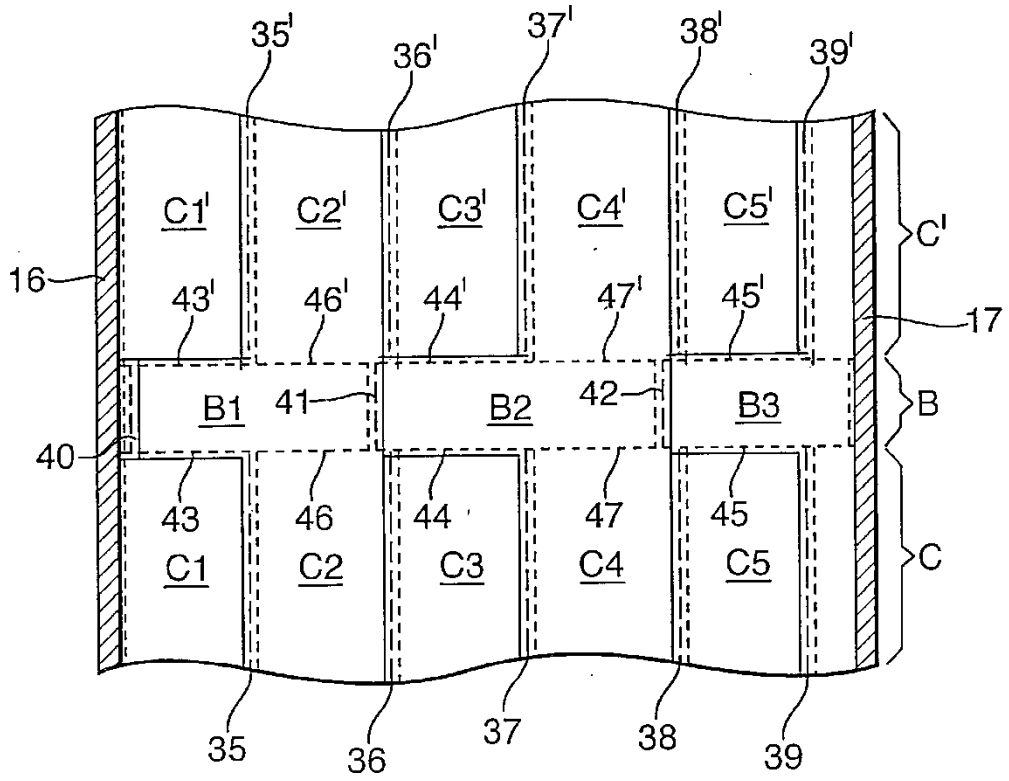


Fig.7b.

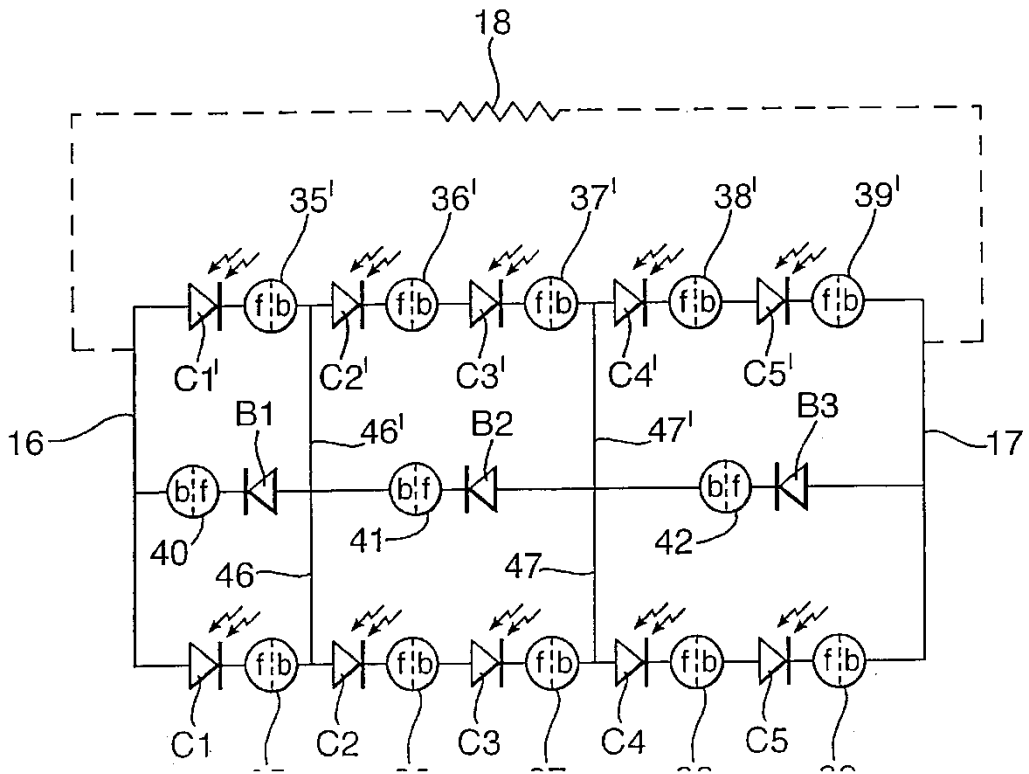


Fig.8a.

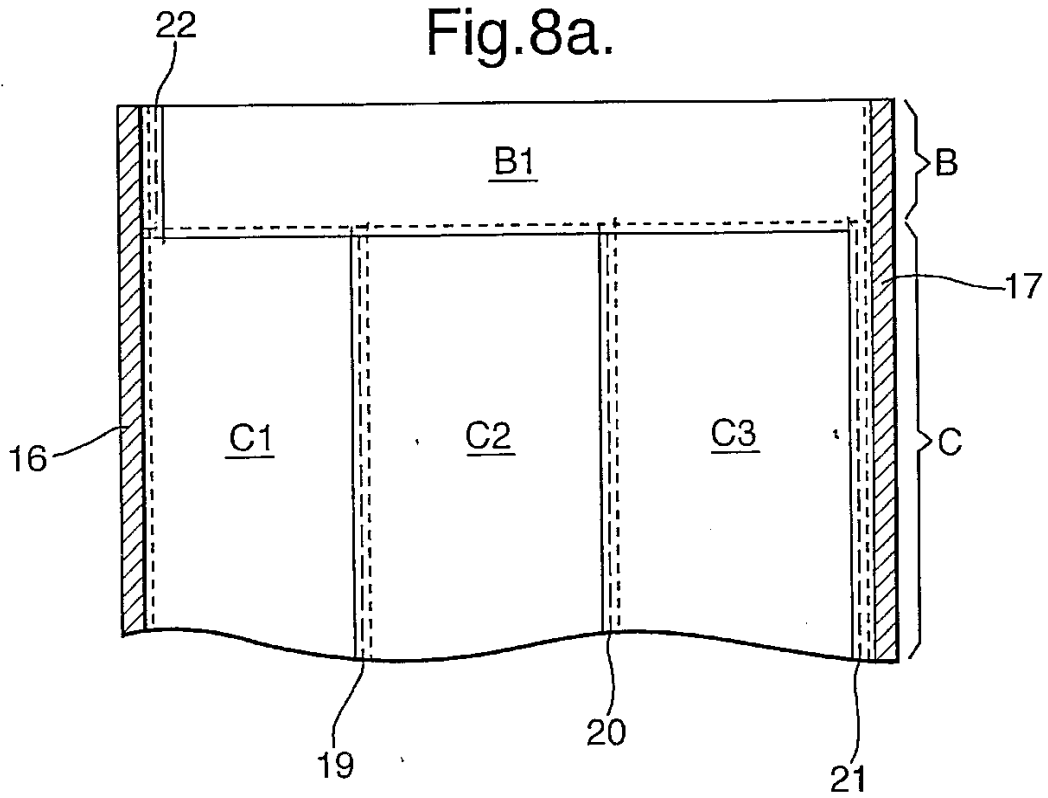


Fig.8b.

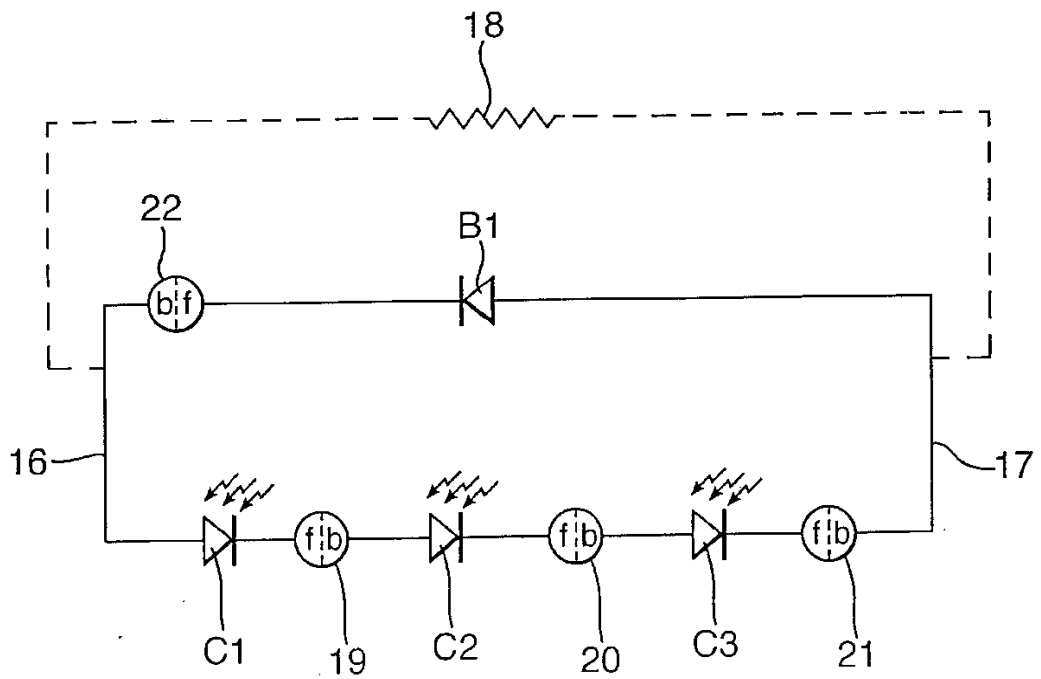


Fig.9a.

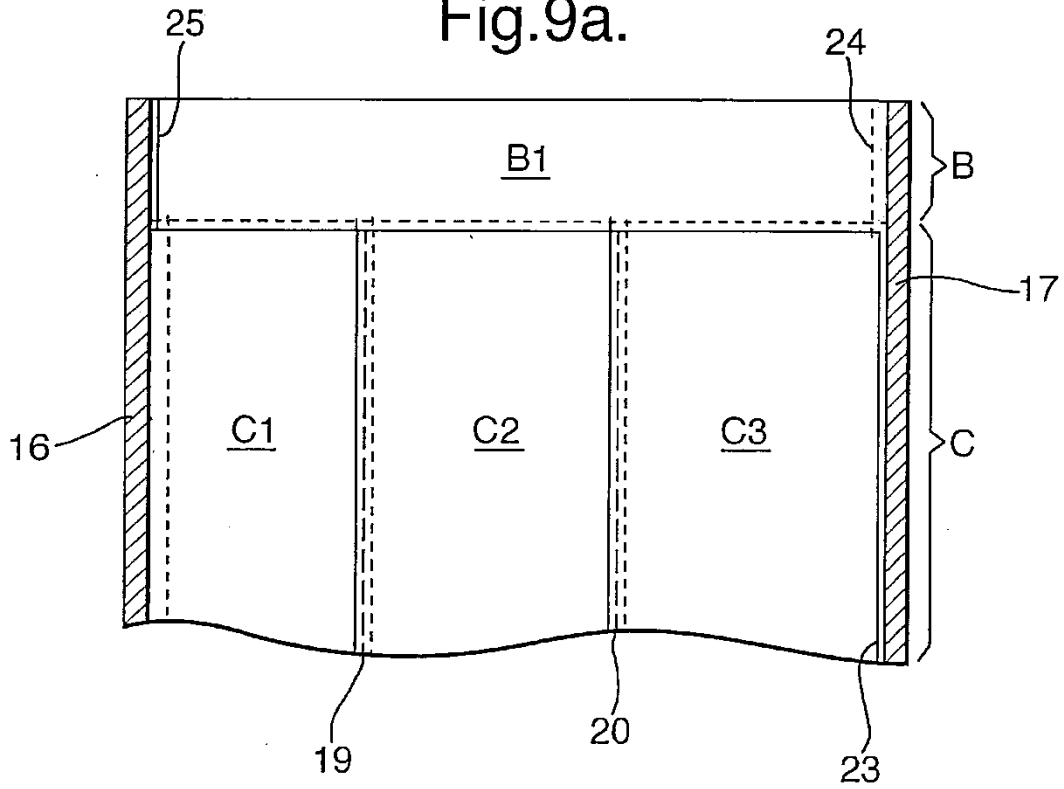


Fig.9b.

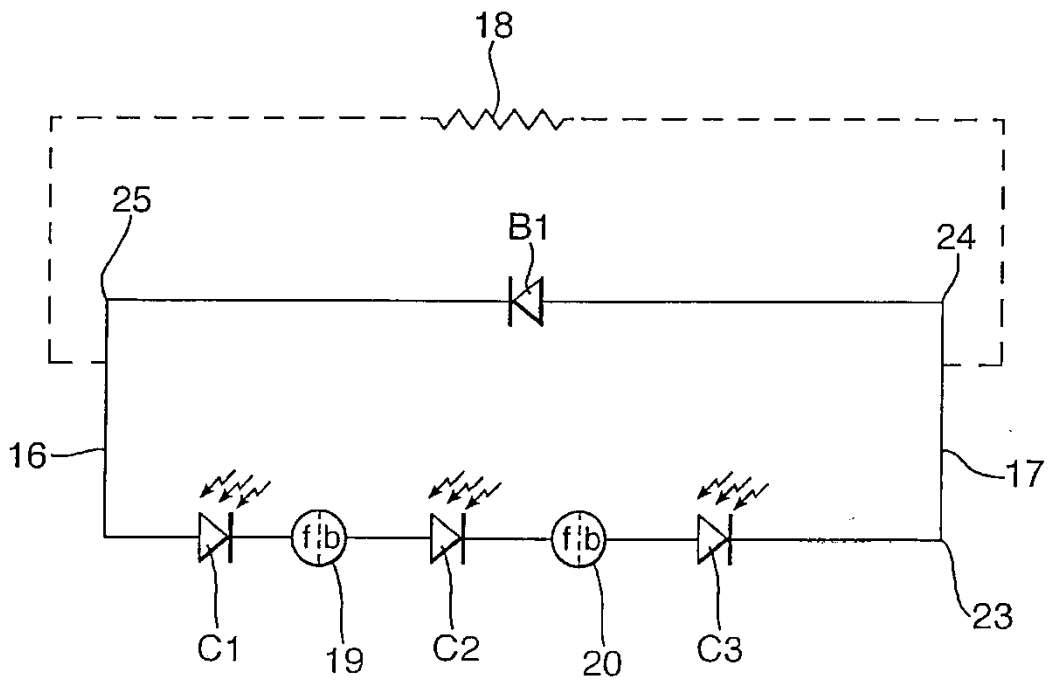




Fig.10a.

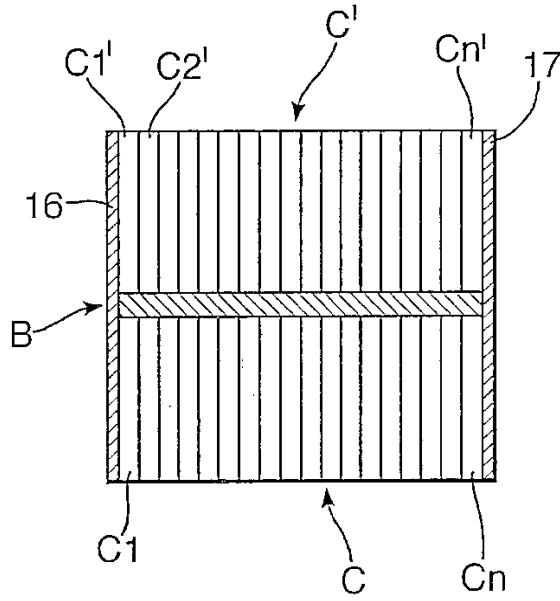


Fig.10b.

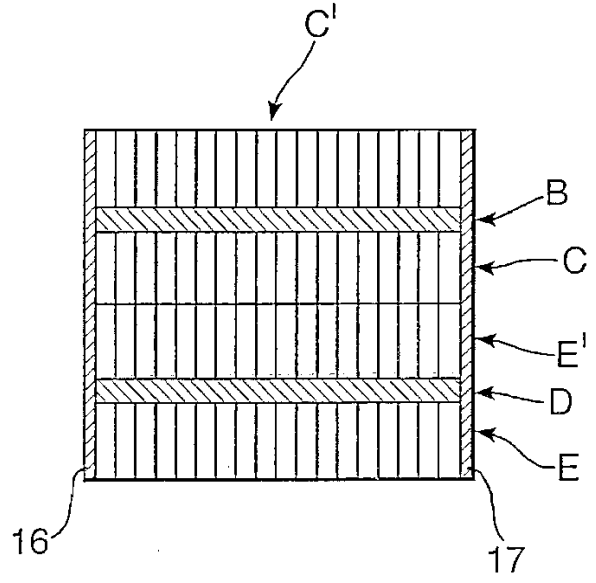


Fig.10c.

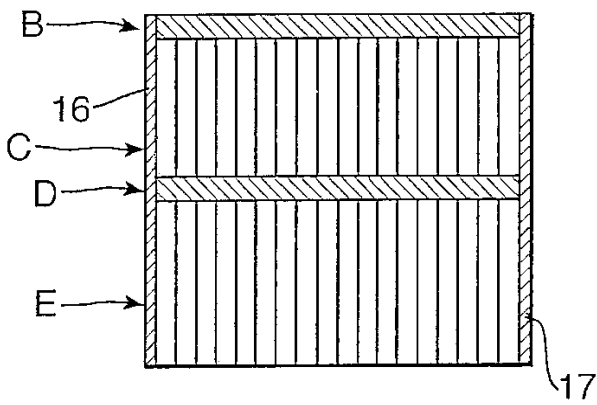


Fig.10d.

